

THE NEW IPA

A
**SCIENTIFIC
GUIDE**
TO
**HOP
AROMA
AND
FLAVOR**

BY SCOTT JANISH
FOREWORD BY STAN HIERONYMUS



Scott Janish
Prólogo de Stan Hieronymus

Texto e imágenes © 2019 Scott Janish, excepto donde se indique lo contrario.

Todos los derechos reservados. No se puede reproducir ninguna parte de este libro de ninguna forma sin el permiso por escrito del editor. Ni los autores, el editor ni el editor asumen ninguna responsabilidad por el uso o mal uso de la información contenida en este libro.

ISBN: 978-0-578-50735-4

Editorial: ScottJanish.com

Editor: Bryan Roth

Portada: Keith Hartwig

THE NEW IPA:

GUÍA CIENTÍFICA DE LÚPULO, AROMA Y SABOR

Expresiones de gratitud

Prefacio

Introducción

Acerca del libro

Capítulo 1: Introducción a los compuestos de lúpulo

Historia de la investigación del aceite de lúpulo

Ácidos amargos de lúpulo

Compuestos de aroma de lúpulo

Variedad de lúpulo

Aceite total (ml / 100 g)

Mezclas de pellets de lúpulo y pruebas de aceite

Conos de lúpulo entero

Prueba de aceite de lúpulo

Extractos de lúpulo

Resultados clave

Capítulo 2: Beneficios y desventajas de Hot-Side-Hopping

Kettle Aroma

Hop Timing y Kettle Aroma

Lupulado tardío

Fracción de oxígeno del lúpulo

Eficiencia de extracción

Volatilización de compuestos del lúpulo

Hop Timing

Temperatura en whirlpool

Duraciones en whirlpool

DMS, lúpulo y duraciones en whirlpool

La oxidación del whirlpool

y el tiol de cebolla verde

Resultados clave

Capítulo 3: Almacenamiento de lúpulo

- ¿Qué le sucede a los lúpulos a medida que envejecen?
- Lúpulo envejecido y sabor a queso
- ¿Cuánto tiempo envejecer el lúpulo?
- Calidad de amargura
- Calidad de la resina con lúpulos envejecidos
- Polifenoles del lupulo
- y el envejecimiento
- Incorporación de lúpulos envejecidos en las IPA'S
- Resultados clave

Capítulo 4: Sensación en boca

- Relación de sulfato-cloruro
- Sensación en boca
- Suavidad
- Impacto de la malta en los minerales
- Dextrinas
- Cerveza experimental
- 50% Carapils
- Dextrinasa límite
- Polifenoles en el lupulado tardío
- y sensación boca
- Resultados clave

Capítulo 5: Percepciones del sabor

- Papel del Grist en el Sabor
- Rol de la malta base
- Tasa de inoculación de levadura
- Resultados clave

Capítulo 6: Ésteres y Alcoholes de Fusel

- Temperatura de fermentación
- Trub
- Nutrientes de levadura
- Oxígeno
- PH de la cerveza

Resultados clave

Capítulo 7: Dry hopping

Introducción de oxígeno
Tiempo de contacto de dry hop
Dry hopping y polifenoles
Desintegración y sedimentación de pellets
Cantidades de dry hop
Aceite total
Efecto de filtrar
en compuestos de lúpulo
Dry hopping y retención de espuma
Variedad de lúpulo y retención de espuma
Malta y retención de cabeza
Resultados clave

Capítulo 8: Dry hopping y amargura

¿Qué son las humulínonas?
Concentración de humulinona en el lúpulo
Importancia de las pruebas de HPLC
para la amargura
Determinación del contenido
de humulinona en el lúpulo
Dry hopping y pH
Aroma de lúpulo y amargura percibida
Experimento de amargor de dry hop
Resultados clave

Capítulo 9: Hop Creep

Diacetil y Dry Hopping
Resultados clave

Capítulo 10: Biotransformación

Glucósidos
Formas de lograr la actividad B-glucosidasa
Condiciones que favorecen
la actividad de la β -glucosidasa
Actividad de exo- β -glucanasa y β -glucosidasa
Biotransformación de alcoholes terpenoides
Resultados clave

Capítulo 11: Tioles

¿Qué son los tioles?

4MMP en lúpulo

Indicador de potencia de tiol

Tioles, envejecimiento de la cerveza y acondicionamiento de botellas

Lecciones de enólogos

Mis experimentos con levadura de vino en cerveza lupulada

Cobre y Tioles

Tioles derivados de malta

Sinergia de tiol y ésteres derivados del lúpulo

Resultados clave

Capítulo 12: Lupulina concentrada

Experiencias cerveceras con Cryo

Elaboración de la cerveza con lúpulo Cryo

Dry hop:

Polifenoles y Lúpulo Cryo

Resultados clave

Capítulo 13: ¿Qué está causando la turbidez?

Fermentación Dry hopping

Turbidez y pH

Nivel ABV y turbidez

Granos malteados vs granos no malteados

Experimento en turbidez y granos malteados

Resultados

Variedad de lúpulo y contenido de polifenoles

Agentes de malta

Resultados clave

Capítulo 14: Estabilidad en Hazy IPAs

Oxidación de cerveza

Tioles derivados de proteínas

Condiciones de maceración y tioles libres

Maltas de cristal y estabilidad

Manganoso y Estabilidad
Tiempo de lúpulo en caliente
Experimento de cobre y alfa-ácidos
Empaquetado y almacenamiento de cerveza lupulada
Resultados clave

Capítulo 15: Consejos de cervecerías comerciales

Other Half Brewing
Prison City and Brewering
Reuben's Brews
Cepaskside
Bissell Brothers
Great Notion
Sapwood Cellars

Referencias

Expresiones de gratitud

Siempre escuché que la comunidad cervecería era amigable, abierta y servicial, pero hasta que comencé a escribir este libro, no aprecié completamente

la verdad. Los cerveceros caseros se pusieron en contacto conmigo por Internet para ofrecerme consejos, apoyo y aliento. Los cerveceros profesionales, a quienes nunca he conocido, pasaron horas conmigo respondiendo todas las preguntas que les hacía. Los químicos de Hop me guiarían a través de sus experimentos, responderían innumerables correos electrónicos y corregirían mis intentos de explicar su excelente trabajo.

Quiero agradecer a todos los cerveceros caseros que han leído e interactuado con mis escritos a lo largo de los años. La confianza para comenzar incluso este proyecto comenzó con el éxito de un blog que comencé sin tener idea de adónde me llevaría. Estoy sorprendido de la disposición de los cerveceros caseros para ayudar con este proyecto, especialmente en áreas donde tienen experiencia, ¡y yo no! En particular, quiero agradecer a Keith Hartwig por diseñar una portada de libro tan genial y a Jesse Ewing por sus consejos sobre autoedición.

Estoy increíblemente agradecido con todos los cerveceros que se sentaron conmigo y me guiaron a través de su brumoso proceso de elaboración de cerveza. La transparencia en esta profesión nos ayuda a todos a ser mejores cerveceros, y espero pagar ese favor en el futuro. Sin ningún orden en particular, quiero agradecer a Noah Bissel, Brandon Tarr, James Dugan, Andy Miller, Ben Edmunds, Adam Robbins, Sam Richardson y Ben Maeso.

Fue el libro de Stan Hieronymus, *For the Love of Hops: The Practical Guide to Aroma, Bitterness, and the Culture of Hops*, que cambió mi visión del lúpulo de un ingrediente en la cerveza a algo que investigaría y escribiría durante dos años. No puedo agradecer lo suficiente a Stan por escribir el prólogo de este libro y ser una gran inspiración para mí como investigador y escritor de todo lo relacionado con el lúpulo.

Este libro no sería posible si no fuera por todo el increíble trabajo realizado (y se está haciendo) en el área de la ciencia de la adición de lupulos. Quiero agradecer a todos los que dedican su carrera a ayudarnos a comprender el fascinante mundo del lúpulo y la cerveza. ¡Quiero agradecer especialmente al Dr. John Paul Maye por centrar su investigación en Hazy IPAs, leer secciones de este libro e incluso pasar algunas de mis cervezas por su laboratorio!

Cuando me di cuenta de que estaría autopublicando, inmediatamente supe a quién quería como editor. Bryan Roth ha sido durante mucho tiempo uno de mis escritores de cerveza favoritos; su seriedad y profesionalismo en la impresión solo se compara con su tontería en Twitter (@BryanDRoth). Agradezco la disposición de Bryan para leer mis primeros capítulos preliminares y de alguna manera, todavía está dispuesto a sentarse y tomar una cerveza conmigo hoy.

Algunos de mis mejores amigos de hoy son los que he conocido a través de la elaboración casera, y algunos de ellos han sido una gran parte de este libro. Quiero agradecer a Sean Gugger por viajar por el país (y el mundo) conmigo en varias aventuras cerveceras y por escuchar siempre mientras dejo salir con entusiasmo la investigación del nuevo lúpulo que me muero por compartir con cualquiera que escuche. También quiero agradecer a Trevor Fisher por no solo corregir el libro (alguien tuvo que decirme que tenía dos capítulos del capítulo 10) sino también por prestar su paladar a mis experimentos, escucharme seguir y seguir sobre tioles, e incluso elaborar un experimento por el libro.

También quiero agradecer a mi buen amigo y ahora socio comercial Michael Tonsmeire por leer el libro con una mirada escéptica. Michael ha sido una gran inspiración para mí como uno de los primeros cerveceros, blogueros y ahora autor. En parte, fueron las primeras conversaciones sobre este mismo libro las que nos unieron y provocaron las primeras conversaciones de Sapwood Cellars. El conocimiento y la creatividad cerveceras de Michael me sorprenden todos los días, pero también lo hace su dedicación al oficio y su voluntad de ser una fuente de información tanto para cerveceros caseros como para cerveceros profesionales.

Por último, quiero agradecer a mis padres, que me han visto saltar al 100% a nuevos pasatiempos e intereses toda mi vida, siempre alentándome y nunca divirtiéndome. Verlos seguir sus pasiones y tomar riesgos ha sido una gran inspiración para mí cuando salí de la comodidad de un trabajo de escritorio, PTO y seguro de salud para comenzar una cervecería y escribir un libro.

Prefacio

En 2010, los científicos que trabajan para la cervecería japonesa Sapporo informaron sobre su investigación sobre cómo el metabolismo del geraniol podría agregar al sabor cítrico de la cerveza. Elaboraron dos cervezas, usando lúpulo Citra en una y semillas de cilantro en la otra porque ambas son ricas en los compuestos geraniol y linalool. La cerveza Citra terminada contenía no solo linalol y geraniol sino también citronelol, que se había convertido de geraniol durante la fermentación.

La misma transformación de geraniol a citronelol ocurrió durante la fermentación de la cerveza hecha con cilantro. Los paneles de sabor percibieron las cervezas como relativamente similares. La concentración de geraniol y citronelol en ambos aumentó dependiendo de la concentración inicial de geraniol. Los resultados sugirieron la importancia del citronelol y un exceso de linalol en el sabor cítrico derivado del lúpulo de la cerveza, pero debido a que había poco citronelol en el lúpulo crudo, la generación de citronelol dependía del metabolismo del geraniol por levadura.

En 2012, estos investigadores, cuyo trabajo encontrará documentado en este libro, siguieron ese estudio comparando la composición de los alcoholes monoterpenos en varios lúpulos. Examinaron el comportamiento del geraniol y el citronelol en diferentes condiciones de lúpulo, así como las condiciones de mezcla de lúpulo que influyen en el sabor cítrico de la cerveza con lúpulo. En el proceso, encontraron que muchas variedades estadounidenses contenían cantidades relativamente altas de geraniol, pero que las variedades europeas de lúpulo no llegaron a la conclusión de que una

mezcla de lúpulo rico en geraniol podría enriquecer los niveles de geraniol y citronelol en la cerveza terminada. También sugirieron que el carácter cítrico en la cerveza podría mejorarse mediante la mezcla de lúpulos ricos en geraniol; y la composición de los alcoholes monoterpenos y el carácter de sabor en la cerveza podrían controlarse mezclando dos lúpulos que tienen diferentes características de sabor. También proporcionaron una tabla que mostraba los niveles de varios compuestos en varias variedades de lúpulo.

Los cerveceros aventureros que elaboraban cervezas hop-forward utilizaron variedades enumeradas en ese cuadro o información de otras fuentes para encontrar lúpulos ricos y geraniol y linalool que podrían ser sustituidos por variedades difíciles de obtener. Informaron de la elaboración de cervezas que tenían más aromas y sabores cítricos, a veces "tropicales" si no tan "jugosos" como las cervezas hechas con lúpulos más caros del Nuevo Mundo.

Esos cerveceros encontraron un método que funcionó, pero resulta que el linalol y el geraniol no fueron totalmente responsables de los resultados.

El equipo de Sapporo, encabezado por Kiyoshi Takoi, continuó haciendo un seguimiento, informando en 2016 sobre sus descubrimientos en un documento titulado apropiadamente, "Control de la impresión de aroma de lúpulo de la cerveza con mezcla de lúpulo usando lúpulo rico en geraniol y nueva hipótesis de sinergia entre los compuestos de sabor derivados del lúpulo". La nueva hipótesis agregó tioles —compuestos de azufre que, como el linalool y el geraniol, pueden estar contenidos en el aceite esencial del lúpulo— a la ecuación.

Examinaron el impacto de un tiol volátil, en este caso uno conocido como 4MSP o 4MMP, en una solución

modelo con una mezcla de linalol, geraniol y citronelol. La solución con 4MSP se percibió moderadamente tropical, mientras que la mezcla LGC no era tropical, sino más cítrica y más frutal. Una solución que contenía tanto la mezcla LGC como 4MSP tenía un carácter claramente tropical.

Los cerveceros que buscaron lúpulo con altos niveles de geraniol y también recolectaron, como Chinook, que contiene 4SMP son los que informaron más aroma y sabor tropical. Aquellos que eligieron el lúpulo con altos niveles de geraniol pero un nivel más bajo de 4MSP, como Bravo, no lo hicieron.

¿Es esta la pieza final el rompecabezas? Probablemente no. Continúa la búsqueda continua de empacar aromas y sabores más intensos y únicos en la cerveza. Los cerveceros siguen experimentando, descubriendo nuevos métodos para producir sabores más audaces. Los científicos siguen buscando respuestas para explicar por qué, y en el proceso iluminan nuevos caminos hacia la innovación. Se basarán en la investigación documentada aquí.

He leído cientos de artículos como los que Scott Janish se ha apoyado para escribir este libro. Lo que a menudo les falta es la perspectiva que solo un cervecerero puede proporcionar. Además de buscar en miles de páginas para recopilar la información que contiene, Janish mira lo que ha encontrado a través de los ojos de un cervecerero, y brinda a otros cerveceros la oportunidad de hacer lo mismo.

Ha bajado por la madriguera del conejo, y ha invitado a los lectores a seguirlo.

Introducción

A fines de enero de 2016, una tormenta de nieve cerró al Gobierno Federal y me encontré atrapado en casa fascinado con un estudio que encontré sobre la extracción de lúpulo durante el dry hopping. Anteriormente, había pasado más tiempo del que me importa admitir haber leído en foros y blogs caseros tratando de encontrar respuestas a las preguntas sobre elaboración de cerveza relacionadas con los procesos que me intrigaron. Con ese primer estudio que llamó mi atención por Peter Wolf, finalmente obtuve una fuente que no era experiencias y opiniones anecdoticas en línea, sino datos probados reales con resultados sensoriales. Me enganché y pasé el resto de ese día nevando buscando en internet estudios similares de lúpulo, y finalmente escribí mi primera publicación científica en el blog que resume lo que aprendí titulado "Examen de estudios: métodos y conceptos de lúpulo para lograr el máximo aroma y sabor al lúpulo". A partir de ese día, creé alertas para los estudios de elaboración de la cerveza, me inscribí en las diversas organizaciones académicas que publican revistas y guardé todos los estudios de elaboración de la cerveza que reuní en una base de datos en la nube de búsqueda, que se convertiría en la fuente principal de este libro.

El día de nieve fue una bendición porque encontré mi nicho como blogger, que para mí era alguien dispuesto a pasar innumerables horas investigando (no siempre sabiendo lo que estaba buscando) y probando los hallazgos que más me entusiasmaron. con lotes experimentales de 5 galones en mi estufa. Este libro es la extensión orgánica de esa pasión por aprender y poner en

práctica el gran trabajo de los investigadores cerveceros de todo el mundo. En el lapso de dos años, pasé mi tiempo libre leyendo más de 1,000 estudios académicos (citando más de 300 de ellos en las páginas siguientes) enfocando la dirección de la investigación en información que podría ayudar a explicar el misterio del aroma y sabor del lúpulo.

Este no es un libro que promete los mejores métodos para preparar Hazy IPAs de clase mundial (sin embargo, debería ayudar con eso). Más bien, es un libro que explora la ciencia de los diversos factores que contribuyen a elaborar cervezas de lupulada intensamente aromáticas y sabrosas, con la esperanza de lograr que los cerveceros piensen de manera diferente sobre cómo abordar el estilo. Mi objetivo para el libro es inspirar a los cerveceros a utilizar la investigación para experimentar y alterar los hábitos de elaboración de la cerveza arraigados y las creencias comunes. A menudo pienso que estoy en algo cuando mis amigos y colegas cerveceros piensan que mi próximo experimento planeado es una locura. Es este pensamiento fuera de la caja, impulsado por datos científicos, que puede producir resultados sorprendentes (y horribles).

Elaborar cerveza increíble no siempre es el objetivo de la experimentación. Por ejemplo, la investigación relacionada con el dry hopping y la amargura me inspiró a elaborar una Hazy IPA con cero adiciones en el mosto caliente, eligiendo solo realizar un dry hopping la cerveza a altos niveles. La cerveza resultante no era muy buena, era extremadamente amarga en forma de polifenol-vegetal y carecía de cualquier sabor afrutado saturado de lúpulo. A pesar del sabor, consideré que el experimento fue un éxito. Me enseñó que el lúpulo en caliente era una parte valiosa para hacer una gran IPA y la parte de investigación del experimento (escrito por el Dr. John Paul Maye) me

dio una nueva comprensión de cómo el dry hop contribuye al amargor y al sabor.

La decisión de autoeditar este libro fue una que abordé con cautela. Un editor ayudaría a pulir los contenidos con un personal profesional dedicado a la artesanía. Su alcance en la promoción del libro sería otra ventaja obvia. La desventaja de la autoedición es que todo el trabajo está en mí, alguien con cero experiencia en producción de libros.

Entonces, ¿debo ir con un editor o auto-publicar?

Afortunadamente para mí, ninguno de los principales editores parecía interesado en un libro centrado únicamente en la ciencia de la adición de lúpulos, por lo que la decisión de hacerlo solo fue fácil.

Sin embargo, estoy entusiasmado con los beneficios de la autoedición. La capacidad de enfocarme en los temas que más me interesan es extremadamente gratificante. Trabajar en este proyecto en mi propia línea de tiempo también fue una gran ventaja, ya que iniciar una cervecería al mismo tiempo realmente retrasó su Progress. También estoy emocionado de tener los derechos sobre el contenido para poder usarlo en mi blog o en otras publicaciones como lo desee. Otra gran ventaja de la autoedición es la capacidad de publicar actualizaciones del libro tantas veces como lo desee (incluidas pequeñas actualizaciones para abordar errores tipográficos y problemas de formato inevitables). A medida que la ciencia evoluciona y sigo hablando con otros cerveceros, ¡debería haber muchos hallazgos futuros sobre los que escribir!

Acerca del libro

Comienzo el libro en el Capítulo uno explorando la historia de la investigación de la adición de lúpulos y construyo una base de conocimiento sobre lúpulo para usar como guía a lo largo del libro. También miro de cerca las diferencias entre pellets de lúpulo, conos y varios productos de extracto.

El capítulo dos trata sobre adición lúpulo caliente (hot-side hopping), que incluye la ciencia sobre los lúpulos amargos de adición temprana y los lupulado tardíos de whirpool. Miro la investigación sobre la importancia adición en whirpool para mejorar el sabor del lúpulo. Cómo las temperaturas y la duración de la adición en whirpool pueden afectar los compuestos del lúpulo. Además, cómo ciertas variedades de lúpulo pueden tener una mayor eficiencia de extracción que otras.

El capítulo tres analiza de cerca la importancia del almacenamiento adecuado del lúpulo y cómo el envejecimiento del lúpulo puede afectar sus compuestos y, en última instancia, el sabor de la cerveza. Sorprendentemente, parte de la investigación puede inspirar experimentos utilizando un poco lúpulo envejecido en adición en caliente.

El capítulo cuatro se centra en una de las características más importantes de un gran hazy IPA, una sensación en boca suave y accesible. La química del agua (proporciones de cloruro de sulfato), las adiciones de minerales de maltas, cómo los minerales pueden afectar los sabores del lúpulo y los experimentos personales ayudan a apreciar las claves para una gran sensación en la boca.

El capítulo cinco examina cómo la selección de molienda puede afectar las percepciones de sabor en las cervezas lupuladas. En particular, cómo las concentraciones de proteínas, carbohidratos y viscosidad pueden alterar las percepciones de sabor y aroma. ¡Incluso ciertas maltas base pueden aportar sabores más afrutados que otras! Las tasas de inoculación de levadura también se consideran como otro factor en la retención o eliminación de compuestos de lúpulo volátiles.

En el Capítulo seis, descompongo los ésteres y la producción de alcohol fusel durante la fermentación, los cuales pueden desempeñar un papel importante en el sabor y aroma final de la cerveza. Un poco de producción de ésteres frutal con la cepa de levadura adecuada puede desempeñar un papel positivo en hacer que una cerveza de lupulada sea más compleja y aromática, mientras que demasiado puede competir y potencialmente dominar los sabores de lúpulo que podría estar buscando. Este capítulo analiza de cerca qué variables de elaboración pueden aumentar o disminuir los ésteres y la producción de alcohol para que los fabricantes de cerveza puedan hacer cambios en sus procesos para acercarse a sus objetivos deseados.

El capítulo siete cubre uno de mis aspectos favoritos de la elaboración de cervezas turbias y lupuladas, DRY HOPPING!* (*Adición de lúpulo en la maduración y finales de la fermentación) Miro la investigación sobre la importancia de mantener el oxígeno fuera durante la adición de lúpulo, cómo las diferentes duraciones y cantidades adiciones pueden afectar la extracción del compuesto de lúpulo, y algunos de los posibles aspectos negativos del dry hopping (como la extracción excesiva de polifenoles).

En el Capítulo ocho, sigo analizando la investigación del dry hopping, centrándome en cómo los procesos pueden afectar el amargor de la cerveza. Se cree comúnmente que la única forma de obtener el amargor del lúpulo en la cerveza es con adiciones en caliente, pero una investigación reciente arroja luz sobre la importancia de los diferentes ácidos amargos del lúpulo y su extracción durante el dry hopping. Además del amargor, este capítulo analiza el impacto que el dry hopping puede tener en el pH final de la cerveza, que puede afectar el amargor percibido.

El capítulo nueve explora la investigación en torno al dry hopping y la actividad enzimática que puede conducir a la re-fermentación. A menudo conocida como fluencia del lúpulo, la actividad enzimática de el dry hop se puede controlar con diversas maniobras de procesos, como controlar las temperaturas del dry hop y el tiempo de contacto.

El capítulo diez aborda otro de mis temas favoritos, la biotransformación de compuestos del lúpulo. El término biotransformación a menudo se considera una clave para las cervezas turbias y lupuladas, pero es en gran medida incomprendido y místico. Este capítulo reúne los documentos relevantes sobre el tema para dar a los cerveceros una mejor comprensión de lo que es la biotransformación, así como los factores que favorecen su producción.

En el Capítulo once, me quedo con el tema de la biotransformación centrado en los tioles de lúpulo, que a pesar de tener bajas concentraciones en el lúpulo, tienen el potencial de mejorar el sabor del lúpulo. Este capítulo también explora la investigación de la industria del vino sobre los tioles importantes que contribuyen a los sabores afrutados en el vino (muchos de los cuales se encuentran

en el lúpulo) y los métodos utilizados para aumentar su presencia en la cerveza a través de la biotransformación. También comparto mi experiencia usando cepas de vino en cervezas lupuladas inspiradas en la investigación.

El capítulo doce analiza un producto nuevo y popular llamado polvo de lupulina, desarrollado por Yakima Chief, Hopunion Cryo Hops® (como se les llama) se anuncia como la lupulina concentrada de los lúpulos de lúpulo en flor que contienen aceites aromáticos de lúpulo pero menos del material vegetativo de pellets de lúpulo Traditionales. Hablo con los cerveceros comerciales sobre su experiencia con el polvo de lupulina y miro los datos probados sobre las contribuciones de IBU y polifenoles del lúpulo cryogénico.

El capítulo trece analiza de cerca la ciencia de por qué las Hazy IPAs son de hecho turbias. Se han estudiado varios factores como el dry hopping de fermentación media, los niveles de PH y ABV, las selecciones de molienda y lúpulo, todo lo cual puede ayudar a los cerveceros a obtener diferentes niveles de turbidez.

El capítulo catorce examina la naturaleza frágil de las Hazy IPAs al explorar algunas de las investigaciones que rodean la oxidación de la cerveza y las formas de aumentar la vida útil. La selección Grist, las variedades de dry hop y la adición temprana en el mosto caliente pueden afectar la estabilidad de las cervezas turbias.

El capítulo quince fue uno de mis capítulos favoritos para escribir. Tuve la suerte de viajar por el país entrevistando a los cerveceros que más respeto (no solo por sus credenciales de turbidez establecidas, sino por estar abierto a compartir sus secretos y lecciones aprendidas a lo largo de los años). No hay duda de que el éxito temprano de la elaboración de cervezas turbias y

lupuladas en Sapwood Cellars es el resultado directo de estas conversaciones honestas. En este capítulo, aprenderá de los mejores, incluyendo Other Half Brewing, Prison City Pub and Brewery, Reuben's Brews, Cepaskside Brewery, Bissel Brothers y Great Notion.

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

Capítulo 1: Introducción a los compuestos de lúpulo

Chaston Chapman (1869-1932) fue uno de los pioneros originales de la química del lúpulo que fue autor de los primeros trabajos sobre lúpulo y sus compuestos específicos que datan de 1895. La investigación de Chapman fue impresionante considerando su época y solo coincidía con su confianza en la totalidad de su trabajo, escribiendo en 1928:

Durante algunos años, a medida que se ofrecía la oportunidad, la investigación de este aceite continuó en mi laboratorio, y se agregaron varios capítulos a la historia, pero con la publicación en 1903 de un artículo que aborda más completamente la química de algunos componentes del aceite, Sentí que el último capítulo había sido escrito.

Sin embargo, hace solo un año o dos, algunas fracciones de aceite de lúpulo de alto punto de ebullición llegaron a mis manos gracias a la amabilidad de los Sres. White, Tomkins & Courage, Ltd., y aproveché la oportunidad para someterlas a un examen con el objeto de determinar si existían otros compuestos distintos a los que ya había descubierto en este aceite y, de ser así, cuál era su naturaleza. Esta investigación, a su vez, ha concluido y los resultados fueron comunicados a la Chemical Society en mayo de este año. Resultó en el descubrimiento de varios compuestos nuevos e insospechados, y creo que el último capítulo ahora ha sido escrito, en todo caso, por mí, y que se ha contado algo muy cercano a la historia completa. [\[1\]](#)

Este libro mostrará que no se ha contado la historia completa y que el último capítulo no se escribió como se jactó Chapman. Afortunadamente, la investigación de la adición de lupulos continuó avanzando y se pudieron escribir quince capítulos más.

LIBRERO HOP

Historia de la investigación del aceite de lúpulo

Es importante mirar la historia de la investigación de la adición de lupulos para no solo apreciar la situación actual de nuestra ciencia, sino también para honrar el trabajo realizado por personas como Chapman. Sus estudios han ayudado a sentar las bases para la investigación, el análisis y el examen actuales de la adición de lupulos.

Chapman, por ejemplo, descubrió y nombró el humuleno de aceite en 1893, [\[2\]](#) pero también reveló compuestos de lúpulo adicionales, que llamaría luparona, lupaenol y luparol. [\[3\]](#) La investigación adicional ha demostrado cuán increíblemente complejos son los lupulos y las nuevas herramientas como la cromatografía de gases (GC) han demostrado ser fundamentales para avanzar en el conocimiento y confirmar algunos de los primeros descubrimientos.

El primer uso de GC con aceites de lúpulo fue por GA Howard, M.Sc., Ph.D. en 1956, donde Howard usó GC para descubrir la separación de 18 componentes de aceites de lúpulo obtenidos del lúpulo Fuggle, incluidos mirceno, metininilcetona, cariofileno y humuleno. [\[4\]](#) El objetivo de Howard era establecer tanto la composición de los aceites en el lúpulo como las proporciones en que se producen, porque las diferentes variedades de lúpulo tenían diferentes composiciones de aceites y, presumiblemente, diferentes aromas.

En 1963, VJ Jahnsen, Ph.D., promovió la nueva y emocionante investigación sobre aceites de lúpulo mediante un análisis de cromatografía de gases programada a temperatura mejorada. Usando este método, Jahnsen probó la variedad de lúpulo Bullion y

encontró aproximadamente 200 componentes, lo que dejó muy claro cuán complejos se estaban volviendo los lúpulos para los investigadores y los cerveceros. ^[5]

Quince años después, Roland Tressl estudió la variedad de lúpulo Spalter utilizando destilación-extracción, cromatografía sólido-líquido y cromatografía de gases cIPA'Slares-espectrometría de masas, para cuantificar (semi) más de 120 componentes volátiles. Tressl probó los lúpulos después de un período de almacenamiento de tres años, lo que mostró el potencial inconveniente del envejecimiento del lúpulo. Los componentes típicamente considerados sabores desagradables en la cerveza se encontraron en lúpulos más antiguos, incluidos los aldehídos y los ácidos grasos. ^[6]

Avanzando unos años más, Martin Steinhäus probó conos secos de la variedad Spalter Hop cultivados en el área alemana de Hallertau en 2000, encontrando 23 compuestos de lúpulos con análisis de dilución de extracto de aroma (AEDA). De los 23 compuestos de lúpulos, diez de los compuestos de aroma a lúpulo de "alto impacto" no habían sido identificados previamente. ^[7] Dos años más tarde, en 2002, el recuento total de compuestos de lúpulo había aumentado a 440. Luego, Mark T. Roberts publicó un estudio en 2004 sobre el aceite de lúpulo compuestos a través de un método más avanzado llamado cromatografía de gases cIPA'Slar multidimensional integral (CxGC). Roberts descubrió 45 compuestos adicionales que no se habían informado previamente y sugirió que es posible que se puedan encontrar más de 1,000 compuestos en el aceite de lúpulo con pruebas adicionales. ^[8]

Ácidos amargos de lúpulo

Hay tres componentes principales del lúpulo que residen en la glándula lupulina del lúpulo. Estos son 1) alfa-ácidos (humulonas), 2) ácidos β (lupulonas) y 3) aceites esenciales de lúpulo. El componente amargo del lúpulo proviene de los ácidos alfa y β (ácidos β menos que los alfa-ácidos). Los tres alfa-ácidos principales son humulona, adhumulona y cohumulona. Los porcentajes de humulona y cohumulona dependen de la variedad de lúpulo, pero generalmente son alrededor del 20-50%, y la adhumulona es alrededor del 15% de los alfa-ácidos en las glándulas de lupulina. Cuando se hierven estos alfa-ácidos, se isomerizan en iso-alfa-ácidos a través de una reacción química. Por ejemplo, la humulona se isomeriza en cis-isohumulona y la adhumulona se isomeriza en cis-isoадhumulona. ^[9]

Se ha demostrado que la cohumulona se isomeriza más eficientemente que la humulona y la adhumulona. Específicamente, se encontró una tasa de utilización del 60% para la cohumulona cuando se hierve, donde se encontró un rendimiento del 55% para los alfa-ácidos totales. ^[10]

Muchos cerveceros creen que la cerveza elaborada con cohumulona isomerizada (cis-isocohumulona) presta un amargor indeseable a la cerveza, sin embargo, esta afirmación no parece tener fundamento científico. Esta creencia comenzó en un artículo de 1972 titulado, "Una teoría sobre el sabor del lúpulo en la cerveza". En el periódico, las cervezas se elaboraban con humulona y cohumulona y se comparaban con las intensidades de amargor.

Aunque el amargor de la cerveza de cohumulona del

artículo anterior se calificó como más fuerte y más duro, también tenía más iso-alfa-ácidos, ¡lo que por supuesto lo haría más amargo! La cerveza elaborada con cohumulona tenía 34 mg/L de iso-alfa-ácidos, y la cerveza con humulona solo tenía 21 mg/L de iso-alfa-ácidos, lo que el autor sugirió que era suficiente para no comparar adecuadamente las dos cervezas. Sin embargo, el daño a la opinión pública de la cohumulona parecía estar hecho, ya que el artículo tuvo consecuencias significativas para el lúpulo y la industria cervecera, ya que los cerveceros exigieron lúpulo bajo en cohumulona y los criadores comenzaron a seleccionar variedades bajas en cohumulona. ^[11] Como regla general para el potencial amargo de los ácidos del lúpulo, cuanto más polar es el ácido del lúpulo, más probable es que el impacto sea un amargor más suave. La isomerización de los alfa-ácidos del lúpulo en iso-alfa-ácidos depende del tiempo y la temperatura de la ebullición. Cuando la duración de la ebullición es corta o se utilizan temperaturas de caldera bajas, los rendimientos de isomerización se reducen significativamente. ^[12] Otros factores como el pH del mosto y los minerales también pueden mejorar la isomerización. Un estudio encontró que un rango de pH de 5.0-5.6 vio un mayor rendimiento de iso-alfa-ácidos. La adición de calcio o magnesio al mosto también aumentó la tasa de isomerización. ^[13] Las pruebas posteriores de los rendimientos de isomerización después de ebulliciones de mosto de 60 minutos con la adición de iones metálicos al comienzo de la ebullición también mostraron tasas más altas. Por ejemplo, la adición de magnesio mejoró la tasa de utilización en un promedio de 24%. ^[14] Me interesaría mucho más estudios sobre cómo agregar magnesio durante la adición en whirpool puede o no mejorar la

extracción de compuestos de lúpulo agradables deseables de las adiciones de lúpulo de whirpool.

El lúpulo no tiene que hervirse para isomerizarse, ya que un estudio encontró que incluso a 194°F (90°C) se produjeron cantidades sustanciales de iso-alfa-ácidos. Esto significa que cuando la cerveza espera para enfriarse o durante una adición en whirpool, aún se siente amargura por el lúpulo. [\[15\]](#) Incluso he tenido cantidades muy pequeñas de isomerización probada en dry hopping, pero este es un tema más complejo cubierto en un capítulo posterior. (Más sobre esto en el Capítulo ocho).

En 1956, se determinó que aproximadamente el 38% de los ácidos amargos se pierden en el trub, el 35% en el lúpulo decantado y el 10% en la levadura. [\[16\]](#) Sin embargo, un trabajo más reciente sugiere que los porcentajes de distribución de sustancias amargas de lúpulo entero perdidas durante los procesos de elaboración de la cerveza son 50% de trub, 20% de lúpulo decantado, 10% de evaporación y levadura, y 20% restante en el final cerveza. [\[17\]](#)

Aaron Justus, director de I + D y especialista en elaboración de cerveza en Ballast Point Brewing, fue autor de un artículo en 2019 [\[18\]](#) que examinaba los IBU durante todo el proceso de elaboración. Comenzando con la adición en macerado (macerado) (que el Capítulo catorce sugiere que puede ayudar a mejorar la estabilidad de la cerveza) Justus usó Palisade (7.5% de alfa-ácidos) y Calypso (14.1% de alfa-ácidos) cada macerado lupulado a dos niveles diferentes (0.25 y 0.50 lbs./bbl) . La medición del mosto de las cervezas antes del inicio de la ebullición

dio como resultado una tasa de utilización promedio del 9% del macerado. La tasa general disminuyó cuando aumentó el nivel de lúpulo utilizado. Además, a pesar de las diferentes IBU medidas al comienzo del hervor con las diferentes variedades y cantidades de lúpulo, los IBU knockout (probadas después de hervir y enfriar) eran casi iguales. El autor sugiere que este retroceso en los IBU durante la ebullición puede deberse a la degradación térmica de los iso-alfa-ácidos. Este hallazgo podría significar que los altos niveles de macerado no necesariamente se traducen en IBU más altas.

Luego, Justus observó adiciones de amargor de lúpulo de 60 minutos en doce cervezas diferentes y encontró, en promedio, una tasa de utilización del 44%. A medida que la tasa de adiciones y la densidad aumentaron en las cervezas de prueba, la utilización disminuyó constantemente, por lo que muchos cerveceros creen que las cervezas con lúpulo ABV más altas pueden manejar un mayor volumen de lúpulo. Por ejemplo, una IPA doble alta densidad del mosto podría reducir proporción de IBU de los lúpulos, combinar esto con un alto uso de lúpulo (que también reduce la proporción de IBU) y podría beneficiarse de un aumento en la concentración de compuestos de lúpulo afrutado en el fermentador con un valor inferior al esperado IBU (más sabor y menos amargor).

Moviéndose hacia las adiciones de lúpulo en whirpool y la proporción de IBU, Justus descubrió que más de 19 cervezas de prueba tienen una tasa de utilización promedio de 29.9%. Curiosamente, los IBU parecían alcanzar su pico después de solo 10 minutos en la adición en whirpool (solo viendo un aumento en la tasa de utilización del 2% con una adición en whirpool completa de 70 minutos). Este hallazgo sugiere que los largos

tiempos en whirpool pueden no estar contribuyendo con tanta amargura como muchos podrían suponer.

Al rastrear las pérdidas de IBU durante la fermentación en catorce cervezas, Justus encontró una tasa promedio de pérdidas de IBU de 33.7%. Curiosamente, las cervezas que dependían de los lúpulos en whirpool para la mayor parte del amargor (piense en las Hazy IPAs) tienden a perder más IBU durante la fermentación. Además, las cervezas de alta densidad perdieron más IBU que las de menor densidad.

Dando un paso atrás de la ciencia y hablando de mi experiencia elaborando cerveza tanto comercialmente como en casa, me he convencido de que las adiciones de lúpulo en hervor (incluidos los lúpulos en whirpool) son esenciales para lograr un sabor saturado de lúpulo en la cerveza. A menudo me sorprende lo pocos que los cerveceros de lúpulo están agregando a su cerveza en el mosto caliente por temor a recoger demasiadas IBU. El trabajo de Justus puede tranquilizar un poco las grandes adiciones en whirpool (especialmente en cervezas de alta densidad) que resultarán en una menor extracción de IBU. Además, la fermentación también eliminará los IBU. Combine este conocimiento con la información que aprendemos en detalle más adelante en el libro de que el dry hopping también eliminará los iso alfa-ácidos en la cerveza. ¡Esto es todo para decir que no tenga miedo de experimentar con grandes adiciones de lúpulo en whirpool en el mosto caliente!

Compuestos de aroma de lúpulo

Los aceites esenciales en el lúpulo, que conforman su perfil de aroma y sabor, son aproximadamente 0.1-2.0% en peso seco del lúpulo dependiendo de la variedad. [\[19\]](#) Ciertos lúpulos como Polaris y Galaxy, por ejemplo, pueden ser mucho más altos (3-5%) y variedades como Czech Saaz y East Kent Goldings son mucho más bajas (0.4-0.8%). A continuación se muestra una lista de algunos de los lúpulos con las mayores cantidades totales de aceite.

Tenga en cuenta que diferentes lotes incluirán lúpulos con diferentes porcentajes de aceite, ya que las condiciones de crecimiento (como la temperatura, las cantidades de lluvia y el momento de la cosecha) son algunas variables que pueden alterar los porcentajes de aceite de lúpulo.

Variedad de lúpulo	<u>Aceite total (ml / 100 g)</u>
Polaris	4 - 5
Super Pride	3.4 - 4
Galaxy	3 - 5
Columbus	2.5 - 4.5
Tomahawk ® Brand F10 cv	2.5 - 4.5
Zeus	2.5 - 4.5
Ekuanot ™ Brand HBC 366	2.5 - 4
Ella	2.4 - 3.4
Bravo	2.3 - 3.5
Rakau	2.2 - 2.2
Mandarina Bavaria	2.1 - 2.3
Magnum (Estados Unidos)	2 - 3
Merkur	2 - 3
Waimea	2 - 2.2

El sabor y el aroma provienen de la fracción de aceite esencial del lúpulo y se pueden dividir en tres grupos: 1) componentes de hidrocarburos, 2) componentes oxigenados y 3) componentes que contienen azufre.

Aunque cada lúpulo individual mostrará resultados diferentes, un estudio que analiza Brewers Gold arroja algo de luz sobre la composición de los aceites en relación con los tres grupos principales mencionados anteriormente. Los investigadores descubrieron que los hidrocarburos constituyen el 40-80% del aceite total. Alrededor del 69% de esto contribuye al aroma del lúpulo, del cual el mirceno, el humuleno y el cariofileno forman la mayor parte de esta fracción.

La fracción oxigenada es solo alrededor del 14% del aceite total, pero puede contribuir hasta el 34% al aroma del lúpulo. Esta fracción oxigenada era más compleja ya que aproximadamente 20 componentes constituyan aproximadamente el 47% del total. Este estudio muestra que en la variedad Brewers Gold, la fracción de hidrocarburos fue hasta seis veces mayor que la fracción de oxigenación, pero solo contribuyó el doble al perfil total de aroma de un lúpulo. [\[21\]](#)

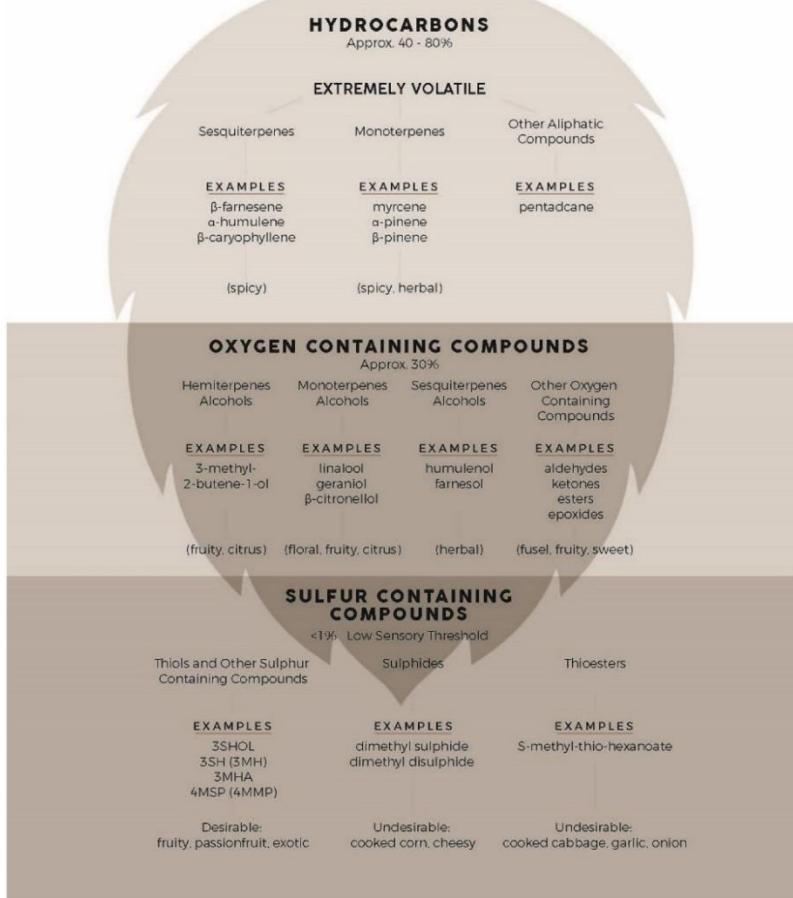
Debido a que el lúpulo contiene numerosos componentes aromáticos, es difícil decir con certeza qué compuestos son los únicos responsables de contribuir directamente a las características aromáticas específicas de una variedad, particularmente cuando diferentes compuestos tienen diferentes promedios sensoriales y los compuestos también pueden trabajar juntos para formar un efecto sinérgico en el sabor y aroma.

Sin embargo, aunque muchos compuestos componen esta fracción oxigenada, es probable que un número mucho menor contribuya al aroma general. Para ayudar a enfocar la investigación del lúpulo, a menudo se piensa que el mircenol (fracción de hidrocarburos) y el linalol (fracción oxigenada) son buenos indicadores del aroma y la intensidad del sabor del lúpulo y, a menudo, son los compuestos en los que se centra la investigación a lo largo del libro.

El siguiente cuadro de la composición química de los aceites de lúpulo debería servir como referencia, ya que muchos de estos compuestos se mencionan y se ponen a prueba en varias condiciones de elaboración en las próximas páginas.

CHEMICAL COMPOSITIONS OF THE ESSENTIAL OILS OF HOPS

Based on general averages, actual percentages vary depending on hop variety and other factors.



Para ayudar a poner descriptores de sabor y aroma a muchos de estos mismos compuestos de lúpulo en la tabla anterior, a continuación se presenta una tabla presentada por Victor Algazzali en conjunto a la Sociedad Estadounidense de Químicos Cerveceros en Brewing Summit en 2018. El cuadro es una referencia fantástica a medida que se introducen nuevos compuestos en los diversos estudios a lo largo del libro.

	Floral	rose oxide, geraniol, geraniol acetate, citronellol, nerol
	Citrus	α -terpineol, limonene, linalool, citral, decanal
	Sweet Fruit	2-methylpropyl hexanoate, ethyl 2-methylpropanoate, sec-amyl acetate, ethyl caproate, ethyl 3-methylbutanoate
	Green Fruit	decanal, cis-3-hexenal, d-3-carene, 2-dodecanone, hexyl 2-methyl-propanoate
	Berry & Currant	beta ionone, 4-mercapto-4-methylpentan-2-one, ethyl 3-methylbutanoate, raspberry ketone, p-menta-8-thiol-3-one
	Cream Caramel	methyl decanoate, γ -nonalactone, vanillin, phenylacetic acid
	Woody	humulene, α -pinene, β -pinene, farnesene, carvacrol, β -caryophyllene
	Menthol	carvone, terpinen-4-ol, camphene
	Herbal	myrcene, humulene epoxide, p-cymene, cis-b-ocimene, thymol
	Spicy	β -caryophyllene, eugenol, 2-isopropyl-3-methoxypyrazine, β -eudesmol
	Grassy	E,Z-2,6-nonadienal, cis-3-hexenol, trans-2-Hexenal
	Vegetal	diallyl sulphide, dimethyl disulfide, s-methylthiohexanoate

Al sumergirse un poco más en las tres clases de compuestos de lúpulo, los hidrocarburos representan aproximadamente el 40-80% de los aceites de lúpulo y se pueden dividir en tres grupos: 1) alifáticos, 2) monoterpenos y 3) sesquiterpenos. Los dos últimos son los más estudiados y referenciados. Los monoterpenos son picantes, herbales y verdes, y consisten en compuestos como mircenio, α -pineno y β -pineno. Sesquiterpenos, como β -farneseno, α -humuleno y β -cariofileno.

Los componentes oxigenados, que representan aproximadamente el 30% del aceite total, son una mezcla muy compleja de alcoholes, aldehídos, ácidos, cetonas, epóxidos y ésteres. Lo más importante para los cerveceros que buscan IPA intensas y frutales son los alcoholes terpénicos ubicados en la fracción oxigenada del lúpulo (ejemplos: linalol, nerol, geraniol). A pesar de representar una pequeña fracción del lúpulo, es más probable que permanezcan en la cerveza durante todo el

proceso de elaboración y son menos volátiles que los hidrocarburos terpénicos como el mirceno. [\[23\]](#) La mayor parte de la investigación en este libro relacionada con el aumento de "lúpulo" de la cerveza se centra en estos alcoholes oxigenados.

Volviendo a un artículo titulado, *¿Cuán insolubles son los monoterpenos?* "podemos tener una mejor idea de cuán solubles son los hidrocarburos de los alcoholes monoterpenos oxigenados. El documento encontró que los hidrocarburos (leñosos, picantes, similar a la resina) tienen una solubilidad muy baja en comparación con los monoterpenos oxigenados (afrutados, florales y cítricos). Específicamente, el documento encontró que los monoterpenos que contienen oxígeno en forma de cetona, alcohol, éter o aldehído tenían solubilidades 10-100 veces mayores que los hidrocarburos. [\[24\]](#)

Los compuestos que contienen azufre de la fracción de aceite de lúpulo son un porcentaje muy pequeño de los aceites de lúpulo, pero pueden desempeñar un papel en el desarrollo del sabor debido a sus bajos promedios sensoriales (silenciosos pero mortales). Contienen algunos compuestos organosulfurados como el sulfuro de hidrógeno, metioni, metanetiol, sulfuro de dietilo, sulfuro de dimetilo, disulfuro de dimetilo y acetato de metilditio. [\[25\]](#) Muchos de los compuestos de azufre se considerarían negativos en las cervezas de lupulada, excepto los tioles de lúpulo, que son compuestos de azufre de fruta. Los investigadores están descubriendo que estos tioles derivados del lúpulo son compuestos importantes en las IPA afrutadas modernas. Debido a esto, los tioles de lúpulo se tratan con más detalle en el Capítulo 11.

Mezclas de pellets de lúpulo y pruebas de aceite

Los pellets son típicamente mezclas de algunos lotes de lúpulo diferentes seleccionados para equilibrar la variabilidad porque diferentes factores como los productores, las regiones de cultivo, la edad del lúpulo y la fecha de cosecha pueden tener un impacto en las cifras finales de aceite de lúpulo. En general, las mezclas de pellets de lúpulo se crean cuidadosamente para lograr una mezcla "estándar" que sea representativa de la variedad. Por lo tanto, cuando compramos una bolsa de lúpulo Citra podemos estar seguros (con suerte) de que el resultado no será una sorpresa.

No todos los lotes cosechados están incluidos en las mezclas de pellets porque algunos lotes son valores extremos cuando se trata de concentraciones de aceite medidas. La gran brecha entre los aceites probados de diferentes lotes puede aumentar la dificultad de obtener una mezcla homogénea. En otras palabras, si un lote de Citra es drásticamente diferente (tanto en aroma como en aceites medidos) que otro, puede no valer la pena incluir el lote atípico en la mezcla porque podría alterar el sabor estándar de Citra que esperamos.

Otra razón para no incluir demasiados lotes de lúpulo en una mezcla es la importancia de la trazabilidad del lúpulo. Es crucial mantener la trazabilidad del lúpulo desde el campo hasta la fábrica de cerveza porque, por ejemplo, si se realizara un retiro, tener menos lotes en cada mezcla ayudaría a reducir el lote problemático y los pellets empacados afectados.

¿Cuán diferentes pueden ser los lúpulos de la misma variedad de un lote a otro? Los datos proporcionados por

Hopunion LLC en 2015 muestran datos de 2013 y 2014 para todos los lotes de Simcoe probados (Simcoe es conocido por ser un lúpulo de alta variabilidad). En cuanto al mirceno, los datos muestran que el lote de mirceno registrado más bajo en 2014 fue de alrededor del 40% del aceite total, mientras que otro productor tenía niveles de mirceno superiores al 70%. Al observar los niveles promedio de mirceno en todos los lotes de lúpulo probados, esta variedad de lúpulo en particular promedió alrededor del 57%, lo que hace que estos dos cultivos de lúpulo sean atípicos para el promedio.

Sin embargo, los lotes de lúpulo atípico no se desperdician, se pueden usar para un extracto amargo genérico o para elaborar cerveza con sabores y aromas únicos que no se pueden lograr con una mezcla estándar. Como un ejemplo de cómo los diferentes lotes pueden alterar los sabores, volviendo a los datos de lote a lote mencionados anteriormente, el contenido promedio de geraniol (características florales, dulces, tipo rosa) en los lotes fue inferior al 0.1%. Pero algunos productores tuvieron lotes con geraniol llegando a un poco más del 0.5% (esto es como un cambio de Fuggle por Mosaic en geraniol).

El lúpulo, al igual que las uvas de la industria del vino, puede variar bastante dentro de una variedad. Tanto como los cerveceros aprecian los sabores estables que pueden obtener de mezclas de variedades de un solo lúpulo, es probable que muchos también disfruten elaborando cerveza con lúpulo directamente de los productores y experimenten con las mismas variedades de lúpulo de diferentes lotes. Al igual que tenemos cervecerías famosas, ¡tal vez podríamos comenzar a ver campos de lúpulo de renombre!.

Debo señalar que estas diferencias en las variedades individuales en los campos de lúpulo no son un problema tan importante con los campos más nuevos y las variedades de "marca registrada", pero pueden ser más frecuentes en los campos más viejos como un lupular Cascade de 15 años.

Sin embargo, no todos los lúpulos granulados son mezclas. Por ejemplo, si una cervecería compradora tiene un pedido lo suficientemente grande, tienen el lujo de poder recibir pellets sin mezclar si quieren disfrutar de los caracteres de la variedad de un productor por encima de la mezcla. Esto es algo que Sam Richardson de Other Half Brewing describe como una ventaja para su cervecería. Estos lotes seleccionados por el cliente significan que una cervecería ha comprado fardos de un solo lote y probablemente cumplió con el volumen mínimo requerido para la granulación. Durante la selección del lúpulo, los cerveceros pueden comprar lotes individuales que contengan hasta 1,000 libras. de lúpulo. Algunos cerveceros compran varios lotes y no necesariamente los mezclan, pero algunos sí.

A veces, estos pellets sin mezclar llegan al mercado general. Por ejemplo, si una cervecería descubre que está sobrecontratada, podría optar por liberar parte de su inventario al público. Estos lúpulos no son mejores ni peores que los lotes mezclados, pero pueden tener algunas características sutilmente únicas que llamaron la atención del cervecer comercial. Sería bueno ver ventas especiales de estos lotes individuales por parte de los proveedores de lúpulo más grandes anunciados y vendidos a cerveceros caseros y pequeñas cervecerías cuando estén disponibles.

Incluso los lúpulos de los mismos lotes pueden variar en las concentraciones de aceite medidas de un año a otro. Variables como las prácticas de cultivo y las

diferentes condiciones climáticas pueden alterar los promedios de aceite de lúpulo, pero en general el cambio es menor. Para ver cuán diferente puede ser la variabilidad de un año a otro, miré los datos disponibles de la cosecha de lúpulo 2013-2014 y descubrí que había muy pocos cambios en los aceites de lúpulo medidos. También miré la variación entre todos los aceites para cada variedad para ver qué lúpulo tuvo la fluctuación más significativa en los dos años de cultivo. El Glacier tuvo la variación más significativa, con los mayores adiciones provenientes de una reducción del 15% en mirceno y una adición del 10% en humuleno. El lúpulo más estable fue Palisade, que prácticamente no mostró cambios con respecto a los dos años de cultivo del lúpulo. Sin embargo, en general, las mezclas de lúpulo parecen ser estables según los datos de 2013-2014.

La mezcla de adiciones de diferentes lotes ayuda a mantener un perfil constante de año a año en todas las variedades. Esto es particularmente cierto cuando hay abundancia de cierto lúpulo. Las variedades populares se cultivan en mayor número para mantenerse al día con la demanda, por lo que hay más opciones disponibles al mezclar. El tamaño de muestra más grande tiende a converger alrededor de la media real. Lo contrario es cierto si solo hay un puñado de lotes cultivados para una variedad. Por ejemplo, un brote de plaga o una tormenta eléctrica puede afectar la media de toda la variedad. Madre Naturaleza, por favor sé amable con el lúpulo.

Conos de lúpulo entero

Los lúpulos de cono entero no están mezclados, por lo que algunos cerveceros pueden optar por usarlos sobre pellets. Una razón por la que no se mezclan es porque hacerlo introduciría oxígeno al romper los conos, lo que provocaría un deterioro acelerado. Elaborar cerveza con conos de diferentes lotes de lúpulo podría dar como resultado una mayor variación del aceite del lúpulo (tanto bueno como malo), por lo que algunos cerveceros los buscan. Otros cerveceros pueden optar por usar conos enteros por la estética de usar un producto "puro" sin adulterar. Por ejemplo, Sierra Nevada Brewing Co. elabora cerveza con lúpulos enteros.

Debido a que los lúpulos enteros representan el terroir (el entorno natural donde se cultivan los lúpulos), la elección entre lúpulos enteros y pellets es de carácter local versus consistencia. Sin embargo, la mayoría de los lúpulos que se venden en forma de cono completo provienen de lotes de baja variabilidad, por lo que es raro encontrar algo demasiado inesperado cuando se elabora con ellos, pero aún es más probable que cuando se usan pellets. La facilidad de almacenamiento y uso de pellets sobre conos también es una gran razón por la que más cerveceros usan pellets, ya que el uso de conos en grandes cantidades puede ser problemático. Sin embargo, no olvide que los lotes individuales de lúpulo también se pueden convertir en pellets para facilitar su uso a los cerveceros, así como sabores potencialmente únicos por no ser parte de una mezcla.

A parte del terroir* que tiene un impacto en las diferencias en los conos de lúpulo entre diferentes lotes, algo tan simple como la cosecha del lúpulo puede afectar el sabor. La investigación que analizó diferentes tiempos de cosecha en la región de Saaz de la República Checa (agosto-septiembre) encontró resultados significativos en el tiempo de cosecha y los cambios sensoriales y compuestos. Por ejemplo, el linalool aumentó en los cuatro lotes de lúpulo probados a partir de agosto en que fueron recolectados, solo ligeramente a fines de septiembre. Entonces, según este estudio, el plazo para los lúpulos frutales de cosecha tardía sería de fines de agosto a principios de septiembre.

Cuando los lúpulos de la región de Saaz de la República Checa se pusieron a prueba en té de lúpulo, los resultados sensoriales reflejaron en gran medida los resultados del linalol. En otras palabras, cuanto más tarde sea la fecha de cosecha, mayor será la intensidad del aroma de lúpulo. Los resultados tampoco parecen ser una casualidad, ya que lo mismo se hizo durante un período de tres años y cada año, cuanto más tarde es la fecha de cosecha, más aumenta el linalol (2010-2012). Un ejemplo comercial de esto es que Boston Beer Company prefiere elaborar cerveza con lúpulo cosechado aproximadamente siete días tarde de lo que se considera la fecha ideal. [\[26\]](#)

En el estudio anterior, los autores encontraron que los compuestos individuales aumentan a diferentes velocidades durante el año de crecimiento. Por ejemplo, en seis compuestos probados (linalool, geraniol, mirceno, ocimeno, β -pineno, D-limoneno) medidos se encontraron incrementos a medida que avanzaba el año de cosecha. Por otro lado, otros compuestos (β -farneseno, bergamoteno, α -humuleno y β -cariofileno) se produjeron a principios del año de cosecha. Parece entonces que

algunos de los caracteres más afrutados, cítricos y florales se desarrollan más tarde, y los tonos leñosos más Traditionales se desarrollan temprano. [\[27\]](#)

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

Prueba de aceite de lúpulo

La Sociedad Estadounidense de Químicos Cerveceros tiene un estándar aprobado para cuantificar los aceites de lúpulo, que consiste en realizar una ebullición de lúpulo de cuatro horas en un aparato de destilación para recolectar y medir aceites. Puedes ver cómo esto varía según cómo los cerveceros usan el lúpulo con un hervor Traditional de 60 minutos. Una razón para la larga ebullición es asegurarse de que se haya extraído todo el aceite. La destilación se usa principalmente para determinar el contenido de aceite (ml de aceite / 100 g de lúpulo), por lo que es importante asegurarse de que se haya recolectado todo el aceite. Sin embargo, los compuestos que se evaporan no se pierden porque el vapor se condensa y recoge.

En las pruebas, a medida que hierven los lúpulos, los aceites se separan del material vegetal. Se utiliza este estándar de ebullición larga (en oposición a un proceso que se parece más a la elaboración de la cerveza) porque los resultados son comparables con todos los demás laboratorios. Es importante tener procesos de medición consistentes en todos los laboratorios para ayudar a dar sentido a los datos. El principal problema de este tipo de pruebas es que algunos de los compuestos no son tolerantes al calor, lo que significa que se degradan cuando se exponen a temperaturas de ebullición durante tanto tiempo. Existen alternativas a la destilación al vapor, pero implican extracciones químicas desagradables que tampoco son análogas a la elaboración de la cerveza.

En un mundo ideal, los aceites de lúpulo se probarían después de extraerlos en el mosto, pero luego se encontrarían con otras variables. ¿Cómo eliges la densidad y el pH del mosto estándar? ¿De qué debe estar compuesto el mosto? ¿Se deben agregar lúpulos temprano o tarde durante la ebullición?

LIBRERO HOP

Extractos de lúpulo

Hay dos tipos principales de extractos de lúpulo, aquellos hechos de extracción con fluido supercrítico de dióxido de carbono (SFE) y extractos etanólicos. Los extractos de dióxido de carbono contienen los componentes más no polares, incluidos los aceites y ácidos esenciales. Los extractos de etanol generalmente contienen los componentes más polares, incluidos los polifenoles.

Algunas cervecerías usan extractos de lúpulo principalmente para amargar sus cervezas. Debido a que los alfa-ácidos en el lúpulo pueden degradarse con la edad, las condiciones de almacenamiento y en diferentes lotes de lúpulo, los extractos pueden dar a los cerveceros un control más consistente sobre sus objetivos amargos. El uso de extractos también significa que menos material de lúpulo llega al hervidor, lo que puede dar como resultado un mayor rendimiento. Esto es especialmente cierto cuando las grandes adiciones en whirpool se intercambian o se sustituyen parcialmente con extractos de lúpulo versus pellets. Los extractos que se usan temprano en la ebullición también pueden reducir la formación de espuma en caliente durante la ebullición, lo que puede ayudar con los desbordamientos. [\[28\]](#)

Se requieren adiciones de lúpulo en caliente para amargar cuando se usa extracto de lúpulo de CO₂ porque no se isomeriza hasta que hierva. El extracto de CO₂ en ebullición durante 60-90 minutos dará como resultado aproximadamente el 35% de isomerización de los alfa-ácidos, según el lúpulo YCH. Al igual que los pellets, el extracto de CO₂ se puede usar tarde en el proceso en caliente (whirpool) para darle sabor y aroma. Cuando se

usan aceites de lúpulo para aroma y sabor, los extractos generalmente se agregan después de que se completa la fermentación. Estos extractos de aceite de lúpulo están disponibles en forma genérica o por variedades específicas de lúpulo.

Un estudio encontró que el uso de extractos de lúpulo para el dry hopping se compara estrechamente con el aroma que se puede obtener del dry hopping Traditional. Las coincidencias de aroma estaban más cercanas cuando se usaba extracto hecho de lúpulo destilado al vapor a baja temperatura. Los autores descubrieron que al agregar extractos de lúpulo con levadura presente (antes de la filtración) se redujo la intensidad del aroma del lúpulo en comparación con la adición del extracto directamente a la cerveza filtrada (clarificada). Agregar el extracto a la cerveza clarificada finalmente causó la formación de turbidez, pero algunos podrían no quejarse con ese resultado. Este estudio también mostró que los extractos de aceite de lúpulo son más estables al almacenamiento que los conos enteros o los pellets. En este caso, se encontró muy poca pérdida de aceite después de 11 meses de almacenamiento en refrigeración. [\[29\]](#)

Además del control del sabor y el amargor de los extractos, otro beneficio es el potencial para la estabilidad de la espuma como lo encontró un estudio al usar extractos de lúpulo de alfa-ácidos pre-isomerizados. [\[30\]](#) Otro estudio encontró que los extractos (específicamente SFE) aumentaron significativamente la sensación en boca y la plenitud del cuerpo. [\[31\]](#) Debido a estos beneficios posteriores a la fermentación, ciertos extractos se pueden usar para mejorar una cerveza donde necesita ayuda en el tanque de clarificada (aumenta el amargor, la sensación en boca e incluso la retención de

espuma).

Los extractos de lúpulo utilizados para amargar pueden tener el inconveniente de que no son tan efectivos como el lúpulo puro para evitar el envejecimiento de la cerveza. Un estudio que analizó este retraso medido con respecto al "poder reductor" y descubrió que a pesar de agregar cinco veces más alfa-ácidos con el extracto de CO₂ en comparación con las cervezas de lupulada puro, el poder reductor era casi nada. Curiosamente, cuanto menor sea el contenido de alfa-ácidos del lúpulo, mayor será el poder reductor. [32] El poder reductor ligeramente más alto cuando se amarga con lúpulo puro podría ser un argumento para usarlos como adiciones amargas en cervezas sensibles *a madurados prolongados (ej. Sesión IPAS, IPA, etc.)*

Otra opción para el amargor son los pellets isomerizados (isopellets) que son similares a los lúpulos granulados típicos en apariencia física, pero en lugar de almacenarse en frío, inicialmente se almacenan a 122°F durante 8-12 días para isomerizar. Un beneficio para los pellets iso es que el rendimiento de amargor aumenta en comparación con los pellets estándar. Un estudio encontró un rendimiento del 65% en comparación con solo el 37% con los pellets convencionales y fue independiente del momento de la adición. [33]

Los extractos preisomerizados se preparan isomerizando extractos convencionales de dióxido de carbono y se pueden agregar directamente al mosto durante el proceso de ebullición. Las dos formas diferentes de extractos preisomerizados son el extracto de caldera isomerizada (IKE) y el extracto de caldera isomerizada en forma de potasio (PIKE). De los dos, PIKE tiene una mejor solubilidad y mejor para las

adiciones de lúpulo de última hora. Tanto IKE como PIKE logran un rendimiento de aproximadamente el 70%, donde PIKE alcanzó el 75.7% cuando se agregó después del final de la ebullición y antes de un descanso de whirpool.^[34] Además de los iso alfa-ácidos, tanto IKE como PIKE también contienen ácidos β , resinas, ceras de lúpulo y aceites de lúpulo.

Otra clase de extracto de lúpulo destinado a su uso después de la fermentación, pero que también se puede usar en adición en el hervido* es Rho-iso-alfa-ácidos (RHO). El RHO se produce reduciendo los iso-alfa-ácidos con borohidruro de sodio y es estable a la luz y tiene un amargor suave. Aproximadamente 1 ppm de RIAA aporta aproximadamente 0.7 IBU de amargor. RHO puede prevenir el sabor almizclado, pero RHO no puede prevenir el sabor almizclado si la cerveza también se elabora con lúpulo regular o contiene iso alfa-ácidos.

El sabor almizclado es la fotooxidación de las isohumulonas del lúpulo y puede producir un aroma almizclado (skunky)* "light struck" (3-metil-2-buteno-1-tiol) en la cerveza.^[35] Desafortunadamente, el promedio para probar este sabor almizclado (skunky)* en la cerveza es relativamente bajo, con solo 4,4–35 ng/L.^[36]

La creación de sabor almizclado puede tener lugar incluso en latas que se mantienen frías y puede ocurrir una formación acelerada a temperaturas más cálidas. Un artículo encontró que una lata de cerveza amarga con iso alfa-ácidos almacenados a 86°F desarrolló el sabor almizclado muy por encima del promedio después de solo cuatro semanas, pero también se detectó en una lata de control a 35°F. Si está encontrando este tipo de sabor almizclado (skunky)* en su cerveza, RHO puede ser una buena opción para intentar la fermentación posterior.

Otro extracto posterior a la fermentación (también se puede usar en la ebullición si se desea) se llama tetrahidro-iso-alfa-ácidos (Tetra). El tetra está hecho por reducción de hidrógeno y paladio de iso-alfa-ácidos. Es estable a la luz, mejora la espuma y tiene un amargor intenso y no persistente. Por lo general, se agrega después de la fermentación, mientras que Rho se puede agregar a la olla de hervor. Es un iso- α -ácido relativamente no polar y se usa principalmente por sus beneficios de estabilidad de espuma y por la prevención del sabor almizclado. Se cree que Tetra es más astringente que Hexa, que se describe a continuación.

Los ácidos hexahidro-iso- α (Hexa) son otro extracto posterior a la fermentación. Hexa se realiza realizando la reducción de borohidruro de sodio en Tetra. Hexa, al igual que el tetra, es estable a la luz, mejora la espuma, 1 ppm aporta 1 IBU de amargor y tiene un perfil de amargor dura y persistente como los iso-alfa-ácidos.

Hexa puede usarse “downstream” * ya que solo contiene iso alfa-ácidos. Hexa puede ayudar con un sabor almizclado pero también puede causar turbidez. Hexa también puede aumentar la sensación cremosa de la cerveza y la retención de espuma. Debido a que también es relativamente no polar, no se recomienda usar Hexa en el hervor. [\[37\]](#) Kalsec, un proveedor de Hexa, anuncia que 1 ppm puede mejorar el valor NIBEM (medición de la estabilidad de la espuma) de 10 a 12 segundos. [\[38\]](#)

He intentado dosificar Hexa (de Kalsec) en algunas Hazy IPAs (hazy)* con cierto éxito. Para un lote de 5 galones, experimenté agregando 1 ml al barril de servicio antes de transferir. Las cervezas tenían una sensación agradable y suave en la boca y la retención y adherencia de la cabeza era decente, pero sin probar solo la variable, es

difícil decir cuánto fue la Hexa responsable de la retención de espuma o del cuerpo. Ambas cervezas fueron hechas con una dosis saludable de malta y trigo malteado, por lo que otros factores podrían haber contribuido. Si sus Hazy IPAs carecen de retención de espuma, parece que vale la pena experimentar dosificando un poco de Hexa en el tanque de servicio o en el barril. Asegúrese de seguir las dosis recomendadas para que no haya un gran aumento en el amargor, lo que podría afectar negativamente a la cerveza.

Típicamente, se requieren 4-5 ppm de Tetra o Hexa (o una mezcla 1: 1) para mejorar la espuma y eso agregará 4-5 IBU de amargor. Los cerveceros generalmente compensan esto reduciendo el lúpulo de la caldera. Para una cerveza con > 18 IBU no habrá mucho cambio de sabor. Sin embargo, si la cerveza contiene 12 IBU o menos, se pueden agregar alfa-ácidos a 4-5 ppm y deberían mejorar la espuma y el encaje de la cerveza, pero no proporcionarán amargor, dado que son 1/10 tan amargos como iso- α -ácidos.

Resultados clave

- El lúpulo es una planta extremadamente complicada; El recuento total de adiciones de conteo es al menos 440 y podría llegar a 1,000 con más pruebas.
- La isomerización de los alfa-ácidos del lúpulo en iso-alfa-ácidos depende del tiempo y la temperatura de la ebullición, el pH del mosto (el pH varía de 5.0-5.6 vio un aumento en el rendimiento) y minerales (la adición de calcio o magnesio al mosto también aumenta la tasa de isomerización).
- Los hidrocarburos constituyen el 40-80% del aceite total y son los más volátiles (más difíciles de mantener en la cerveza) y generalmente se describen como compuestos picantes, leñosos y terrosos.
- La fracción oxigenada más frutal es solo alrededor del 14% del aceite total del lúpulo, pero puede aportar hasta el 34% del sabor del lúpulo, en parte porque son más solubles que los hidrocarburos.
- Los pellets de lúpulo generalmente son mezclas de diferentes lotes para lograr un producto más consistente, donde los conos enteros pueden ser más únicos y más verdaderos para el lote de lúpulo y la fecha de cosecha. Muchos cerveceros profesionales que eligen sus lotes de lúpulo sienten que tienen la ventaja de lograr un gran sabor y aroma a lúpulo sobre el uso de mezclas de pellets estándar.

- Los extractos de lúpulo se pueden usar para aumentar el rendimiento, mejorar la precisión del amargor, la sensación en boca, la retención de espuma y prevenir el sabor deslumbrante.

LIBRERO HOP

Capítulo 2: Beneficios y desventajas de Hot-Side-Hopping

Para lograr el aroma y el sabor del gran lúpulo, muchos cerveceros están moviendo más de su lúpulo total a la adición en frío a través del dry hopping y empujando las adiciones en caliente al final de la ebullición. Si bien este libro cubre la investigación sobre por qué es importante el lupulado tardío, también es valioso observar lo que sucede con los compuestos de lúpulo cuando se agregan temprano en la ebullición. Este capítulo discute la importancia de la sincronización de la adición de lúpulos en caliente y cómo la variedad de la adición de lúpulos, la edad del lúpulo, la temperatura de la adición de lúpulos tardío (al final de la ebullición)* y otros factores influyen en los sabores de la cerveza.

Kettle Aroma

El kettle aroma traditional en la cerveza (descrito como picante, amaderado y herbal) es complejo porque los lúpulos utilizados para lograr este sabor se agregan al comienzo de la ebullición, causando una gran variedad de posibles cambios en el camino. Estos cambios pueden ocurrir por la evaporación de compuestos, la oxidación de terpenos en derivados oxigenados y la biotransformación de derivados oxigenados durante la fermentación.

En general, kettle aroma* se asocia con el lúpulo que es rico en hidrocarburos sesquiterpénicos, que tienden a tener descriptores como terrosos, herbales, amaderados y picantes. [\[39\]](#) En 2016, los investigadores demostraron que varios productos de oxidación de sesquiterpeno se forman nuevamente al hervir y pueden influir en las notas especiadas /Lupuladas de una cerveza. Los aumentos en los sesquiterpenos oxigenados cuando se hierven en agua (no mosto) se atribuyeron al aumento de los niveles de derivados de α -humuleno y β -cariofileno. Algunos de estos compuestos recién formados se detectaron en algunas cervezas comerciales lagers. [\[40\]](#) En otras palabras, hay compuestos terrosos y leñosos que se encuentran en cervezas comerciales envasadas que no estaban presentes en los lúpulos hasta que se hervían. Por lo tanto, estos sesquiterpenos oxigenados recién formados no solo se crean durante la ebullición, sino que también tienen un poder de permanencia que se abre camino en el producto envasado.

Los mismos investigadores hicieron un estudio de seguimiento [\[41\]](#) poco después para examinar más a fondo cómo los aceites esenciales de lúpulo en ebullición pueden contribuir al aroma del lúpulo en la cerveza. Esta vez, la prueba se realizó hirviendo aceite esencial de Saaz,

Hallertau Tradition y Hallertau Perle en mosto (grupo experimental) y agua (grupo de control). Cuando el nivel de aceites de lúpulo utilizado era bajo, no encontraron mucho aumento en el aceite esencial de lúpulo y los hidrocarburos sesquiterpénicos y monoterpénicos. Sin embargo, se encontró un aumento "notable" al hervir con altas concentraciones de aceite de lúpulo para los compuestos picantes.

Los resultados anteriores sugieren que a medida que los aceites de lúpulo aumentan en la ebullición (más lúpulo) se pueden alcanzar mayores rendimientos de sesquiterpenos oxigenados, debido a la oxidación química de los hidrocarburos sesquiterpénicos. Los resultados fueron comparables cuando se realizaron pruebas tanto en agua como en mosto. Esto no es demasiado sorprendente: cuantos más compuestos de lúpulo pongas a hervir, mayor será el potencial para aumentar estos compuestos oxigenados recién formados. Hablando en términos prácticos, el experimento muestra que a medida que los cerveceros aumentan las adiciones de lúpulo de ebullición temprana, pueden experimentar un sabor a lúpulo más picante / terroso en la cerveza que puede parecerse más el Traditional kettle aroma*. Esencialmente, los compuestos frutales y florales del lúpulo disminuyen con tiempos de ebullición prolongados y el picante / terroso aumentan.

Llevando los resultados anteriores un paso más allá, los autores sugirieron que si desea niveles más altos de estos productos de oxidación que pueden conducir a un mayor potencial "hoppiness" (picante y terroso no afrutado), podría valer la pena seleccionar variedades de lúpulo para el hervor con altos niveles de α -humuleno y β -cariofileno. Si desea aumentar aún más los productos de oxidación, considere envejecer ligeramente estos lúpulos antes de prepararlos. El envejecimiento de los lúpulos aumentará estos productos oxidados, lo que puede conducir a una formación aún mayor durante la ebullición.

Kiyoshi Takoi, Ph.D. El investigador principal de Sapporo Breweries Ltd. me dijo que la formación de estos productos de oxidación de sesquiterpeno discutidos anteriormente es menos importante ya que se relaciona con los lúpulos nuevos de aroma (como Citra) donde los tioles volátiles y los alcoholes monoterpenos contribuyen más. Sin embargo, en cervezas elaboradas con lúpulo de aroma Traditional, el sabor de la oxidación de sesquiterpeno podría contribuir al sabor total de la cerveza. Es bueno saber si tener este sabor de lúpulo en la cerveza es bueno o malo depende del cervecero, pero entender por qué ciertos lúpulos y la sincronización del lúpulo pueden impartir el sabor a niveles más altos es un buen conocimiento. Takoi concluye que no solo el lupulado tardío, sino también adición en el hervido*, son importantes para el sabor total de la cerveza con lúpulo en el caso de los lúpulos de aroma Traditionales porque puede obtener los sabores especiados / terrosos, pero también las notas cítricas y florales Traditionales. puede impartir cuando se usa tarde como lo muestra la investigación a continuación. [\[42\]](#)

Hop Timing y Kettle Aroma

Entonces, ¿cómo puede el momento de usar estos lúpulos jugar un papel en el sabor del hervor? Un artículo de BrewingScience de 2015 experimentó elaborando lotes separados de cerveza usando Saaz para cada uno, pero con el momento de las adiciones al hervor alterado. La pregunta era ver cómo en la adición temprana de hervor, la adición temprana y tardío, el Lupulado tardío (quedando 10 minutos en ebullición) o el lúpulo solo con whirlpool afectaron el sabor general del lúpulo en las cervezas. Los investigadores encontraron que la mayoría de los compuestos florales se redujeron con el tiempo prolongado en ebullición, porque estos compuestos tienden a ser más volátiles. Los compuestos picantes mostraron niveles bajos al comenzar, pero un aumento significativo en los niveles durante la ebullición, especialmente después de 20 minutos (de acuerdo con la investigación descrita anteriormente).

Específicamente, el estudio encontró que los productos de oxidación de α -humuleno y β -cariofileno mostraron una recuperación superior al 100%, mostrando nuevamente que estos compuestos se formaron por la oxidación de sus hidrocarburos sesquiterpénicos durante la ebullición. Este aumento en los productos de oxidación no ocurrió cuando se agregaron lúpulos de Saaz solo durante la adición en whirlpool, lo que demuestra que para la creación de estos productos de oxidación picantes, es necesario hervir aproximadamente durante 20 minutos.

Aunque estos productos de oxidación recién formados pueden permanecer durante todo el proceso de elaboración de la cerveza, como lo han demostrado los

estudios anteriores, se pierden hasta cierto punto durante el whirlpool y los pasos posteriores como la fermentación, la preparación y la filtración. Sin embargo, todavía quedan suficientes de estos compuestos para que un panel de degustación detecte las características del sabor derivadas del lúpulo durante la degustación triangular. El panel mostró que la adición temprana de los lúpulos al inicio de la ebullición, quedaban 10 minutos en ebullición, y durante el whirlpool claramente resultaba en cervezas con diferentes sabores.

En general, el panel pareció disfrutar de la prueba Pilsner lupulado con Saaz tanto temprana como tardía, ya que mostró un perfil de lúpulo más complejo y redondeado de aromas picantes / herbales (de los primeros productos de lúpulo / oxidación), así como notas florales y cítricas de Lupulado tardío. Podría valer la pena experimentar con múltiples tiempos de lúpulo, incluso con adiciones nobles, si se desea un carácter de lúpulo más complejo. Esto se debe a que el momento diferente de las adiciones puede alterar la forma en que se encuentran en el paladar.

La cerveza que solo es lupulado con Saaz durante el whirlpool fue calificada con notas menos picantes / herbales y con una puntuación muy alta en un aroma resinoso de hierba / verde. Por otro lado, la cerveza que solo lupulada en ebullición tardía fue calificada como de carácter leñoso. La cerveza que apenas se lupulo con una adición temprana obtuvo un alto puntaje para el aroma a lúpulo picante / herbáceo, como era de esperar después de probar los productos de oxidación de sesquiterpeno creados durante la ebullición. [\[43\]](#)

Este libro trata sobre las IPA con frutos, entonces, ¿por qué es importante esta investigación sobre adición en el hervido*? Muchos cerveceros con los que hablé para el libro, incluyéndome a mí, todavía agregan una carga de amargor temprano de 15-30 IBU. Por lo general, no se piensa mucho en la variedad que se usa tan temprano en la ebullición (generalmente lo que es barato o disponible), pero la investigación en la ebullición muestra que la selección del lúpulo puede ser importante para los lúpulos amargos si no se desean estos sabores terrosos picantes.

Entonces, para aplicar la investigación en el sabor en adiciones en el hervido* a las cervezas lúpuladas, aquí hay algunos lúpulos que pueden evitarse para la amargura temprana porque son relativamente altos tanto en α -humuleno como en β -cariofileno. Si se usan en ebullición, estos lúpulos pueden aumentar el sabor del lúpulo a través de sesquiterpenos oxigenados recién formados. Si estas variedades están ligeramente envejecidas (por ejemplo, almacenadas en el refrigerador durante unos meses después de abrir la bolsa), podrían aumentar aún más el sabor de kettle hop.

Lúpulo que podría contribuir al kettle aroma* cuando se hierve:

- Hallertau Mittelfruh
- Pacific
- Vanguard
- Progress
- Northdown
- East Kent Golding
- Nelson Sauvin
- Kohatu
- Perle
- Helga
- Northern Brewer
- Tradition
- Liberty
- Hallertau
- Golding
- Whitcepasd Golding
- Dr. Rudi
- Fuggle
- Pacífic Jade

Por otro lado, aquí hay algunos lúpulos que son altos en alfa-ácidos pero relativamente bajos en α -humuleno y β -cariofileno. Considere estos lúpulos seguros para las adiciones iniciales de amargor cuando los sabores de frutas son el foco y no se desean sabores terrosos picantes.

Lúpulos altos en alfa con bajo potencial de kettle hop (lúpulos con percepcion herbal, amaderado, áspero al paladar) cuando se hierven:

- Waimea
- Loral
- Citra
- Mosaic
- Galaxy
- Bravo
- Galena
- Columbus

Lupulado tardío

Las adiciones de lúpulo de aroma se realizan muy tarde en la ebullición para preservar la mayor cantidad posible de compuestos de lúpulo deseados. El lupulado tardío (al final de la ebullición) generalmente se realiza con solo unos pocos minutos en ebullición, después de que se haya apagado la fuente de calor. Hay beneficios específicos para los adiciones tardías que se discuten más adelante en el libro, pero aquí cubro una investigación que muestra por qué el calor, incluso las temperaturas por debajo de la ebullición, pueden ser importantes para crear un carácter de lúpulo más complejo que confiar solo en el dry hopping.

La búsqueda del sabor a lúpulo intenso y vigoroso sin amargura es una que requiere una dosis saludable de lupulado tardío además de solo dry hop, lo que puede contribuir más al aroma. Un estudio ^[44] que analizó el sabor del Lupulado tardío con extracto de lúpulo de dióxido de carbono líquido de Styrian Goldings encontró que el calor de la adición de lúpulos tardío juega un papel importante en el desarrollo de compuestos de sabor del lúpulo en comparación con el dry hopping.

En las pruebas, una cerveza hecha con el extracto de lúpulo agregado a los 5 minutos restantes en ebullición se comparó con una cerveza que tenía el extracto agregado durante el dry hop. Como era de esperar, la cerveza con dry hop, donde se agregó el extracto al recipiente de acondicionamiento, obtuvo mejores resultados en componentes volátiles derivados del lúpulo que la cerveza de lupulado tardío. Sin embargo, la naturaleza química de los compuestos transferidos del extracto de lúpulo a la cerveza fue diferente con la cerveza de lupulado tardío

porque los compuestos que sobrevivieron al calor tendieron a ser más polares. Las cervezas con dry hop contienen más compuestos no polares como el monoterpeno y los hidrocarburos sesquiterpénicos, que tienden a ser picantes, herbales y resinosos. Estos compuestos generalmente se eliminan antes en los procesos, pero pueden retener en concentraciones más altas cuando se agregan después de la fermentación.

Tiene sentido que haya una mayor cantidad de hidrocarburos en las cervezas de dry hop porque son una de las clases más volátiles de compuestos de lúpulo. Cuando se introducen durante el dry hopping, tienen menos posibilidades de escapar. El mirceno, por ejemplo, se puede encontrar en alta concentración en cervezas de dry hop, pero se eliminará de las adiciones de lúpulo de ebullición temprana. Si no se desean sus características verdes y herbales en la cerveza con dry hop, el uso de lúpulo bajo en mirceno puede ayudar, además de tomar medidas para eliminar estos compuestos volátiles, permitiendo que permanezcan los más frutales; por ejemplo dry hopping durante la fermentación activa. Un lúpulo como Citra, con alto contenido de alcoholes monoterpenos afrutados, puede aparecer verde o cebolla cuando se usa en grandes cantidades en un dry hop posterior a la fermentación porque también es uno de los más ricos en mirceno.

Las pruebas sensoriales para cervezas en el estudio anterior mostraron que las cervezas de Lupulado tardío obtuvo un puntaje más alto en sabores afrutados y cítricos que las cervezas que solo tenían dry hop. La razón de esto podría deberse a que se encontraron varios terpenos que contienen oxígeno y alcoholes secundarios en las cervezas de lupulado tardío las cuales no se encontraron en las cervezas de dry hop solo porque el Lupulado tardío

permite que los aceites de lúpulo oxigenados sean biotransformados por la levadura en ésteres, acetatos y alcoholes.

Al igual que con los estudios sobre la ebullición, estos resultados sugieren que a través de la ebullición, incluso en muy poco tiempo, los compuestos del lúpulo se transforman en una gama de sustancias oxigenadas que pueden alterar la composición del aceite del lúpulo e impactar el sabor y aroma final del lúpulo.

Fracción de oxígeno del lúpulo

Si la fracción de oxígeno del lúpulo (alcoholes monoterpenos como el geraniol y el linalool) es donde estamos obteniendo un poco de sabor a lúpulo en adiciones tardías de lúpulo (en parte debido a la polaridad), deberíamos prestar más atención a la fracción de oxígeno total de un lúpulo (donde estos compuestos residen) y establecer nuestras dosis en consecuencia?

Un estudio hizo precisamente esto al elegir las tasas de dosificación de Lupulado tardío determinadas por la fracción de oxígeno total de la variedad de lúpulo, así como la cantidad total de aceite. Las pruebas sensoriales revelaron que cuando una cerveza se dosifica en función de la fracción de oxígeno de una variedad de lúpulo, resulta en la diferencia más baja (más predecible) en el aroma percibido del lúpulo en todas las cervezas de prueba en comparación con la dosis basada en la cantidad establecida o en el total del lúpulo aceite. En otras palabras, la fracción de oxígeno de una variedad de lúpulo puede ser un buen indicador de su intensidad de aroma prevista (fracción de oxígeno baja = menos intensidad, fracción de oxígeno alta = más intensidad). [\[45\]](#) Por lo tanto, si un lúpulo tiene un alto contenido de compuestos como geraniol y linalool (parte de la fracción de oxígeno), es más probable que tengan un mayor impacto en la intensidad del lúpulo y podrían usarse en cantidades más bajas.

La idea de agregar menos lúpulo es una idea financieramente sólida (más aún para las cervecerías comerciales), pero también es relevante cuando se trata de evitar los sabores y sabores negativos que pueden surgir con las cervezas excesivas. Cubierto en mayor medida en

el Capítulo 7, un dry hopping importante puede otorgar más compuestos amargos, polifenoles e hidrocarburos resinosos (como el mirceno), que pueden parecer verdes y ásperos en el paladar. La formulación estratégica de dosis de dry hop basadas en la fracción de oxígeno del lúpulo utilizando indicadores como el linalol o el geraniol puede ser una forma efectiva de lograr un buen equilibrio de sabor con características menos duras. Por ejemplo, Citra tiene una fracción de oxígeno relativamente alta y podría usarse en concentraciones más bajas y aún tener un gran impacto en el sabor y el aroma (cantidades más bajas podrían ayudar a reducir el sabor del mirceno verde descrito anteriormente cuando Citra se usa mucho en el dry hop).

En otro artículo de Schull, Forster y Gahr, este concepto de dosificación de adiciones de fracción de oxígeno se puso a prueba. Aquí, se probaron cinco variedades diferentes de lúpulo en cervezas de prueba en un sistema de 2 hl. El lupulado se realizó al final de la ebullición del mosto en función del contenido total de aceite de lúpulo en la adición en whirpool.

El autor descubrió que la solubilidad (capacidad de los compuestos del lúpulo para entrar en la cerveza) es un factor decisivo para clasificar la eficiencia de los compuestos aromáticos. Los sesquiterpenos no polares son poco solubles (generalmente se describen como sabores especiados, herbales, resinosos y amaderados extremadamente volátiles). De hecho, cuando estos compuestos se dosificaron en la adición en whirpool, no se acercaron al promedio de valores sensoriales. Por otro lado, es probable que los compuestos más solubles dentro de la fracción de oxígeno del lúpulo sobrevivan a los procesos de elaboración y tengan un impacto en el aroma y sabor final. Por lo tanto, el linalol (un alcohol

monoterpeno de cítricos) a menudo se mide para determinar el sabor general del lúpulo.

Para poner un punto adicional sobre esto, el documento señaló que aunque el mirceno (compuesto no polar) es 100 veces más abundante en el lúpulo que el linalol, su valor perceptible es 15 veces mayor debido a una tasa de transferencia general extremadamente baja de menos del 1%. Se descubrió que el linalol tiene una tasa de transferencia del 33% y, por lo tanto, es un compuesto con más sabor activo. La tasa de transferencia es la cantidad de dosificación de compuestos que está presente en la cerveza final después de la ebullición, fermentación, etc. Tenga en cuenta que el dry hopping (especialmente después de la fermentación) impartirá más compuestos no polares. Nuevamente, el mirceno desempeñará un papel de sabor en las cervezas con dry hop tardío porque hay menos variables para despojar el compuesto (levadura, CO₂, trub, etc.), lo que resulta en una concentración muy por encima del promedio con altas tasas de lúpulo.

Las pruebas sensoriales de este experimento revelaron que cuando las cervezas se lupulaban tardíamente según el contenido total de aceite, la intensidad del lúpulo de las diferentes cervezas era comparable. Esto es interesante porque una cerveza que recibió solo 353 g / hl de pellets en la adición en whirpool tenía una intensidad de lúpulo similar a la de una cerveza que se dosificó a 1,000 g / hl en la adición en whirpool. Se percibió que la cerveza dosificada a una tasa mucho más alta tenía más cuerpo, probablemente porque el contenido de polifenoles era mucho mayor debido a la materia adicional de lúpulo verde utilizada. ^[46] Por lo tanto, un lúpulo con una gran cantidad total de aceite se puede usar en cantidades más bajas en comparación con un lúpulo con una mayor cantidad total de aceite. La incorporación de aceite total y

el porcentaje de compuestos oxigenados podría ser una forma valiosa de experimentar con cantidades de dosis de lúpulo.

Una nota al margen interesante en el documento anterior es que en los sistemas de cervecería piloto más pequeños, las tasas de lupulado tardío en el mosto caliente pueden necesitar un aumento debido a que la eficiencia de evaporación es mayor en los sistemas industriales (los cerveceros caseros pueden necesitar aumentar las adiciones tardías si se copia un receta comercial por ejemplo).

Me puse en contacto con Yakima Chief Hops (YCH) para ver si podían proporcionar una lista de lúpulos que tienden a tener, en promedio, una fracción alta de oxígeno, lo que sería útil para poner en práctica la información. Aunque no respondieron con una lista de lúpulo, me informaron que los compuestos de aceite de lúpulo oxigenados generalmente están en niveles muy bajos en el momento de la cosecha y pueden aumentar a medida que el lúpulo envejece. Este concepto de los compuestos oxigenados que aumentan con la edad se trata con más detalle en el Capítulo 3.

Utilizando los datos obtenidos de YCH en más de 50 variedades de lúpulo, se me ocurrió una breve lista de lúpulos que se pueden usar para el lupulado tardío en caliente usando cantidades más bajas y aún impactan el sabor. El éxito se basa en el aceite total de un lúpulo y los promedios de linalol y geraniol. La razón por la que miro el aceite total es porque si el lúpulo tiene más aceite total que otra variedad, incluso si el porcentaje de oxígeno del aceite es menor, podría representar una mayor cantidad como porcentaje del peso total del lúpulo. Nuevamente, usamos la fracción oxigenada del lúpulo porque es más soluble y más probable que permanezca durante el

proceso de elaboración.

Aquí hay lúpulos con alto potencial de sabor en adiciones tardías debido a un alto porcentaje de aceite total y compuestos oxigenados por encima del promedio. Si el objetivo es obtener la mayor cantidad posible de sabor a lúpulo afrutado en caliente, estas podrían ser buenas opciones eficientes para experimentar.

- Bravo
- Brewers Gold
- Centennial
- Citra®
- CTZ
- Ekuanot™
- Mosaic™
- Olympic
- Simcoe®

También es útil mirar los lúpulos en el otro extremo del espectro, cuyos compuestos requerirían mayor uso de lúpulo en la etapa de lupulado tardío considerando los compuestos totales que contienen aceite y oxígeno. Aquí hay lúpulos que tienen un bajo potencial de sabor en adiciones tardías que requieren mayor cantidades de dosificación:

- Ahtanum™
- Cascade
- Cashmere
- Chelan
- Cluster
- Fuggle
- Glacier
- Golding
- Hallertau
- Magnum
- Meridian

- Northern Brewer
- Palisade®
- Perle
- Saaz
- Summit™
- Tettnang
- Vanguard
- Willamette
- Yakima Gold

LIBRERO HOP

Eficiencia de extracción

Un estudio que analizó la eficiencia de extracción examinó 15 cervezas single hop (adición utilizando el mismo lúpulo), todas con diferentes variedades y probó 59 diferentes compuestos de lúpulo durante todo el proceso de elaboración. Ellos, como otros, descubrieron que los compuestos oxigenados y específicamente los alcoholes monoterpenos son importantes para el sabor y aroma del lúpulo. Aunque estos compuestos se redujeron durante varios pasos del proceso, como la fermentación (absorción de células de levadura o metabolización), descubrieron que tanto las adiciones en whirlpool como el dry hopping contribuyeron significativamente a las concentraciones finales en la cerveza.

De las 15 variedades diferentes de lúpulo probadas, las que impartieron la mayor cantidad de alcoholes monoterpenos fueron (en orden de mayor): Nugget, Columbus, Cascade, Centennial y Sorachi Ace.

Las adiciones con contribuciones más bajas durante el lupulado tardío fueron Palisade, Simcoe y Challenger. Lo que me llamó la atención en este estudio fue que cada lúpulo parecía tener una tasa de utilización diferente de estos compuestos esenciales. En otras palabras, a pesar de la concentración inicial de compuestos en el lúpulo, su capacidad para liberalo varió en el mosto en las 15 variedades.

Usando linalool como ejemplo, las tasas de transferencia promedio entre las 15 variedades de lúpulo durante el lupulado tardío fue de 19.1%. Entonces, en promedio, aproximadamente el 19% del potencial linalol en el lúpulo se transfirió al mosto durante el lupulado tardío.

Sin embargo, lo que resulta interesante es que, para Columbus, la tasa de transferencia de linalol fue del 49,2%, más del doble del promedio y, por mucho, el lúpulo más eficiente probado. Simcoe, por otro lado, fue uno de los más bajos, con una transferencia de linalol de 4,53% durante el lupulado tardío. ^[47]

Dependiendo del objetivo deseado, la literatura demuestra que no solo es el proceso de lupulado (como el tiempo o las adiciones de lúpulo) lo que es importante para el sabor y aroma general del lúpulo, sino también la variedad que se usa y cuándo. Columbus, por ejemplo, parece ser un gran lúpulo para utilizar en la adición en whirpool para impulsar los alcoholes de monoterpeno deseables en el recipiente de fermentación (especialmente teniendo en cuenta sus concentraciones de tiol, discutidas más adelante). Nugget es otro lúpulo en whirpool excelente y asequible, y probablemente infroutilizado por su capacidad de impartir altos niveles de linalol al mosto. Aunque existen cientos de compuestos de lúpulo, hasta la fecha, el linalol es uno de los marcadores más conocidos para medir el potencial de lúpulo.

Aunque Simcoe está en la lista de compuestos con alto contenido de aceite total y compuestos oxigenados por encima del promedio, demostró baja capacidad para transferir estos compuestos oxigenados en el mosto durante el lupulado tardío demostrando lo complicado que puede ser la ciencia de la adición de lúpulos! Como aprenderemos en el Capítulo 11 con respecto a los tioles de lúpulo, esta es un área donde Simcoe brilla. Curiosamente, en lo que respecta al dry hopping, Simcoe tuvo una alta tasa de extracción, donde el 82.7% de linalool se transfirió a la cerveza. Se está haciendo evidente que se pueden obtener beneficios eligiendo cuidadosamente variedades específicas y usándolas en

puntos específicos en los procesos de elaboración de la cerveza.

Aunque sería útil enumerar las tasas de extracción de todos los adiciones, los datos aún no existen para eso. Solo podemos alentar más pruebas, pero es un área para observar a medida que progresá la ciencia de la adición de lúpulos, y los cerveceros intentan aprovechar al máximo su selección de lúpulo y las tasas de uso.

Volatilización de compuestos del lúpulo

Se ha comprobado que tanto el mirceno (hidrocarburo) como el linalol (alcohol monoterpeno que contiene oxígeno) tienen un impacto en el sabor y el aroma de la cerveza si están en la cerveza final por encima del promedio, pero la ciencia también muestra claramente que estos compuestos disminuyen significativamente durante una ebullición típica. Esto sugiere que si se desean estos compuestos en el mosto enfriado, son necesarias las adiciones en whirpool o dry hopping para evitar la mayores pérdidas. Los niveles de mirceno, por ejemplo, se medio una reducción de más del 50% en solo 10 minutos de ebullición y se eliminaron por completo durante una ebullición de 60 minutos. Se detectó que el linalool se eliminaba aproximadamente a la misma velocidad, incluso comenzando a niveles más altos que el mirceno.

Esta extracción rápida con calor es información importante cuando se consideran métodos para tratar de maximizar la retención de aceite del lúpulo. Si las pérdidas son tan altas como el 80% para el linalool en solo cinco minutos de ebullición, entonces especulo que la extracción de linalool está alcanzando un pico extremadamente rápido. ^[48] Experimentar con un enfriamiento rápido después de agregar lúpulos en whirpool podría ser una forma de intentar maximizar estos compuestos que ingresan al fermentador debido a la extracción rápida. Esto también podría ser un argumento a favor del uso de un hop back (técnica de adición de lúpulo) en el camino hacia el enfriador de placas.

Otros compuestos de lúpulo comúnmente probados como el β -eudesmol, el humuleno, el epóxido de humuleno I, el β -farneseno, el cariofileno y el geraniol tienen puntos de ebullición más altos y, por lo tanto, un

poco más de resistencia en el mosto hirviendo. Durante una ebullición de 60 minutos, todos estos terpenoides disminuyeron gradualmente, pero todavía están presentes en cantidades variables al final. Nuevamente, cuanto más corto sea el tiempo de ebullición del lúpulo, mayor será la retención de estos compuestos.

Los resultados anteriores provienen de un estudio en el que las cervezas se elaboraron con Saaz, Tettnang y Hersbrucker, con un 67% del lúpulo total utilizado para cada lote agregado al comienzo del hervor y el 33% restante agregado 15 minutos antes del final de la cocción. Los lúpulos se agregaron en función del contenido de alfa-ácidos, que supongo fue para asegurar las mismas IBU en la cerveza. Aunque no dice cuál fue el nivel total de IBU o la cantidad de adiciones utilizadas, es interesante que todos los terpenoides medidos estuvieran por debajo de los valores promedios.

Entonces, a pesar de que algunos de estos compuestos deseables estaban en la cerveza después de la adición de 15 minutos, sus concentraciones estaban por debajo de sus promedios de sabor. Esto sugiere que necesitaría una gran adición durante el hervor, lo más tarde posible para alcanzar concentraciones por encima del promedio.

No es sorprendente ver que los compuestos se eliminan del mosto rápidamente durante el hervor, que es algo que muchos cerveceros ya entienden, pero es interesante observar la extracción rápida de los compuestos cuando se agregan lúpulos a la olla de hervor. En la prueba anterior, se tomaron pequeñas muestras a lo largo de

de la ebullición y podemos ver en los resultados que los compuestos del lúpulo alcanzan su punto máximo casi inmediatamente cuando se agregan al mosto hirviendo y luego comienzan su declive.

Hop Timing

Un artículo de 2017 publicado por el Journal of the American Society of Brewing Chemists sobre el cronometraje de la adición de lúpulos promueve la ciencia sobre la importancia de la adición de lúpulos tardío (al final de la ebullición). Aquí, las cervezas se hicieron con Simcoe a los 60 minutos restantes en la ebullición, en whirpool de 20 minutos (justo después de la ebullición, no se enfrió), o solo se agregó un dry hop (durante 48 horas). En términos de concentraciones medidas de volátiles derivados de lúpulo en la cerveza terminada, hubo un claro ganador con la cerveza en whirpool, que se midió más alto para linalol (afrutado florido), α -terpineol (lila), geraniol (rosa) y β -citronelol (limón, lima).

Curiosamente, la muestra de dry hop tenía los niveles más bajos de β -citronelol, lo que sugiere que agregar lúpulos secos a la cerveza hacia el final de la fermentación probablemente no dará como resultado la biotransformación de geraniol a β -citronelol (más sobre esto en el Capítulo 10). Para favorecer el proceso de biotransformación, las adiciones en whirpool son mejores, ya que este documento encontró que los niveles finales de este compuesto similar a limón y lima era nueve veces mayor que la cerveza con dry hop y aproximadamente 2.5 veces mayor que la cerveza lupulada en hervor.

Por lo tanto, para resumir el aspecto de biotransformación, se deben agregar lúpulos en whirpool para maximizar la biotransformación de geraniol a β -citronelol, el dry hopping en la fermentación no fue tan efectivo en la transformación. Las pruebas adicionales de dry hopping en el día de preparación serían un interesante

seguimiento de este documento.

Manteniéndose con el mismo papel, pero cambiando a resultados sensoriales, los panelistas pudieron detectar una diferencia entre las cervezas de control y las cervezas lupuladoas. Sin embargo, lo que me sorprendió fue que la cerveza lupulada en whirpool con Simcoe produjo una cerveza más aromática que la cerveza con dry hop con Simcoe. En otras palabras, ningún lupulado del mosto caliente resultó en una cerveza menos aromática que una donde se produjeron adiciones de lúpulos en whirpool y no hubo dry hopping.

En términos de los descriptores utilizados en el estudio por el panel de degustación para los diferentes tiempos de lupulado, descubrieron que las cervezas con adición de Simcoe en el hervido eran herbáceas y vegetales. La cerveza en whirpool solo tenía descriptores de pino, resinoso, cítrico, fruta de caroso y tropical. La cerveza con dry hop solo obtuvo una puntuación más alta en fruta de caroso y floral. Los resultados hacen un fuerte argumento para el lupulado en whirpool para aumentar los sabores de lúpulo en las IPA. [\[49\]](#)

Me intrigaba que los resultados dieran que las adiciones en hervor produjeran una cerveza menos aromática, así que decidí probar mi propio experimento para probar el concepto. Elaboré cinco galones de Hazy IPA que se lupuló con un total de 10 onzas de lúpulo (Citra

y Amarillo) comenzando con 2 onzas agregadas al fermentador antes de agregar el mosto en el día de preparación. Sorprendentemente, a pesar de una gran carga de dry hop, el aroma de la cerveza era mediocre, lo que se alinearía con los resultados del estudio discutido anteriormente con Simcoe.

En este caso, cuando no agregué ningún lúpulo al hervidor (lúpulo de amargor o en whirlpool), los aromas de la cerveza sufrieron dramáticamente.

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

Temperatura en whirlpool

Ahora que está quedando claro que los cerveceros pueden mantener compuestos del lúpulo más volátiles en el mosto a través de la adición de lúpulos tardíos ¿cómo afectan el cambio de temperatura en el whirlpool o el efecto precipitado en la extracción de aceites de lúpulo alteran la experiencia sensorial? Los cerveceros a menudo experimentan con la reducción de la temperatura del mosto antes de agregar las adiciones de lúpulo en whirlpool con la esperanza de aumentar los aceites que ingresan al fermentador evitando las pérdidas por evaporación, pero ¿importa esto?

Siempre se debatió qué temperatura es la mejor para maximizar las adiciones en whirlpool, pero esto se puso a prueba y los hallazgos se presentaron durante el Congreso Mundial de la Cerveza de 2012. Takako Inui, Especialista en el Departamento de Desarrollo de Cerveza en Suntory Beer Ltd., Japón, demostró que el lupulado tardío a 185°F (85°C) retiene un poco más de linalool medido en comparación con el calentador de lupulado tardío a 203°F (95°C) o más frío a 167°F (75°C) Los rangos de temperatura utilizados en el estudio son similares a los que experimentan los cerveceros cuando prueban diferentes temperaturas en whirlpool.

En términos de diferencias sensoriales entre las diferentes temperaturas, las cervezas con adiciones tardías a 203°F (95°C) obtuvieron el puntaje más alto en descriptores cítricos, picantes y de ésteres. La temperatura del lupulado tardío de 185°F (85°C) obtuvo una puntuación más alta para los descriptores florales y herbales. El 167°F (75°C) obtuvo el puntaje más bajo en casi todas las categorías, excepto por la característica

amaderado, leñoso (woody). [\[50\]](#)

Aunque algunos argumentarían que el lúpulo es más complicado que probar un solo compuesto como el linalol (estoy de acuerdo), tiene sentido concentrar la investigación. Una forma de poner en práctica los resultados es considerar la adición de capas en whirpool como el lúpulo doble en seco de una cerveza. Agregar lúpulo al apagar el fuego y nuevamente una vez que el mosto se haya enfriado a alrededor de 185°F (85°C) podría ser una buena manera de crear un perfil de sabor de lúpulo en caliente más complejo.

En la escala comercial, donde el enfriamiento puede llevar mucho tiempo, hay un par de métodos para enfriar el mosto antes de agregar adiciones en whirpool. La primera es la dilución de agua fría, aquí puede retener el agua de la receta a propósito y agregarla nuevamente fría y filtrarla directamente al hervidor después de hervir. Para un lote de 10 BBL, aproximadamente 0.5-1.0 BBL de agua fría es suficiente para bajar la temperatura antes de hacer whirpools y agregar lúpulos, pero no dramáticamente. La recirculación a través de un intercambiador de calor y de vuelta a la olla de hervor después de la ebullición es otra forma de reducir la temperatura de adición en el hervido* antes de la adición de la adición en whirpool. Si se usa este método, es mejor evitar agregar lúpulos en whirpool hasta que alcance la temperatura deseada, para no obstruir el intercambiador de calor.

LIBRERO HOP

Duraciones en whirpool

Si diferentes temperaturas de adición en whirpool pueden afectar la retención de aceite y, en última instancia, el sabor y el aroma de la cerveza, ¿Qué impacto podrían tener las duraciones de la adición en whirpool?

Un estudio realizado en coordinación con 35 diferentes cervecerías Rock Bottom, una cadena de restaurantes con ubicaciones en todo EE. UU., Analizó la duración de los lúpulos en whirpool y cómo impactó el sabor del lúpulo. Todas las cervecerías elaboraron la misma IPA estadounidense con la misma receta (sin embargo, la cepa de levadura variaba), pero con horarios de lupulado ligeramente diferentes.

Las variaciones de cervecería a cervecería consistieron en tres cepas de levadura diferentes (Wyeast 1272, Wyeast 1056 y Wyeast 1728). La química del agua de las cervezas también fue diferente debido a las diferentes ubicaciones, pero se realizaron tratamientos adecuados para el pH del mosto y del mosto para cada lote. Todas las fábricas de Rock Bottom Brewery recibieron instrucciones de amargar la IPA con una pequeña adición de amarillo y nugget, pero los tratamientos finales de lúpulo variaron de la siguiente manera:

Corto: Una libra de Amarillo por barril al final de la ebullición durante 50 minutos de residencia posterior a la ebullición (la residencia posterior a la ebullición aquí significa el tiempo desde el final de la ebullición hasta retiro de la olla de hervor).

Largo: Una libra de Amarillo por barril al final de la ebullición durante 80 minutos después de la ebullición.

El análisis sensorial de las cervezas mostró que la residencia más larga después de la ebullición fue estadísticamente significativa para aumentar el sabor y aroma del lúpulo. Específicamente, el aumento en 50 minutos a 80 minutos aumentó el sabor y aroma aproximadamente 9 - 16.5%. [\[51\]](#) Según este estudio, cuando se usa Amarillo, el mayor tiempo de contacto posterior a la ebullición podría dar como resultado más sabor a lúpulo en la cerveza terminada. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el estudio no midió los compuestos del lúpulo para ver si el aumento de los tiempos posteriores a la ebullición también condujo a un aumento en las concentraciones reales. Más bien, los resultados se obtuvieron solo de datos sensoriales.

Tengo curiosidad por saber si las variaciones entre las diferentes cervecerías de Rock Bottom pueden haber impactado un poco los resultados en este estudio. Las diferencias en los procesos, los perfiles de agua y la selección de levadura podrían afectar los resultados. Por ejemplo, en el Capítulo 10 aprendemos que la selección de levadura sola puede afectar el sabor del lúpulo y se descubrió que los perfiles de agua del Capítulo 4 también tienen un impacto.

Mirar más de cerca cómo reaccionan los compuestos de lúpulo durante una adición en whirpool puede ayudar a brindar orientación al determinar la duración adecuada de la adición en whirpool. En 2015 “BrewingScience” adicionando un hidrocarburo de sesquiterpeno a intervalos de cinco minutos durante el whirpool, con lúpulo Saaz. Para los compuestos probados (como mirceno, limoneno, b-pineno, β -farneseno, α -humuleno, b-y cariofileno) hubo un pico inmediato después de que se introdujo la carga del whirpool en el mosto, pero disminuyó lentamente durante

el minuto 15 del whirpool, como se ve en las áreas de pico a través del análisis HIS-SPME-GC-MS. [\[52\]](#)

Aunque el documento de BrewingScience no probó los compuestos que contienen oxígeno más frutales (como el linalol y el geraniol) para ver cómo se alteran con los tiempos en whirpool, es interesante ver qué tan rápido pueden disminuir los compuestos con la duración de la longitud del whirpool. Aunque no estoy sugiriendo que todos deberían hacer adiciones rápidos en whirpool porque otras fuentes han encontrado resultados de residencia más largos con más sabor, tal vez agregar lúpulo en etapas durante el whirpool podría ser una forma de obtener un conjunto más diverso de compuestos en el fermentador.

Si se experimenta un enfriamiento rápido después de agregar el lúpulo en whirpool, puede ser beneficioso porque permite una mayor carga de lúpulo sin generar tanta amargura. Aquí, una adición masiva de lúpulo podría introducir compuestos de lúpulo más deseables en la cerveza, pero el enfriamiento rápido reduciría la posibilidad de que los alfa-ácidos se isomericen (favoreciendo el sabor del lúpulo sobre el amargor del lúpulo).

La pregunta entonces es ¿cuánta isomerización está teniendo lugar durante el whirpool? Un artículo descubrió que la conversión iso aún se realiza a temperaturas tan bajas como 90°F (32°C), pero requiere mucho más tiempo de contacto.

Específicamente, tomó aproximadamente 207 minutos para una producción iso del 60%. [\[53\]](#) Entonces, a temperaturas más cálidas, está ocurriendo mucha más isomerización y más rápido. Debo señalar que esta prueba se realizó en una solución modelo (no en mosto), lo que

significa que no se consideraron las pérdidas de ácidos amargos a factores como trub y lúpulo decantado. Por lo tanto, a temperaturas inferiores a la ebullición, todavía se obtiene la isomerización de los ácidos del lúpulo, por lo que si se reduce el tiempo durante este período junto con un aumento en el lúpulo, podría obtener más sabor a lúpulo sin que domine el amargor.

Otro aspecto a considerar con un tiempo en whirlpool más largo es la cantidad de evaporación que aún se produce y el tamaño del lote. Por ejemplo, durante una ebullición típica, la mayoría de los cerveceros caseros experimentan una tasa de evaporación de alrededor del 10-12% con un diseño de olla abierta (durante toda la ebullición). Los cerveceros profesionales con configuraciones más grandes tienen una tasa de evaporación mucho más baja. Por ejemplo, un cerveceros comercial me dijo que obtienen una tasa tan baja como 2-3%. Teniendo en cuenta que las primeras investigaciones sugirieron que los tiempos de extracción del lúpulo son rápidos y pueden disminuir casi de inmediato, una tasa de evaporación más alta, incluso solo durante las temperaturas posteriores a la ebullición, en teoría podría provocar pérdidas de compuestos del lúpulo más altas para los cerveceros caseros que los cerveceros profesionales. En otras palabras, se pueden requerir más lúpulos en whirlpool para que un lote de cerveza casera logre el mismo resultado que un sistema comercial cuando se consideran las tasas de evaporación.

DMS, lúpulo y duraciones en whirlpool

Otro factor a considerar al decidir la duración de los whirlpools es el potencial de sulfuro de dimetilo (DMS). El DMS es un compuesto de azufre que se considera un sabor desagradable en la cerveza cuando se encuentra en altas concentraciones y se introduce a partir de la descomposición térmica (calentamiento del mosto) de

S-metilmetionina (SMM) producida en el embrión de la cebada durante la germinación. ^[54] SMM llega al mosto porque se disuelve fácilmente de la malta a todas las temperaturas de maceración. Durante la fermentación, la levadura también puede reducir otro precursor llamado dimetilsulfóxido (DMSO), que puede convertirse en DMS en la cerveza terminada. Esta reacción es creada por una enzima de levadura llamada DMSO reductasa. ^[55] El alcance de esta conversión de DMSO depende de la cepa de levadura empleada. ^[56] DMS también puede surgir de un mosto infectado con organismos de descomposición, como la levadura salvaje. ^[57]

La mayoría de los cerveceros probablemente no piensan que su cerveza (especialmente las cervezas) contienen niveles detectables de DMS, sin embargo, un estudio de 13 cervezas disponibles en el mercado fue probado con resultados sorprendentes. Siete cervezas nacionales, dos cervezas nacionales, dos cervezas importadas y dos cervezas no alcohólicas se encontraban entre las cervezas probadas y encontraron que el DMS estaba presente por encima de los promedios de sabor (30-60 $\mu\text{g/L}$) ^[58] en todas menos una de las cervezas.

Los autores encontraron que los niveles de DMS en las cervezas eran comparables con las cervezas. ^[59]

El promedio de sabor para DMS es relativamente bajo a 30 $\mu\text{g} / \text{L}$, por lo que no se necesita mucho para contribuir al sabor de una cerveza. [\[60\]](#)

Entonces, ¿por qué la longitud del whirlpool tiene algo que ver con el DMS? Durante las etapas calientes, cualquier SMM restante en el mosto que no se evaporó durante la ebullición continuará hidrolizándose y se formará más DMS. Un estudio extendió una espera del mosto caliente por una hora y encontró mayores concentraciones de DMS de un promedio de 49 $\mu\text{g}/\text{L}$ a 104 $\mu\text{g}/\text{L}$. [\[61\]](#) Esto significa que si se combina un breve tiempo de ebullición con un lupulado extendido, se podría formar más DMS en la cerveza final. O, en el ámbito comercial, si se realiza un whirlpool largo en un recipiente bien aislado o si se producen largos tiempos de transferencia a altas temperaturas, esto podría conducir a la continua descomposición de SMM que sobrevivió a la ebullición. Teniendo en cuenta que las tasas de evaporación son más altas para los cerveceros caseros que para los profesionales, esto parece un mayor riesgo comercial.

El DMS también se puede introducir en la cerveza a través del lúpulo. Durante las adiciones tardías y whirlpools, se probaron tres sulfuros de lúpulo para alcanzar el pico, incluido el DMS, que luego es detectable en el mosto. Parte de este DMS se reducirá durante la fermentación a través de CO₂, pero algunos podrían sobrevivir y permanecer en la cerveza hasta el envasado. [\[62\]](#)

Se cree que las cervezas altamente lupuladas ayudan a enmascarar sabores como DMS, lo cual es cierto en parte, pero con un toque diferente. Por ejemplo, un estudio encontró que los niveles moderados de linalool del lúpulo aumentaron el promedio de sabor del DMS, por lo que es

más difícil de detectar. Aunque, a concentraciones más altas, el linalol disminuyó el promedio de DMS haciéndolo más detectable. Los resultados sugieren que las altas tasas de lúpulo pueden aumentar la percepción de DMS debido a los efectos sinérgicos.

[\[63\]](#) Garantizar las buenas prácticas para mantener los niveles de DMS por debajo del promedio podría ser aún más importante en una IPA muy esperada.

¡Puedo dar fe de que los altos niveles de lúpulo y los altos niveles de DMS no resultan en una buena cerveza! A propósito, preparé una Hazy IPA con DMS para un artículo en mi blog para probar la investigación. Para tratar de estimular el DMS en la cerveza con fines experimentales, calenté el mosto a 212 °F (100°C)

e inmediatamente corté el fuego. Procedí a extraer cualquier espuma que se creó cuando el mosto se calentó para desalentar la evaporación del DMS. [\[64\]](#) Debido a que la cerveza no llegó a hervir, la creación de espuma fue considerablemente menor de lo normal. En lugar de enfriar el lote en este punto, opté por hacer una adicción de lúpulo de 60 minutos, lo que le dio al SMM restante que no había hervido mucho tiempo para hidrolizarse en DMS.

Probé este IPA en la Universidad Estatal de Oregón para determinar los niveles de DMS y lo logré (si quieras llamarlo así). La prueba mostró un total de 177,2 µg/L de DMS. Para poner los resultados en contexto, las cervezas generalmente tendrán menos de 30 µg/L y concentraciones superiores a 100 µg /L, los sabores DMS se harán evidentes.

¿Cómo olía y sabía la cerveza? Al primer vertido tenía mucho de lo que describiría con cautela como aroma a lúpulo, pero con una dosis saludable de más de 6 onzas de Citra, Galaxy y Amarillo en dos grandes adiciones de dry

hop, el aroma no fue el esperado. El aroma del lúpulo fue difícil de describir porque estaba muy alterado por el DMS. Me decidí a llamarlo un olor a fruta podrida demasiado madura y limítrofe, que suena tan bien como sabía. Para mí, el aroma DMS me recordó a la sopa de tomate y el chucrut, ambos excelentes, ¡pero no en una cerveza lupulada!

La oxidación del whirlpool y el tiol de cebolla verde

Al tomar muestras de cervezas lupuladas a lo largo de los años, a menudo puedo detectar un aroma a cebolla verde en cervezas turbias y lupuladas. Siempre he asumido que este sabor resultó en el envejecimiento de los compuestos del lúpulo con el tiempo, aunque esto puede jugar un papel pequeño, parece que el aroma podría provenir del oxígeno durante el lupulado tardío en caliente.

Aunque un puñado de tioles puede aportar aromas y sabores frutales agradables a la cerveza, otros tioles pueden impartir características negativas (más sobre los tioles de lúpulo en el Capítulo 11). Uno de estos tioles 2-mercapto-3-metil-1-butanol (2M3MB) que se describe que tiene un sabor desagradable similar a la cebolla. Un estudio que examinó el tiol descubrió que después de que se completara la fermentación, el sabor desagradable podría eliminarse agregando sulfato de cobre a la cerveza. El cobre puede absorber los tioles, lo que ayuda a mostrar que el sabor a cebolla verde probablemente provenía del tiol de 2M3MB. [\[65\]](#)

Un estudio de 2017 realizado por Asahi Breweries Ltd. descubrió la causa probable del tiol de “cebolla verde” y por qué ocurre específicamente en las cervezas lupuladas. Los autores buscaron compuestos que pudieran ser responsables del sabor y luego experimentaron con variables de proceso que podrían desempeñar un papel en su producción. Determinaron que 2M3MB era el compuesto responsable más probable basado en los límites de promedio (también se consideró 3M3MB). Se encontró que el límite de promedio para 2M3MB era muy

bajo a solo 0.13 µg /L, por lo que los tioles son tan importantes en el desarrollo del sabor en la cerveza ya que su impacto sensorial puede ser grande incluso en pequeñas concentraciones.

Después de determinar el tiol probable que causa el sabor a cebolla, pasaron a probar si la aireación caliente del mosto tuvo un impacto en las concentraciones de 2M3MB. Airaron el mosto durante cinco minutos a cuatro temperaturas diferentes (68°F (20°C), 122°F (50°C), 158°F (70°C) y 194°F (90°C)) y encontraron que la cantidad de 2M3MB presente después de la fermentación dependía de la temperatura de aireación del mosto. En otras palabras, cuanto más caliente el mosto recibe aireación, más 2M3MB producen. Por ejemplo, para la muestra que recibió aireación a 194°F (90°C), se crearon aproximadamente 1.0 ng/ ml de 2M3MB, muy por encima del promedio bajo de 0.13 ng/ ml. Aún más alarmante, sin embargo, 2M3MB solo se encontró en muestras de mosto lupulado. Esencialmente, la conclusión fue que el tiol de cebolla verde está ligado a la aireación en caliente donde se generan precursores de 2M3MB en el mosto lupulado. ^[166]

Nadie dispara oxígeno a su mosto caliente, por lo que no debería ser un problema, verdad?

Desafortunadamente, puede que no se necesite mucho oxígeno para aumentar 2M3MB. El artículo continúa diciendo que en entornos comerciales, la aireación del mosto caliente puede ocurrir durante el enfriamiento cuando la presión negativa generada por las bombas puede extraer aire a través de las válvulas hacia las líneas de mosto. Este es un buen recordatorio para verificar la estanqueidad de todas las abrazaderas triples durante todo el día de preparación (la configuración de la adición en whirlpool).

Recuerde, cuanto más caliente esté el mosto cuando se introduce oxígeno, más aumenta el tiol de cebolla verde durante la fermentación. Por lo tanto, evitar la ingesta de oxígeno durante las etapas de enfriamiento es importante, especialmente durante las primeras etapas del enfriamiento. En los estilos muy lupulados, donde muchos lúpulos están entrando en ebullición durante las etapas en whirpool, tiene sentido asumir aún más potencial para la producción de tiol de cebolla verde durante la fermentación, cuando se combina con aireación en caliente.

Para los cerveceros caseros, esto podría significar que los procesos de agitación del mosto con una cuchara gigante para acelerar el proceso de enfriamiento podrían estar alentando la producción de 2M3MB a través del consumo de oxígeno. Puede ser mejor evitar remover el mosto hasta que la temperatura baje a menos de 100°F cuando se enfríe con un enfriador de inmersión, especialmente si está detectando un aroma de cebolla verde en algunas de sus cervezas lupuladas. El estudio aún encontró niveles por encima del promedio a las temperaturas más bajas, pero disparaban oxígeno directamente al mosto, lo que probablemente aumentaba el problema. Debido a que la creación de 2M3MB también puede variar con diferentes cepas de levadura, se alientan más estudios sobre el tema.

Resultados clave

- El kettle aroma (terroso, leñoso, picante) proviene principalmente de la fracción de hidrocarburos del lúpulo y puede aumentar cuando el lúpulo (particularmente aquellos con alto contenido de α -humuleno y β -cariofileno) se agregan temprano en la ebullición, lo que crea productos de oxidación que conducen a más kettle aroma.
- Para obtener un sabor de lúpulo más redondeado y complejo, se pueden agregar lúpulos en múltiples etapas en el mosto caliente. Las adiciones tempranas de lúpulo para kettle aroma y las adiciones tardías en whirpool pueden aumentar los sabores afrutados y herbales, dependiendo de la variedad de lúpulo.
- El lúpulo de amargor utilizado puede afectar el sabor final de la cerveza, así que no pase por alto este aspecto al preparar una receta.
- Las cervezas con dry hop contienen más compuestos no polares como los hidrocarburos sesquiterpénicos, que tienden a ser los compuestos más picantes, herbales y resinosos.
- Las cervezas de lupulado tardío obtuvieron

puntajes más altos en sabores frutales y cítricos afrutados que las cervezas que solo tenían dry hop.

- Cuanto mayor sea el aceite total del lúpulo y mayor sea la fracción de oxígeno, mayor será el potencial para el sabor y aroma del lúpulo.
- Aunque hay muchos compuestos de lúpulo, el linalool y el geraniol son a menudo los que se prueban para evaluar la lupulación general.
- Los compuestos de lúpulo se extraen muy rápidamente cuando se agregan en el mosto caliente.
- Las diferentes temperaturas de la adición en whirlpool pueden alterar los compuestos del lúpulo y el sabor de la cerveza. Por ejemplo, 203°F (95°C) mostró las calificaciones más altas para los descriptores cítricos, picantes y de ésteres. A 185°F (85°C) obtuvo un puntaje más alto para los descriptores florales y herbales. El 167°F (75°C) obtuvo el puntaje más bajo en casi todas las categorías, excepto por la característica amaderada (woody).
- El promedio de DMS se puede bajar en cervezas muy lupuladas, por lo que es importante seguir los pasos de preparación adecuados para mantener los niveles lo más bajo posible.
- La introducción de oxígeno durante la fase en whirlpool y enfriamiento puede conducir a un tiol de cebolla verde.

Capítulo 3: Almacenamiento de lúpulo

El conocimiento común es que el lúpulo se utilice lo más cercano posible a la fecha de cosecha. Si no se usan de inmediato, generalmente se almacenan a temperaturas de congelación en bolsas selladas al vacío o barridas con nitrógeno. Si bien esta es la mejor manera de almacenar lúpulo, la ciencia es interesante cuando se trata de usar lúpulos ligeramente envejecidos. ¡Este capítulo analiza más de cerca cómo los compuestos de lúpulo cambian con el tiempo y pueden tentar a los cerveceros a experimentar con lúpulos en los que han estado sentados durante un tiempo!

¿Qué le sucede a los lúpulos a medida que envejecen?

Un estudio de 1985 evaluó los compuestos de aceite de lúpulos de 20 variedades diferentes, todas obtenidas del mismo programa de mejoramiento en la Oregon State University. La investigación se centró en comparar el lúpulo fresco con el lúpulo envejecido durante seis meses a temperatura ambiente. Los lúpulos envejecidos vieron reducciones en alfa-ácidos, ácidos β , aceite total y mirceno. Debido a que un gran porcentaje de aceite de lúpulo puede consistir en mirceno, esto puede ayudar a explicar por qué hay una gran caída en el aceite total durante el envejecimiento. Ninguna de esta información es sorprendente, pero lo que los autores también encontraron fue que si un lúpulo estaba dominado por más compuestos cítricos y florales cuando estaban frescos, estos compuestos tenían más probabilidades de permanecer en sus mismos niveles o niveles relativos cuando envejecían. [\[167\]](#)

Al observar más pruebas de lúpulo envejecido, se preparó una cerveza con lúpulo que se había almacenado a 104°F (40°C) durante 30 días y otra con lúpulo que se había almacenado en frío a 39°F (4°C) durante mismo lapso de tiempo. Los lúpulos se agregaron al comienzo de la ebullición o después de enfriar. En las pruebas sensoriales, las cervezas de lupulada en pellet almacenadas en frío se caracterizaron como: resinosas, verdes y florales. Se describió que la cerveza con pellets almacenada en caliente tenía aromas cítricos y dulces con una intensidad de aroma a lúpulo ligeramente mayor.

Otras pruebas de laboratorio de las cervezas con los pellets almacenados en caliente mostraron un aumento de compuestos cítricos y una disminución de las concentraciones de componentes verdes y resinosos. La caída de los componentes resinosos es probable debido a la pérdida de mirceno en los lúpulos envejecidos. Usando Citra como ejemplo, el contenido de mirceno puede ser tan alto como el 70% del aceite de lúpulo, por lo que puede ver cómo una reducción en este compuesto de sabor verde podría afectar el sabor. Pero esto sería un factor menos importante en las adiciones de ebullición ya que la mayoría de este compuesto se eliminaría de todos modos.

Según los cálculos en el modelo de cervecerías, las variedades de lúpulo estudiadas anteriormente, Hersbrucker, Tettnang, Record, Fuggle, Blisk, Eroica, Hallertau Mittelfruh, Willamette y Styrian podrían aumentar su potencial de lúpulo con el envejecimiento. Las adiciones con pocos cambios fueron Nugget, Cluster, Perle, Columbia y Olympic. El lúpulo con alto potencial cuando era fresco o envejecido era Kirin II, Wye Challenger, Wye y Target. De los lúpulos que perdieron potencial en el lúpulo fueron Cascade, Galena y Brewer's Gold.

Entonces, aunque probablemente no piense en usar lúpulo como Styrian o Fuggle en una Hazy IPA tropical y cítrico (especialmente cuando estos lúpulos están ligeramente envejecidos), ciertamente vale la pena jugar con algunas de las variedades en el whirlpool.

Especialmente considerando que probablemente puedas elegir algunas de estas variedades más antiguas a bajo precio!

El estudio anterior fue un paso más allá y probó las cervezas en busca de compuestos específicos. Lo que encontraron los autores fue que las cervezas elaboradas con lúpulo mal almacenado tenían mayores concentraciones de componentes cítricos de bajo promedio (2-metilbutanoato de etilo, 3-metilbutanoato de etilo, 4-metilpentanoato de etilo y 4- (4-hidroxifenil) -2-butanona) Se encontró que los niveles de geraniol se encontraban en niveles similares tanto en el lúpulo almacenado en caliente como en el frío. Como era de esperar de los resultados sensoriales, las cervezas de lupulada almacenadas en frío probaron concentraciones más altas de componentes verdes y resinosos (mirceno y (Z) -3-hexen-1-ol). Los autores suponen que el cambio se atribuye a la esterificación o biosíntesis de ácidos grasos de cadena corta derivados de la oxidación o degradación de los componentes del lúpulo, probablemente humulona o lupulona. [\[68\]](#)

Un artículo de 2014 también encontró una reducción en los hidrocarburos a medida que el lúpulo envejecía. En el estudio, cinco variedades estadounidenses (Columbus, Chinook, Nugget, Cascade y Mount Hood) en bolsas se abrieron y almacenaron a temperatura ambiente o 32°F (0°C) y se analizaron después de cuatro y 24 semanas para determinar las concentraciones de compuestos. Los autores encontraron un cambio en el porcentaje de un porcentaje de hidrocarburos terpénicos. Específicamente, en lúpulo fresco, los hidrocarburos terpénicos representan aproximadamente el 85-95% de los aceites de lúpulo; Despues de 24 semanas de almacenamiento expuesto al aire a temperatura ambiente, el porcentaje cayó al 30-60%. [\[69\]](#)

Los resultados que datan de 1986 también encontraron algunos beneficios de sabor al usar lúpulo envejecido. Aquí, Cascade y Hallertauer, cultivado en Idaho, fueron envejecidos y utilizados cuidadosamente (sin dry hopping) en una instalación de Coors. Ambas variedades de lúpulo se dividieron en tres grupos y se almacenaron a 27°F (-3°C) y 90°F (32°C) durante dos semanas y a 90°F (32°C) durante nueve semanas.

Los autores descubrieron que a pesar del almacenamiento el lúpulo aumentaba en su índice de flavor (HSI) y disminuía en los ácidos β , alfa-ácidos y contenido de aceite, las cervezas de lupulada envejecidos de nueve semanas recibieron las calificaciones de sabor más altas. El índice de almacenamiento de lúpulo (HSI) se desarrolló para medir la relación de alfa-ácidos y ácidos β a alfa-ácidos oxidados (humulinonas) y ácidos β oxidados (hulupones). Ambas variedades de lúpulo anteriores tenían un intenso sabor cítrico cuando fueron probadas por un panel capacitado en la Oregon State University durante las pruebas triangulares. Específicamente, la cerveza Cascade tuvo un aumento en el sabor a naranja. También fue interesante que solo la cerveza elaborada con los lúpulos almacenados en frío tenía un sabor herbáceo.^[70]

Como aprendimos anteriormente, la caída de los porcentajes de aceite en el lúpulo envejecido probablemente se deba a la reducción de hidrocarburos, particularmente mirceno. Esta reducción ayuda a explicar cuándo la cerveza con lúpulos almacenados en frío tenía un sabor más herbáceo porque había más mirceno de sabor verde en los lúpulos.

Aunque los cálculos de la cervecería modelo mencionados anteriormente estiman que envejecimiento de la cerveza con Cascade puede perder potencial de sabor a medida que envejece, probanfo que aumenta, particularmente los sabores a naranja. Este es un buen ejemplo de cómo algunos cálculos pueden tener sentido en papel, pero no siempre funcionan en el mundo real.

Para explicar los resultados anteriores con Cascade, es útil volver a 1981, donde seis variedades de lúpulo (Hallertauer, Perle, Hersbrucker, Tettnanger, Cascade y Cluster) se almacenaron refrigeradas durante un año y se probaron. Como era de esperar, el lúpulo vio una reducción en los hidrocarburos, pero con Cascade esto fue especialmente diferente ya que vio una reducción del 98%. [\[71\]](#) ¡Ten en cuenta que éste se almacenó a temperaturas refrigeradas!

Si el objetivo es aumentar los sabores frutales cuando se experimenta con lúpulo envejecido, es importante recordar que algunas variedades envejecidas se deben evitar para las adiciones de amargor de hervor temprano debido a las mayores posibilidades de sabores herbales.

Consulte la lista de lúpulo que puede aumentar kettle aroma* cuando se hierve y envejece en el Capítulo 2.

No parece haber muchos datos sobre el dry hopping con lúpulo envejecido, pero esto podría ser particularmente preocupante si se desean sabores tropicales, especialmente con lúpulo predominándotes al kettle aroma. Por ejemplo, un artículo de 2017 probó los pellets de lúpulo Hallertau Mittelfruh almacenados en condiciones prooxidativas para dry hop. Los lúpulos se almacenaron a 100°F (37°C) durante dos semanas y se expusieron al oxígeno una sola vez o se mantuvieron a 100°F (37°C) y se expusieron diariamente al oxígeno

durante dos semanas. Luego se lupulo la cerveza con los pellets oxidados en barril de 1 lb/US o barril de 0.4 lbUS y se colocó delant paneles de degustación capacitados y de consumo en la Oregon State University.

El panel de degustación describió en gran medida las cervezas con lúpulo oxidados como la cerveza de control, pero en general, los autores concluyeron que manipular las condiciones de almacenamiento del lúpulo puede favorecer el aumento de los compuestos relacionados con el aumento de los descriptores "nobles". La aceptación del consumidor de las lagers de dry hop no se vio significativamente afectada por los lúpulos oxidados. Sin embargo, ocho de los 10 panelistas capacitados pudieron notar la diferencia entre las cervezas de lupulada oxidado y el de control. El panel entrenado también observó más aromas "nobles" como leñosas y herbales en las muestras de lúpulo oxidado. Además, los panelistas capacitados detectaron un aumento en el amargor sensorial en las cervezas con dry hop de lúpulos oxidados, lo que concuerda con la literatura reciente sobre el amargor en dry hop a través de las humulinonas discutidas en detalle en el Capítulo 8. [\[72\]](#)

Lúpulo envejecido y sabor a queso

Una forma común de describir el olor del lúpulo envejecido (piense en el lúpulo lambic) es que pueden ser un poco de olor a queso, sudorosos o rancios. Se cree que estos sabores provienen de la reducción de los ácidos alfa y β en condiciones oxidativas y se acompañan de un aumento significativo en los ácidos que huelen a queso de cadena corta.

Aunque estos ácidos de cadena corta con olor a queso son indeseables, son precursores clave de los ésteres frutales deseables. Específicamente, estos ésteres que se derivan de los compuestos “con olor a queso” se han descrito como sabores intensamente dulces, aromáticos, afrutados y a piña. Esto es especialmente importante porque los sabores con queso tienen promedios mucho más bajos que los ésteres, lo que significa que estos precursores tienen el potencial de convertirse en ésteres frutales que son mucho más detectables que los precursores con queso no deseables.

Específicamente, los ésteres frutales que se pueden biotransformar a partir de lúpulo envejecido a través de ácidos de cadena corta durante la fermentación tienen un promedio de sabor en un factor de 100 por debajo de los ácidos tipos que huelen a queso de cadena corta. Esto significa que los ésteres más deseables pueden tener un impacto mucho mayor en los sabores de la cerveza incluso cuando están en la cerveza en concentraciones más bajas. También es interesante que se haya demostrado que la acumulación de estos ésteres beneficiosos avanza tarde en la fermentación después de que se atenúa el diacetilo y a temperaturas de maduración elevadas en la cerveza de lupulado tardío.^[73] En otras palabras, la

conversión de los ácidos de cadena corta con olor a queso de lúpulo envejecido a ésteres afrutados se lleva a cabo durante la fermentación, por lo que querrá utilizar estos lúpulos más viejos en la cerveza antes de la fermentación (como en el whirlpool). Pienso en esta biotransformación de ácidos rancios olor a queso de cadena corta a ésteres frutales como el efecto Febreze.

Un experimento interesante con lúpulo envejecido puede ser usarlos en un whirlpool, combinado con un descanso a temperatura elevada después de que la fermentación primaria esté casi completa. Esta sería una buena manera de ver si estos ácidos se transforman notablemente en ésteres frutales. Tal vez esta sea una de las razones por las que los “cerveceros lambic” usan lúpulo envejecido, no solo por las cualidades amargas reducidas, que pueden ser beneficiosas para el proceso de amargor, sino también por los sabores frutales únicos que se pueden crear durante la fermentación a partir de los precursores ácidos de cadena corta. . Permitanme ser claro, no estoy diciendo que la clave para hacer IPA intensamente frutales es cargar la adición en whirlpool con lúpulos estilo Lambic, pero la ciencia indica que es posible obtener sabores afrutados de esta manera, así que ¿por qué no experimentar con él?

¿Cuánto tiempo envejecer el lúpulo?

En general, cuanto mayor es el HSI, más compuestos oxidados en el lúpulo. Por lo general, cualquier resultado por debajo de 0.3 significa que el lúpulo está fresco. Entre 0.3 y 0.35, los lúpulos están ligeramente oxidados, pero aún están bien para usar. Más de 0,35, especialmente más de 0,4, están muy oxidados. Sin embargo, diferentes lotes de adiciones pueden tener diferentes valores de HSI, incluso dentro de la misma variedad de adiciones. [\[74\]](#)

El estudio anterior en el Capítulo con Cascade envejecido y un aumento en los sabores a naranja probó el HSI tan alto como 1.04 en estos lúpulos después del almacenamiento a 90°F (32°C) durante nueve semanas. Es posible que si desea experimentar con lúpulos de envejecimiento para alejar los compuestos de los hidrocarburos florales y picantes, mantener una bolsa abierta a temperatura ambiente y olerlos periódicamente puede ser un buen lugar para comenzar. Parece difícil dar buenos consejos sobre la duración y la temperatura para envejecer cuando diferentes variedades de lúpulo e incluso lúpulo dentro de la misma variedad de diferentes campos pueden desempeñar un papel distinto. No olvide considerar también cómo fueron tratados durante el embalaje y el envío.

Calidad de amargura

Se ha debatido entre los cerveceros sobre la calidad de amargor que se puede obtener al usar lúpulo envejecido. Es decir, si un lúpulo está muy envejecido o mal almacenado, la amargura puede ser más severa o tener otras características indeseables. Sin embargo, este no parece ser el caso. Un estudio que analizó esto hizo dos cervezas, una con lúpulo envejecido (almacenado alrededor de 70°F (21°C) durante un año en presencia de aire) y otro con lúpulo ligeramente envejecido (almacenado alrededor de 41°F (5°C) en presencia de aire durante seis meses). Las pruebas sensoriales no demostraron ser estadísticamente significativas en la calidad del amargor de las dos cervezas. Sin embargo, el inconveniente fue que la cerveza de lupulada envejecido tuvo que hervirse durante un período mucho más largo para lograr el mismo nivel de amargor debido a la pérdida de alfa-ácidos por el envejecimiento. [\[75\]](#)

Calidad de la resina con lúpulos envejecidos

Otra variable cuando se considera elaborar cerveza con lúpulo envejecido es la calidad de la resina. A medida que el lúpulo envejece, el porcentaje de resina blanda disminuye mientras que el de la resina dura aumenta. Un estudio que examinó cervezas elaboradas con una solución etanólica de extracto rico en resina dura encontró un beneficio para el lúpulo envejecido. A medida que el contenido de resina dura aumentaba en una cerveza (lo que significaría usar un mayor número de lúpulos envejecidos) la retención de espuma mejoró, particularmente la adherencia. [\[76\]](#)

Polifenoles del lúpulo y el envejecimiento

Los polifenoles del lúpulo se tratan con mucho más detalle en el Capítulo 7, pero en general, los polifenoles en grandes cantidades en la cerveza pueden ser agresivos y astringentes. Debido a que la tasa de adiciones durante las últimas etapas de la ebullición y en el dry hop puede ser extrema en Hazy IPAs, esto daría como resultado un mayor contenido de polifenoles. Debido a esto, tenía curiosidad por encontrar investigaciones que pudieran mostrar cómo el contenido de polifenoles en el lúpulo cambia con la edad.

Un estudio almacenó cuatro variedades de lúpulos checos (Saaz, Sládek, Premiant y Agnus) a 36°F (2°C) o 68°F (20°C) en un paquete de vacío sellado o expuesto al aire. Los lúpulos se probaron cada dos meses para determinar el contenido total de polifenoles. Los autores encontraron que en el transcurso de un año, hubo una pérdida del 30-40% del total de polifenoles y las condiciones de almacenamiento tuvieron muy poco impacto en las pérdidas. Quizás la oxidación en el empaque de la muestra fue suficiente para causar pérdidas de polifenoles a largo plazo, incluso cuando se almacena en frío. Durante los primeros dos meses, hubo una pérdida de aproximadamente 5-15% y a los seis meses, hubo una reducción rápida en los polifenoles. [\[77\]](#) Sería interesante ver investigaciones como esta expandidas a otras variedades más populares de dry hop.

Incorporación de lúpulos envejecidos en las IPA'S

Cuando se trata de hacer cervezas hop-forward donde se desean sabores a frutas sobre sabores herbales, picantes y amaderados, podría valer la pena experimentar con lúpulos ligeramente envejecidos en una condición prooxidativa y utilizarlos en la adición en whirlpool. Al unir parte de la investigación, es interesante considerar que el uso del lúpulo ligeramente envejecido puede reducir la dureza de menos polifenoles, tener menos carácter verde al alejarse de los hidrocarburos picantes y leñosos, tener menos alfa-ácidos (lo que podría significar usar una mayor cantidad de lúpulo en la adición en whirlpool), e incluso aprovechando potencialmente los ácidos con olor a queso de cadena corta que pueden convertirse en ésteres más frutales.

Por difícil que sea para algunos, una forma fácil de hacerlo es cortar una bolsa de lúpulo y guardarla en el refrigerador durante algunas semanas antes de usarla, las temperaturas más frías evitarán una pérdida general rápida de compuestos que pueden suceder a temperaturas más cálidas. Sin embargo, tiene más sentido experimentar con lúpulos ligeramente envejecidos que ya son frutales. Como vimos con la investigación, algunas de las variedades nobles de lúpulo parecían tener un carácter más intenso y amaderado a medida que envejecían, y esto probablemente solo aumentaría si se usara en el hervor para amargar. Los lúpulos que ya son más altos en alcoholes terpénicos afrutados oxigenados podrían beneficiarse de un almizclado envejecimiento, donde el cambio en los ésteres más altos y la disminución de los compuestos resinosos verdes podrían permitir que brillen los

caracteres afrutados. Teniendo en cuenta que hay una reducción tanto en los polifenoles como en los alfa-ácidos a medida que el lúpulo envejece, es probable que pueda usar una carga en whirpool mucho mayor con ellos en un intento de utilizar los compuestos afrutados sin los efectos negativos de tanto material del lúpulo como el amargor y la astringencia.

He tratado el lúpulo como una enfermedad que podría propagarse si se expone al medio ambiente durante cualquier cantidad de tiempo. Sé que no estoy solo, muchos cerveceros empacan inmediatamente los lúpulos después de usarlos y los ponen en el congelador. En el alcance de este libro, me sorprendió saber que algunos cerveceros que visitaron Yakima para la selección anual de lúpulos en septiembre rechazaron muchos lúpulos de bajo índice de almacenamiento (HSI). En otras palabras, los cerveceros eligieron a propósito los lúpulos más viejos o más oxidados.

Una forma potencial de jugar con esta idea chiflada de usar lúpulo envejecido podría ser utilizarlos en sus cervezas. En lugar de sellarlos, simplemente déjelos en sus bolsas en el refrigerador, congelador o incluso a temperatura ambiente por un momento. El uso de estos lúpulos ligeramente envejecidos en las etapas tempranas en whirpool de su próxima cerveza parece una forma segura de comenzar a probar la investigación.

Corra ese riesgo ¡O convenza a un amigo para que lo haga.¡

Resultados clave

- El lúpulo envejecido puede perder un gran porcentaje de aceites, principalmente debido a la pérdida de hidrocarburos como el mirceno, que generalmente representa una gran parte del aceite del lúpulo.
- Se ha descubierto que el lúpulo almacenado a temperaturas más cálidas durante un período corto (hasta un mes) y utilizado para adiciones tardías en el mosto caliente produce más aromas dulces y cítricos en comparación con los sabores más resinosos y verdes de los lúpulos almacenados en frío.
- El envejecimiento del lúpulo Cascade calentadoló a 90°F (32°C) durante un período de nueve semanas produce cervezas con sabores cítricos (pomelo) intensos en comparación con el lúpulo Cascade almacenado en frío.
- El lúpulo envejecido, rico en sabores olor a queso y sudorosos, es rico en ácidos grasos de cadena corta que pueden actuar como precursores para reducir el promedio de los ésteres frutales de piña formados durante la fermentación.
- El uso del lúpulo ligeramente envejecido podría permitir un mayor uso del lúpulo en la adición en whirpool debido a la reducción de los alfa-ácidos y los polifenoles durante el envejecimiento. A medida que el lúpulo envejece, la concentración de polifenoles disminuye probablemente debido a la introducción de oxígeno en el empaque (reducción de hasta un 30-40% en un año).

Capítulo 4: Sensación en boca

Junto con un excelente aroma y sabor a fruta, una sensación suave en la boca es un aspecto importante para una gran Hazy IPA. No hay un única variable para generar una gran sensación en boca en la cerveza, como con los sabores, es una matriz compleja con muchas variables que juegan un papel. Lo mejor que podemos hacer es tratar de maximizar las variables que se ha demostrado que contribuyen y este capítulo explora esas áreas.

Relación de sulfato-cloruro

"Si sabe bien el agua, puedes utilizarla". Este fue el consejo que me dieron cuando comencé a elaborar cerveza casera. Pensé que era un gran consejo porque significaba que no tenía que pensar mucho en el agua como otro ingrediente, sin embargo, la experiencia y la investigación me han enseñado lo contrario. El mayor inconveniente de esta línea es que no considera la eliminación de cloro o cloramina, lo que puede conducir a clorofenoles (sabor medicinal) durante la fermentación. Entonces, si el agua no es una variable de la que quiera preocuparse todavía, al menos, debe filtrar el agua con un filtro de carbón para asegurarse de que está eliminando el cloro y la cloramina, de lo contrario es difícil hacer una buena cerveza. Solo el carbón activado "catalítico" o "modificado en la superficie" puede eliminar la cloramina, el carbón activado granular estándar y el bloque de carbón no lo hacen.

Disfruto elaborando cerveza con ósmosis inversa (RO) al 100% cuando preparo cerveza casera, sin embargo, no es tan práctico comercialmente. Los filtros de ósmosis inversa contienen múltiples filtros y una membrana que eliminará partículas, productos químicos, cloro, metales pesados, sodio y más. La mayoría de los sistemas se anuncian como capaces de eliminar hasta el 99% de los contaminantes del agua. Por menos de \$ 200usd, puede comprar un sistema de ósmosis inversa de sobremesada que se conecta a un fregadero (lavandería, cocina, baño) con un adaptador para producir agua RO.

Una desventaja de la ósmosis inversa es el tiempo que lleva reunir suficiente agua para elaborar cerveza. Mi filtro actual (sistema de cinco etapas de “Reverse Osmosis Revolution”) tarda aproximadamente tres horas en producir 5 galones de agua de ósmosis inversa (esto puede cambiar según la presión del agua). Otro inconveniente de la ósmosis inversa es la cantidad de agua residual creada. Los sistemas eficientes de ósmosis inversa pueden tener hasta tres galones de aguas residuales por cada galón de agua RO producida.

Lo bueno de preparar cerveza con agua RO es que tienes una pizarra en blanco para trabajar. Con RO tiene un control completo sobre el contenido mineral de la cerveza (sin tener en cuenta los minerales traídos de los granos), lo que le permite crear un perfil de agua apropiado para lo que está elaborando. También obtiene el beneficio de un pH de macerado predecible, ya que puede calcular el impacto del pH de las adiciones minerales combinadas con el molido. Un gran recurso para calcular el pH del macerado es Bru'n Water (sites.google.com/site/brunwater/).

Si no vas con RO, ¡aún puedes hacer una gran cerveza! ¡Recomendaría obtener un informe local del agua, conocer las variaciones estacionales en su suministro y prepárese para adaptarse! Las variaciones en los perfiles de agua pueden tener un impacto mayor de lo piensas. Un ejemplo de esto es un experimento de Brulosophy donde elaboraron dos cervezas idénticas (Dry Irish Stout) pero alteraron el perfil de agua de cada una de las siguientes maneras:

Perfil de agua Pale Hoppy:

California	Mg	N / A	SO4	Cl	HCO3	SO4: Cl
90	16	36	167	67	149	2.5

Perfil de agua Dark Malty:

California	Mg	N / A	SO4	Cl	HCO3	SO4: Cl
82	11	25	55	123	86	.44

En una prueba triangular de dos muestras de la cerveza negra hecha con los dos perfiles de agua, 18 de 29 catadores identificaron correctamente que la cerveza elaborada con el segundo perfil de agua era diferente (con un menor contenido de sulfato a relación de cloruro). Debido al tamaño de la muestra, esto fue suficiente para alcanzar estadísticas significativas, lo que sugiere que solo el perfil del agua fue suficiente para alterar dos cervezas idénticas. [\[78\]](#) Lo interesante de este experimento fue que incluso en una cerveza con sabores intensos derivados de la malta (11% de cebada tostada), el perfil del agua todavía desempeñaba un papel detectable en el sabor general de la cerveza.

Si ha buscado en línea perfiles de agua, en particular para la cerveza con énfasis en el lupulado, la relación de sulfato-cloruro es a menudo el debate objetivo de los cerveceros. La relación de sulfato-cloruro es la cantidad de sulfato (SO₄) en comparación con la cantidad de cloruro (Cl) en el agua de elaboración. Si bien el uso de la proporción como guía puede ser un buen enfoque para formular una receta, las cantidades crudas de los minerales en sí son igual de importantes. Por ejemplo, una relación de cloruro a sulfato de 30:10 y 300: 100 son ambas 3: 1 pero daría como resultado cervezas de sabor diferente. En general, me gusta quedarme por debajo de 200 ppm de cada una para no impartir un sabor mineral a la cerveza.

Una fuente cita (sin datos que expliquen por qué) la relación “adecuada” de sulfato-cloruro para las cervezas pálidas secas y amargas debe ser 2: 1 y las cervezas suaves y dulces deben tener una proporción de 2:3. ^[79] El documento enfatizó que favorecer el cloruro creará una cerveza de sabor más completo, probablemente el objetivo en Hazy IPAs.

Un artículo en el *Journal of Automated Methods & Management in Chemistry* examinó el impacto de la relación sulfato-cloruro puede tener en las cervezas y estuvo de acuerdo con el documento anterior. El artículo declara que "un exceso de sulfato da un borde seco y áspero a las cervezas bien lupuladas y el nivel presente debe minimizarse tanto como sea posible". ^[80] A menos que su objetivo sea un IPA seca y fuerte, lo mejor es experimentar con bajos niveles de sulfato. Mi experiencia personal con altas concentraciones de sulfato en las cervezas de lupuladas dice que el sabor del lúpulo se reduce mientras que el amargor y la sequedad tienden a exagerarse.

Un artículo publicado en 2010 encontró que alterar los niveles de sulfato de las cervezas hop forward tendrá un impacto en los sabores finales. Aquí, los autores encontraron una "clara correlación negativa" con los niveles de sulfato y los sabores de lúpulo percibidos. En otras palabras, cuando el nivel de sulfato de una cerveza en la prueba aumentó, el sabor del lúpulo percibido disminuyó. ^[81] Esto sugiere que los niveles elevados de sulfato no solo pueden disminuir la suavidad de la sensación en boca, sino que también pueden disminuir el sabor percibido del lúpulo.

Al observar otro experimento de agua de Brulosophy donde se probaron diferentes proporciones de sulfato y cloruro en una cerveza con énfasis en el lupulado, nuevamente encontraron un impacto notable cuando se

alteraron.

Esta vez se elaboraron dos IPA idénticas con Amarillo, Citra y Mosaic. La única diferencia entre los dos era que uno tenía una relación de sulfato-cloruro de 150: 50 y el otro era de 50: 150. A un total de 22 catadores se les sirvieron dos muestras de la cerveza cuya agua tenía una proporción de 150: 50 y una muestra de la cerveza con una proporción de 50: 150. El resultado fue que 14 de los 22 catadores pudieron elegir las diferentes cervezas, lo que fue suficiente para lograr significación estadística. [\[82\]](#) El autor del experimento percibió que la cerveza rica en sulfato tenía un amargor más asertivo, lo que estaría de acuerdo con la investigación y mi experiencia.

Sensación en boca Suavidad

Durante aproximadamente dos años, mantuve un sistema de calificación bastante obsesivo para mis cervezas, donde califiqué cada lote de uno a cinco en varias áreas, una de las cuales era la suavidad en boca. Utilizando los puntajes de 25 lotes de cervezas hop-forward relativamente similares y correlaciones de carrera, fue claro que el cloruro de calcio tuvo un impacto en la sensación en boca de mis cervezas. A medida que aumentaron los gramos / galón de cloruro de calcio (CaCl_2), también aumentó mi índice de suavidad. Lo mismo es cierto con la proporción de gypsum (yeso) / cloruro de calcio (SO_4 / CaCl_2), ya que la proporción de gypsum (yeso) - cloruro de calcio disminuyó (relación negativa), también lo hizo mi puntaje de suavidad en la boca.

En los 25 lotes que preparé y califiqué, las relaciones de sulfato-cloruro oscilaron entre 0.45: 1 y 4.7: 1. Tuve el mayor éxito con la suavidad cuando la proporción fue de alrededor de 1.5: 1, que está cerca de una división uniforme de gypsum (yeso) / cloruro de calcio en el agua de elaboración.

He hecho varias cervezas lupuladas que se elaboraron con cloruro de calcio al 100%, ninguna de ellas fue la que pensé que podría ser. Consideré que la sensación en boca es suave en estas cervezas, pero el sabor a lúpulo parecía escaso y, en general, la cerveza estaba un poco flácida (sin agudeza). Curiosamente, algunas de estas cervezas eran ricas en granos no malteados, que pronto descubriremos que pueden contener menos minerales que sus contrapartes malteadas.

El cloruro afecta la suavidad se ha mencionado muchas veces en la investigación. Por ejemplo, un artículo de 1992 titulado "The Mouthfeel of Beer – A Review" examinó varios factores que influyen en la sensación en boca e incluyó una discusión sobre el cloruro de calcio. De inmediato, la revisión dice: "Aunque no existe evidencia sensorial, generalmente se supone que los iones de cloruro producen cervezas que son 'más redondas', más llenas y más suaves y más suaves en el paladar". [\[83\]](#) Aunque no se presentaron pruebas contundentes para esta afirmación, parece haber un acuerdo general de que el cloruro de calcio ayudó a la sensación en boca.

La revisión continúa utilizando el trabajo de un estudio anterior en un antiguo *Journal of the Institute of Brewing* que describió el sabor del ion cloruro como "dulce y lleno". Un 1991 *Journal of the American Society of Brewing Chemists* también encontró una correlación positiva con la concentración de cloruro de 30 cervezas comerciales al describir la plenitud de una cerveza. [\[84\]](#) Por lo tanto, cuanto más cloruro se probaron las cervezas comerciales, mayor sería el sabor de la cerveza percibiría la boca llena.

¿Sin embargo, una sensación en boca más completa es necesariamente mejor?

Un artículo de 1981 descubrió que las cervezas producidas con cloruro de calcio eran preferibles a las producidas con sulfato de calcio. [\[85\]](#) Tendería a estar de acuerdo con esto, ya que me gusta una sensación en boca más suave y completa en cervezas lupuladas, pero también en la mayoría de los estilos, incluso si no es técnicamente apropiado.

Impacto de la malta en los minerales

Según Aaron Justus de Ballast Point Brewing Co.,^[86]

los sulfatos deberían mejorar el carácter, la sequedad y el amargor del lúpulo en una cerveza. Sorprendentemente, algunos de los IPA de Ballast Point tienen concentraciones de sulfato de hasta 400 ppm. Los cerveceros de Ballast Point piensan en el cloruro como una forma de equilibrar los efectos del sulfato suavizando un poco la cerveza y agregando plenitud al paladar y carácter de malta. A través de la experimentación con mini macerado de diferentes variedades de cebada malteada, Justus analizó la cantidad de sulfato y cloruro que cada malta base trajo al mosto en comparación con la cebada cruda. Encontró que, en promedio, la malta base estaba agregando alrededor de 50-100 ppm de sulfatos y aproximadamente 200 ppm de cloruro. Los procesos de malteado resultaron en una mayor cantidad de minerales que el grano crudo, potencialmente del agua que usan los malteadores.

Tomando la información del efecto de la malta sobre el sulfato y los cloruros, Ballast Point preparó lotes piloto para probar diferentes relaciones de sulfato-cloruro. En una cerveza con dry hop con Mandarina Bavaria usando una proporción de 3:1 o 1:3, favoreciendo el sulfato o el cloruro, un panel de degustación entrenado prefirió las cervezas altas en cloruro en una proporción de 3: 1. Se describió que la cerveza elaborada favoreciendo el sulfato tenía más amargor y aroma a lúpulo. La cerveza hecha con más cloruro se describió como pan, maltosa, suave y más completa. Quizás un equilibrio adecuado entre el sulfato y el cloruro es una buena forma de obtener aroma a lúpulo sin sacrificar el cuerpo y la plenitud. Además, cabe destacar que al rastrear los iones a través de las etapas de

la elaboración de la cerveza, descubrieron que la fermentación metaboliza algo de sulfato y cloruro aumentado, posiblemente por el lúpulo.

Teniendo en cuenta la investigación de Ballast Point que encontró que los granos malteados aportarán cloruro adicional a su cerveza, cuando la preparación con sulfato que favorece el agua en una proporción de 3: 1 probablemente resultaría en una cerveza con una división uniforme de sulfato-cloruro después de que los minerales del grano calculado. En otras palabras, la adición de cloruro de los granos malteados es tan alta que la proporción inicial puede igualarse, incluso cuando el sulfato era más alto para empezar. Por otro lado, cuando la preparación de agua es alta en los niveles de cloruro, la propagación entre el cloruro y el sulfato en la cerveza final será significativa.

Si su molienda es alta en granos no malteados como avena en hojuelas o trigo, es probable que tenga menos absorción de cloruro del grano, que también es algo a considerar. Por ejemplo, la cebada malteada puede tener niveles ligeramente más altos de cloruro, magnesio y calcio que la cebada en copos y la avena en copos tiene una concentración menor de cloruro, magnesio y calcio que la cebada en copos.^[87] Entonces, puede ser una buena idea experimentar con el aumento de las adiciones de minerales a medida que aumenta el porcentaje de granos no malteados (avena y trigo).

A partir de los resultados anteriores, cuando se hace un Hazy IPA donde se desea tanto el carácter de lúpulo fresco como una sensación en la boca llena de amargura, una relación de sulfato-cloruro de 2: 3 sería un buen lugar para comenzar. Puede ajustar con lotes posteriores y con cambios de molienda.

Conocer una buena relación inicial de sulfato-cloruro puede ser útil, pero ¿qué tan alto debe llegar? Los altos niveles de cloruro pueden crear efectos secundarios como un sabor calcáreo o inhibir la floculación de la levadura. Un estudio que analiza los aniones en la cerveza señaló que "si el nivel de cloruro es > 250 ppm, puede mejorar la dulzura de la cerveza pero dificulta la floculación de la levadura". [\[88\]](#) En cuanto al nivel óptimo (ppm) de cloruro en una cerveza, una revista de 1971 recomendó un nivel de ~ 200 mg/L para producir una cerveza con una sensación en boca adecuada. [\[89\]](#) Para experimentar con los niveles de cloruro, siempre puedes intentar agregar pequeños volúmenes a tu cerveza después de la fermentación para ver cómo un pequeño cambio puede alterar una cerveza y ajustarte para futuros puntos de partida.

LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP

Dextrinas

Otro factor frecuentemente citado por contribuir a la sensación en boca de la cerveza son las dextrinas. Los fermentables en mosto son aproximadamente 70% de maltosa, glucosa, fructosa, sacarosa y maltotriosa. El otro 30% son en su mayoría maltotetraosa (6%) y dextrinas (22%). Las dextrinas son un extracto no fermentable que permanece en el mosto que las amilasas no descomponen en azúcares fermentables principales durante el proceso de maceración. En general, se dice que las dextrinas contribuyen potencialmente a la sensación en boca, pero no agregarán ningún sabor. [\[90\]](#)

El papel tan importante que juegan las dextrinas en el impacto en la boca de la cerveza es una fuente de debate. Un artículo de 1989 que analizó el potencial de si las dextrinas son una fuente significativa de sensación en la boca no tenía grandes esperanzas antes del experimento, ya que el párrafo inicial afirmaba que "si las dextrinas contribuyen significativamente a cualquier otro carácter de cerveza que su valor calórico es dudoso". Esto ocurre a pesar de la ciencia en el momento del estudio que había determinado en 1962 que las dextrinas aumentan la viscosidad de la cerveza. [\[91\]](#) También en 1962, se decía que las dextrinas tenían un efecto espeso y pastoso sobre la sensación en boca [\[92\]](#) En 1977, se decía que las dextrinas eran insípidas pero aún influyen en la viscosidad y se agregan a la sensación en boca de la cerveza. [\[93\]](#)

De vuelta al estudio de 1989. A un panel entrenado se le dio cerveza ligera comercial dosificada con dextrinas en un rango de 20 a 70 g /Litro. Luego se les preguntó qué muestras eran más gruesas o más viscosas. Los autores encontraron que para que haya un aumento detectable en

la sensación en boca, se necesita agregar más de 50 g/L de dextrinas a la cerveza. ¿Cuánto es 50 g/L en tu cerveza? Si consideramos que 1 Brix / Plato es 1 g por 100 ml, estamos hablando de ~ 5 Platón o .020 en puntos de densidad.

Este estudio de 1989 no estuvo de acuerdo con la mayoría de las investigaciones anteriores, diciendo que las dextrinas probablemente contribuyen menos a la sensación en boca y tienen más que ver con beta-glucanos, etanol, glicerol, glucoproteínas y melanoidinas, porque la mayoría de las cervezas (en este punto) tenían entre 10 y 50 g/L de dextrinas. Curiosamente, las calificaciones de dulzura de los participantes se igualaron estrechamente a la viscosidad cuando se agregaron a concentraciones de 60 g/L o más a la cerveza. Aunque no es sorprendente, los autores también encontraron que cuando las muestras no estaban carbonatadas, tenían una calificación más alta para la viscosidad, lo que explican por qué las stouts con menos carbonatación se perciben como más pesadas, más cremosas y más viscosas que las cervezas o lager que son más carbonatadas. [\[24\]](#)

Un estudio de 1991 midió las propiedades químicas y físicas de la cerveza que pueden contribuir a la sensación en boca y luego las correlacionó con los atributos sensoriales. Treinta muestras diferentes se utilizaron en el estudio, incluidos diferentes tipos y estilos de cerveza, que van desde lagers sin alcohol hasta barley wines. Las cervezas se sirvieron a un panel de degustación capacitado al que se le pidió que calificara la intensidad para diferentes descriptores (como la densidad, la viscosidad y la sensación aceitosa en la boca). Una de las medidas tomadas en el estudio fue la concentración de dextrina (separada en grupos DP4-DP9 y > DP10) y encontraron un bajo coeficiente de correlación para los términos

"viscosidad" y "densidad" y dextrinas. Parámetros que se correlacionaron bien con la densidad y la viscosidad fueron polifenoles, azúcares fermentables, cloruro y glicerol. El glicerol se correlacionó más con la viscosidad que los beta-glucanos. Sin embargo, el trabajo concluyó que es necesario realizar ensayos de elaboración para confirmar qué parámetros causan estas sensaciones en la boca. [\[95\]](#)

Un artículo de 1993 que analizó múltiples estudios sobre dextrinas finalmente concluyó que tienen poco o ningún efecto sobre los atributos de sensación en la boca relacionados con la plenitud. Citando un estudio en el que se realizó una serie de macerados sobre mosto con diferente contenido de dextrina, los investigadores encontraron que las cervezas con mayor contenido de dextrina carecían de plenitud del paladar. [\[96\]](#) También se citó un estudio en el que se añadieron enzimas a la cerveza para hidrolizar las dextrinas, lo que no disminuyó la plenitud de la cerveza. Sin embargo, no hubo datos sensoriales para respaldar estas afirmaciones. [\[97\]](#) El mismo artículo también citó un estudio que sugiere que un alto nivel de dextrina de mosto en la cerveza da como resultado una baja atenuación y le da a la cerveza una sensación en boca espesa y pastosa. [\[98\]](#)

Entonces, aunque la investigación a veces puede parecer el argumento que se lleva a cabo en los foros en línea, tengo la mayor confianza en el documento que encontró que se necesitan 50 g /Litro de dextrinas para lograr una diferencia en la boca porque agregaron directamente dextrinas a las cervezas hasta un panel podría comenzar a detectar una diferencia en la boca. Por lo que vale, en Sapwood Cellars, nos gusta tener una densidad final de alrededor de 1.020 en nuestras IPA turbias.

Aunque semi-dulce, esto parece darnos un buen equilibrio de cuerpo y dulzura sin que sepa a mosto no fermentado.

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

Cerveza experimental 50% Carapils

Para probar toda esta investigación sobre las dextrinas y su impacto en la sensación en boca, preparé un Hazy IPA experimental con un grano que consistía en 50% de Briess Carapils y 50% de 2 hileras (sin contar la malta acidulada agregada para el ajuste del pH del macerado). En *Oxford Companion to Beer*, Carapils está en algunos estilos, como bocks, Carapils puede representar hasta el 40% del grano para un cuerpo y una sensación en la boca más completos, lo que fue en parte por qué quería probar un alto porcentaje en un Hazy IPA.

Briess, sin embargo, recomienda que solo el 1-5% de la molienda debe contener Carapils. Después de terminar mi cerveza experimental, envié una muestra de la cerveza experimental a White Labs para evaluar la concentración real.

Briess Carapils es una verdadera malta cristal de caramelo/cristal, aunque no está lo suficientemente tostada para desarrollar el color o el sabor asociado con las maltas de caramelo más oscuras.

Según el libro de John Mallet *Malt: A Practical Guide from Field to Brewhouse* (Brewers Publications, 2014), las maltas cristal especiales se hacen con bajas temperaturas y alta humedad para hacer maltas pálidas con un endospermo vidrioso. La forma exacta en que Briess está haciendo sus Carapils es incierta ya que es un proceso patentado.

Escribiendo en el blog The Mad Fermentationist, Michael Tonsmeire escribió que Weyermann Carafoam (Carapils fuera de los EE. UU.) Es rico en proteínas y está poco modificada. Es harinoso / almidonado, por lo que también se convierte en azúcares fermentables cuando se

muele, pero no sería adecuado para remojar. Weyermann sugiere que se puede usar hasta en el 40% de la molienda. [\[99\]](#)

No estaba seguro de qué tipo de eficiencia iba a obtener con 50% Carapils en este experimento, por lo que sobreestimé mis totales de granos suponiendo que podría ver una pequeña caída, pero en realidad obtuve una mejor eficiencia de lo que normalmente hago. En términos de atenuación de fermentación, no noté una diferencia con respecto a otras cervezas fermentadas con WLP007. En el día 10 de la fermentación, ya alcanzó su densidad final de 1.014, lo cual es típico para esa alta temperatura de maceración y cepa de levadura en mi experiencia. Sin embargo, esperaba ver una densidad final mucho más alta con la gran incorporación de Carapils. Me puse en contacto con Briess para ver si tenían un comentario sobre la atenuación normal con Carapils utilizados en un porcentaje tan alto de la molienda, porque se anuncia que el producto tiene la capacidad de agregar no fermentables al mosto (a continuación hay una respuesta).

"Para un macerado de varios pasos con suficientes enzimas, generalmente vemos una reducción de aproximadamente el 10% en la atenuación aparente de la Carapils en el mosto, es decir, 50/50 Pale/Carapils (80% de atenuación aparente para la Pale) y Carapils (72%) esperaría producir un atenuación aparente del 76%. Si las enzimas son deficientes o el resto de la β -amilasa se acorta o se omite, esperaría ver tasas de atenuación mucho más bajas de Carapils, tal vez hasta alrededor del 30%".

Es importante tener en cuenta que Briess no recomienda usar Carapils a tasas tan altas al formular recetas. Fue sorprendente la buena la atenuación con Carapils al 50%, considerando que la actividad de la β -amilasa es óptima entre 140-150°F [\[100\]](#) con un macerado

a 160°F. Tuve una atenuación aparente del 76.7% con WLP007, muy por encima de un potencial bajo del 30%.

Mirando los resultados de la prueba de White Lab de mi cerveza, es interesante ver que incluso con 50% Carapils, todavía obtuve los 50 g /Litro de dextrinas necesarios en la cerveza terminada. Tenía la esperanza de alcanzar ese promedio, ya que la investigación anterior encontró que tiene un impacto en la sensación en boca. Estuve cerca con resultados medidos de 41.3 g /Litro. Briess parece estar ligeramente en desacuerdo con este estudio, sin embargo, respondiendo "en lo que respecta a la percepción de dextrina, parece que 50 g/L (~ 5 Platón, o un aumento de 0.020 en la densidad específica) es bastante alto, y el detector no es muy sensible."

Briess también mencionó que el aumento del cuerpo también podría provenir de los niveles elevados de beta glucanos de Carapils. Aunque la cantidad exacta de beta glucanos en Carapils no se anuncia, es probable que sea menor que otras fuentes ricas como la avena. Por ejemplo, se probó un macerado compuesto de cebada malteada al 100% con un contenido de beta-glucano de solo 20 mg /L, la adición de solo 10% de avena no malteada aumentó el contenido de beta-glucano a 393 mg /L. Reemplazar el 40% de la cebada malteada con avena no malteada aumentó el contenido de beta-glucano a 1.949 mg /L, que es un aumento de 97 veces. [\[101\]](#)

Debido a que la sensación en boca es probablemente el resultado de múltiples factores como el glicerol, los beta glucanos, el alcohol y las dextrinas, tiene sentido ver a cada uno como un jugador importante en el juego. En otras palabras, solo porque el promedio de dextrina no se alcanzó en mi caso, todavía era muy alto. Si esto se combina con altos niveles de beta glucanos de la avena, por ejemplo, parece lógico que haya un impacto en la

boca.

Mi opinión sobre la sensación en boca de la cerveza Carapils al 50% fue positiva: tenía una agradable y suave sensación en la boca, pero no la describiría súper espesa. Una cosa que noté con esta cerveza fue que la retención de espuma era mejor de lo que normalmente veo, lo que se nota principalmente en el encaje adhesivo alrededor de un vaso vacío. Debido a que la investigación en el libro descubrió que la retención de espuma puede sufrir cuando se lupula con ciertas variedades, podría tener sentido aumentar las maltas submodificadas para ayudar a compensar esto, combinado con granos de beta-glucano más altos también podría aumentar la sensación en boca.

Dextrinasa límite

El poder diastásico es el término utilizado para saber cuántas enzimas convertidoras de almidón puede tener una malta específica, que descomponen los almidones en azúcares fermentables. Estas enzimas consisten en β -amilasa, α -amilasa, dextrinasa límite y α -glucosidasa. Solo la dextrinasa límite (de ahí el nombre) puede descomponer las dextrinas (al dividir los enlaces alfa-1,6 en amilopectina y limitar las dextrinas) en azúcares fermentables. Teniendo en cuenta que la mayoría de las cervezas contienen aproximadamente el 20% de las dextrinas ramificadas pequeñas en una cerveza terminada, [\[102\]](#) es importante comprender qué factores pueden alentar o desalentar la actividad limitada de la dextrinasa, ya sea para dejar estas dextrinas solas o para romperlas. Básicamente, cuanto más activo es la dextrinasa límite en el mosto, más azúcares fermentables [\[103\]](#) y menos dextrinas totales en la cerveza terminada.

Todas las enzimas que degradan el almidón se crean durante la fase de germinación de la malta, por lo que los granos no malteados no tienen actividad dextrinasa límite. Al intentar tener una idea del potencial de dextrinasa límite en maltas específicas, es útil saber que la actividad dextrinasa límite se ha correlacionado significativamente (en un estudio de más de 70 variedades diferentes de cebada) con el contenido de proteína de extracto de los granos. El estudio señaló que el 80% de la variación se explica por "otro factor o factores", lo que sugiere que es aleatorio. [\[104\]](#) Entonces, aunque el contenido de proteínas podría ayudarnos a darnos una idea, todavía parece un signo de interrogación en su mayor parte.

Existe alguna evidencia de que ciertas condiciones de maceración pueden tener un impacto en la dextrinasa límite. Por ejemplo, un estudio mostró que con temperaturas de maceración de 135°F durante 15 minutos, aproximadamente dos tercios (60-70%) del total de la actividad dextrinasa límite se inactivó. Cuanto más aumentaba el macerado por encima de 135°F (57°C), más inactivo era la dextrinasa límite.

A temperaturas de maceración normales que comienzan alrededor de 149°F (65°C), la actividad era casi inexistente. Sin embargo, a 125°F (52°C), la mayor parte del límite inicial de dextrinasa permaneció. El estudio sugiere que si realiza un descanso proteico a 113-138°F (45°C -59°C), es probable que tenga un buen rango de temperatura para limitar la actividad de dextrinasa. Por lo tanto, un descanso proteico podría hacer más que descomponer las proteínas grandes en otras más pequeñas, sino también descomponer las dextrinas.

Todavía enfocándose en las temperaturas del macerado, otro estudio encontró que la actividad dextrinasa límite era estable a 113-131°F (45°C -55°C) y disminuyó a medida que aumentaron las temperaturas en el macerado.

Después de 30 minutos (aproximadamente el tiempo que tarda la mayoría de los macerados en convertirse completamente) a 158°F (70°C), la actividad dextrinasa límite era indetectable.^[105] Básicamente, podemos ver el límite de la enzima dextrinasa de manera similar a como lo hacemos con la beta-amilasa, que es que ambos son efectivos a temperaturas más bajas. Por lo tanto, macerado de las Hazy IPAs sin un descanso proteico y alrededor de 158°F (70°C), puede fomentar un mayor contenido final de dextrina en la cerveza.

Cambiando ligeramente a la investigación sobre el mosto no hervido en la industria escocesa, se ha encontrado que este proceso produce mayores rendimientos de alcohol que el mosto hervido. [\[106\]](#)

En otras palabras, si la dextrinasa límite sobrevive al macerado y entra al fermentador sin ser desactivada por las temperaturas de ebullición o pasteurización, entonces la enzima podría continuar descomponiendo las dextrinas durante la fermentación. En el estudio, la maceración de la cebada malteada se realizó a 149 °F (65°C) durante 60 minutos y se vierte en un fermentador. El lavado de grano (sparging) se realizó en cuatro lotes diferentes a diferentes temperaturas, con los escurrimientos posteriores más caliente hecho, con lo que el mosto a alrededor de 185 °F (85°C) Las primeras dos lavado de grano (sparging) se introdujeron en el fermentador sin experimentar temperaturas más altas, donde los investigadores descubrieron que la mayor parte de la dextrinasa límite sobrevivió y se extrajo del mosto antes de que los lotes de agua caliente calentaran.

Los autores encontraron que la dextrinasa límite no solo sobrevivió al macerado de 60 minutos sino que permaneció relativamente alta durante las primeras etapas de la fermentación e incluso aumentó alrededor de la marca de 10-15 horas. Esto significa que con la dextrinasa límite disponible durante las primeras etapas de la fermentación puede aumentar la fermentación del mosto (beneficioso en la producción de whisky) y potencialmente reducir la sensación en boca debido a la reducción de las dextrinas. [\[107\]](#)

¿Qué tiene que ver esta investigación escocesa con la cerveza de lupulada? La respuesta no es mucha, ¡algunas cosas son simplemente interesantes! Sin embargo, para aquellos que ocasionalmente preparan cervezas sin ebullición (como una Raw Berliner Weisse), esto podría alentarlo a macerar si desea mantener algunas dextrinas en la cerveza final. Si se macera en el extremo inferior del espectro de temperatura y luego se vierte directamente a un fermentador, podría ver la descomposición continua de las dextrinas durante la fermentación, lo que lleva a un aumento en la producción de alcohol y una reducción de las dextrinas en la cerveza final.

Polifenoles en el lupulado tardío y sensación boca

El lupulado tardío puede introducir una cantidad significativa de polifenoles en la cerveza, lo que a su vez puede conducir a interacciones proteína / polifenoles. Un artículo que se centró en examinar cómo el lupulado tardío afectaría a las cervezas con bajo contenido de alcohol (1.2% ABV) probó la recolección de polifenoles de la adición de lúpulos tardío (al final de la ebullición)* con tres variedades diferentes. Los resultados mostraron tasas de transferencia de aproximadamente el 50% (también se usaron algunos lúpulos de ebullición media). Estas cervezas en particular se elevaron a 15 a 20 IBU, lo que sugiere que cuando la mayoría de los lúpulos y la amargura provienen del whirpool, se transferirá una cantidad sustancial de polifenoles al mosto.

En términos de sensación en la boca, el estudio encontró que los polifenoles de la adición de lúpulos tardío mejoraron la plenitud del paladar. La calidad del amargor no transmitió una impresión negativa de "amargor de la sustancia tánica". [\[108\]](#) Esto sugiere que cuando se hacen cervezas con bajo VAB y con lúpulo, una buena manera de mejorar la sensación en boca de la cerveza (el VAB más bajo a menudo puede ser delgado y aguada) es hacer grandes dosis de lúpulo en whirpool en lugar de cantidades extremadamente grandes de dry hop. Una forma de hacerlo sin recoger demasiado amargo es bajar la temperatura del whirpool en las cervezas de lupulada ABV más bajas antes de agregar los lúpulos en whirpool. Una mayor cantidad de lúpulos alfa más bajos en la adición en whirpool también puede ayudar a aumentar los compuestos del lúpulo con menos potencial de amargor. Las entrevistas con cerveceros han revelado que las cervezas ABV más bajas no pueden manejar grandes cantidades de adiciones en dry hopping sin astringencia, a diferencia de las cervezas ABV más altas.

Resultados clave

- Dos cervezas lupuladas idénticas elaboradas con diferentes proporciones de sulfato-cloruro produjeron dos cervezas claramente diferentes. Cuanto mayor sea el sulfato, mayor será la amargura percibida.
- Se ha encontrado una correlación negativa con altos niveles de sulfato y sabor a lúpulo percibido.
- El cloruro ayuda a aumentar la redondez y la plenitud de la cerveza.
- Los granos de la elaboración tendrán un gran impacto en la concentración final de minerales en la cerveza. Por ejemplo, las maltas base pueden agregar hasta 50-100 ppm de sulfatos y aproximadamente 200 ppm de cloruro. Los granos en copos aportarán menos minerales que los malteados.
- Un buen punto de partida de sulfato-cloruro en las cervezas de lupulada es alrededor de 2:3 (favoreciendo el cloruro), puede ajustarlo como desee en lotes posteriores.

Capítulo 5: Percepciones del sabor

"Un sabor complejo puede analizarse mentalmente, consciente o inconscientemente, lo percibimos de la manera en que escuchamos una sinfonía". [\[109\]](#)

Esta cita no tiene otro propósito mas que el de pensar que una persona inteligente y reflexiva podría usar para comenzar un Capítulo sobre percepciones de sabor. Hacia adelante.

Cada uno de nosotros tiene su propio promedio para detectar ciertos sabores. Un estudio de la *American Society Brewing Chemists* en 1980 descubrió que las personas que mostraban promedios bajos para un compuesto generalmente mostraban promedios altos para uno o dos compuestos y viceversa. En otras palabras, dos personas que prueban la misma cerveza pueden informar diferentes impresiones de sabor y ambas estarían en lo cierto. Para cada compuesto en la cerveza, el 10% más sensible del grupo analizado mostró un promedio aproximadamente 20 veces menor que el 10% menos sensible. [\[110\]](#)

Algunas personas pueden requerir concentraciones más altas de un compuesto para poder detectarlo, mientras que otras pueden tener 20 veces menos en la cerveza pero aún así detectarlo. Los sabores de cerveza percibidos pueden ser increíblemente complicados. Hay muchos compuestos químicos que juegan un papel (especialmente en las cervezas hop-forward) junto con las interacciones fisiológicas y las diferencias entre el olor y el sabor.

Un estudio exhaustivo de 15 años publicado en 1982 examinó aproximadamente 250 compuestos que se purificaron y agregaron a la cerveza para determinar diferentes promedios de sabor y cómo interactúan los compuestos para producir un sabor complejo en las

cerveza. Descubrieron que los compuestos de sabores similares tendían a ser "aditivos" donde los compuestos de diferentes sabores actuaban de manera independiente. El estudio concluyó que, en general, la mayoría de los compuestos de sabor de cerveza encajan en esta categoría de aditivos, lo que significa que aunque un compuesto puede existir en una cerveza, combinarlo con otro compuesto similar puede disminuir su promedio de sabor.

En teoría, entonces, colocar lúpulos en capas con perfiles de aceite similares (como Citra y Mosaic) podría ser una buena manera de experimentar para aumentar los sabores deseados de sus variedades favoritas. Si se agregan suficientes compuestos similares, podría reducir potencialmente sus promedios de sabor. Por otro lado, usar lúpulo con compuestos muy diferentes (como Citra y Fuggle) podría dar como resultado sabores más independientes y posiblemente contradictorios.

Papel del Grist en el Sabor

La mayoría de las personas probablemente no piensan demasiado en la selección de granos cuando tratan de hacer una cerveza intensamente lupulada. En general, se entiende que si desea un aroma de lúpulo grande, es mejor limitar las maltas especiales para no dominar los compuestos delicados del lúpulo. Un ejemplo que se cita en la investigación es cómo el contenido de proteínas de los granos puede desempeñar un papel. La proteína tiene poco sabor pero puede influir en la percepción a través de la unión y / o adsorción de compuestos de sabor. [\[111\]](#)

Un estudio de 2013 sobre los niveles de proteínas y carbohidratos en la cerveza y su efecto potencial sobre los compuestos de lúpulo examinó las interacciones entre los compuestos de lúpulo volátiles a diferentes niveles de carbohidratos y proteínas en la cerveza. El estudio eligió cinco compuestos de etanol, mirceno (para representar el sabor a dry hop), hexanoato de etilo (sabor a manzana), acetato de isoamilo (plátano) y benzaldehído (sabor a almendras) y probó los niveles de concentraciones en el espacio de la cabeza del fermentador, de compuestos con diferentes proteínas y carbohidratos.

También se realizaron pruebas sensoriales para acompañar los datos medidos.

La cerveza de prueba se preparó con lúpulo Nugget y se fermentó con Safale S-04 a 75°F (24°C) Despues de la fermentación, una de las cervezas se diluyó con agua (lo que señalaría que también reduciría el contenido de etanol, lo que parecería desempeñar un papel en la percepción del sabor de las cervezas) para obtener una cerveza baja en proteínas y baja en carbohidratos y la otra fue no.

Los autores encontraron que la cerveza alta en proteínas y carbohidratos tenía un sabor a dry hop significativamente más intenso. En las pruebas sensoriales, la cerveza rica en proteínas y carbohidratos mostró un aumento de alrededor del 22% en comparación con la cerveza baja en proteínas y carbohidratos.

Usando cromatografía de gases-espectrometría de masas GC / MS, los compuestos volátiles se analizaron en los dos niveles diferentes de proteínas y carbohidratos. Se encontró que el mirceno estaba en concentraciones más bajas en el espacio de la cabeza del fermentador (pero más alto en la cerveza) en la cerveza alta en proteínas y carbohidratos. Esto puede deberse a que la mayor concentración de proteínas conduce a un aumento en la unión de los compuestos, lo que reduciría las concentraciones de estos compuestos en el espacio superior de la cerveza. En otras palabras, el mayor contenido de proteínas une estos compuestos volátiles y los mantiene en la cerveza y fuera del espacio de cabeza. Esto también podría explicar por qué la cerveza con mayor contenido de proteínas y carbohidratos obtuvo un puntaje más bajo en las pruebas sensoriales para el aroma a dry hop (diferente al sabor), ya que se probó con un 55% menos de mirceno en el espacio superior. [\[112\]](#)

Esta investigación me parece interesante cuando se trata de cervezas turbias y lupuladas, ya que sabemos que las proteínas juegan un papel importante al interactuar con los polifenoles (más sobre esto en The Haze Capítulo 13). Según mi propia especulación, me pregunto si a medida que los compuestos de lúpulo más volátiles (como el mirceno) se retienen en mayor número en cervezas pesadas en proteínas, aumentarían la percepción de los aspectos picantes, resinosos y leñosos del lúpulo.

Potencialmente, si una cerveza es intensamente turbia

debido a las altas proteínas y polifenoles, me pregunto si el carácter del lúpulo podría tener un carácter más verde y resinoso porque se retienen más de esos compuestos volátiles (como el mirceno estaba en el ejemplo anterior).

También se mencionó que los carbohidratos desempeñan un papel potencial en las diferencias de sabor y aroma debido a su capacidad para retener sabores volátiles. En el estudio, a medida que aumentaron los carbohidratos, también aumentó la viscosidad de la cerveza. Es esta plenitud la que parece reducir la capacidad de difusión de los compuestos volátiles. Esencialmente, menos moléculas pueden alcanzar la superficie de la solución donde puede volatilizarse debido al aumento de la viscosidad.

Debido a que los carbohidratos pueden desempeñar un papel en la unión del sabor o al reducir la capacidad de los compuestos volátiles de volatilizarse fuera del líquido, pensé que sería útil observar más de cerca la composición de carbohidratos en los granos y cómo la malta puede desempeñar un papel.

Los valores informados de carbohidratos de cerveza en la mayoría de las cervezas son 4% de dextrinas, 0.8% de glucosa, 0.5% de fructosa y 0.2% de fructano, 0.4% de pentosano y 1% de beta-glucano. [113]

De estos carbohidratos, aquellos bajo el grupo de polisacáridos (como los pentosanos, beta-glucanos y dextrinas) son esenciales para aumentar la viscosidad. Si la viscosidad aumenta y menos compuestos volátiles (como el mirceno) pueden difundirse fuera de la cerveza, puede ver por qué las cervezas más viscosas podrían volverse más astringentes si se saltan en exceso.

Quizás una forma de agregar carbohidratos al gusto (o alcanzar ciertos puntos de densidad) después de la fermentación es agregar maltodextrina. Agregar

maltodextrina después del dry hopping permitiría que el dry hop se extraiga en una solución menos viscosa donde más compuestos más verdes puedan volatilizarse dejando atrás a sus contrapartes frutales. Luego, podría volver a aumentar la dulzura y la viscosidad con la maltodextrina, probablemente alrededor de una densidad final de 1.020 en Hazy IPAs. En Sapwood Cellars, siempre tenemos un saco de maltodextrina a mano, se permite el tratamiento posterior a la fermentación y puede ayudar a que las cervezas OK se conviertan en excelentes cervezas.

Una forma de aumentar estos carbohidratos viscosos es mediante el uso de granos no malteados y granos poco modificados. La beta-glucanasa (que descompone los beta-glucanos) sufre un aumento dramático durante la germinación y la malta y no existe en la cebada no germinada, [\[114\]](#) por lo que la cebada en copos, por ejemplo, tendría una mayor concentración de beta-glucano que la malteada. Los niveles elevados de beta-glucanos (beta-glucanos de bajo peso molecular) se han relacionado con tener un efecto beneficioso sobre la espuma y el sabor. [\[115\]](#)

La avena en copos a menudo se usa en Hazy IPAs para aumentar el contenido de beta-glucano. Un estudio encontró que un macerado compuesto de cebada 100% malteada tenía un contenido de beta-glucano de solo 20 mg /L, pero agregar solo 10% de avena no malteada aumentó el contenido a casi 400 mg /L. [\[116\]](#) Puedes ver el aumento dramático en beta-glucanos cuando solo el 10% de la cebada se reemplaza con avena en copos. Por lo tanto, si una receta rica en avena en copos está creando demasiado carácter astringente verde, potencialmente a partir de los beta-glucanos que ayudan a retener los sabores de lúpulo más volátiles como el mirceno, puede tener sentido reducir el porcentaje de avena en copos para disminuir el porcentaje de beta-glucano o para probar

avena malteada que tendría pocos beta-glucanos después de pasar por los procesos de malteado.

Las maltas mal modificadas tienen concentraciones más altas de carbohidratos que las maltas completamente modificadas porque durante el proceso de germinación y malteo, la modificación de la proteína ocurre primero, seguida de la modificación de los carbohidratos. Específicamente, la beta-glucanasa se produce en último lugar. Si la malta se corta, como en las maltas mal modificadas, y la modificación de los carbohidratos no se completa, la malta resultante tendría niveles más altos de carbohidratos como los beta-glucanos. [\[117\]](#)

Me puse en contacto con BESTMALZ®, que ofrece una malta de cebada de verano de 2 hileras modificada por debajo llamada "malta de chit" y le pregunté sobre los niveles de carbohidratos. Específicamente, tenía curiosidad sobre los niveles de beta-glucanos y me dijeron que "los niveles de beta-glucano en la malta de chit son más altos debido al menor contenido de agua y el crecimiento provocado en la remojo y la germinación que la malta de cebada normal". También suponen que los niveles de beta-glucano en la malta de chit son comparables a los de la avena, pero aún no lo han probado. Entonces, parece que los granos submodificados tienen más carbohidratos que los completamente modificados.

La mayor concentración de beta-glucanos en la malta cebada (pero probablemente aún menos que un grano no malteado) combinada con el potencial para una mejor retención de espuma y estabilidad en el estante (más sobre esto en el capítulo 14) hace que sea una buena opción de malta para experimentar con Hazy IPAs.

En mi experiencia, reemplazar alrededor del 10% de la molienda con malta es un buen punto de partida.

Rol de la malta base

La elección de la malta base utilizada en cervezas es a menudo una decisión que se pasa por alto. Por lo general, se piensa más en una elección de malta cristal al 3% que en las 2-hileras que constituye la mayor parte del grano. La investigación en 2018 de seis variedades de maltas base diferentes me ha hecho repensar este enfoque.

En el documento, se probaron malta de 2 hileras de Copeland, Expedition, Full Pint, Meredith, Metcalfe y PolarStar en una receta de bajo amargor (8 IBU) fermentada con levadura suministrada por New Belgium Brewing. Se analizaron tanto el análisis sensorial como la química de la malta. Las cervezas se almacenaron a temperatura ambiente durante un mes después del envasado, luego a 39°F durante otro mes y se evaluaron la semana 0, 4 y 8. Los autores encontraron que las seis fuentes comerciales de cebada contenían variaciones significativas de metabolitos, y estas sí tuvieron un impacto en las pruebas sensoriales.

El panel descubrió que las diferencias distintivas de sabor en las cervezas eran detectables después de dos meses de almacenamiento.

Específicamente, el documento señaló que “Full Pint y Copeland se asociaron con rasgos sensoriales afrutados, de cáscara de sandía, acetato de etilo, acetato de isoamilo y acetaldehído / manzana verde. Meredith y Metcalfe se asociaron con las características sensoriales de los chips de maíz, sulfídico (H₂S) y Honeycomb, y PolarStar

y Expedition se asociaron con sabores umami y cartón ”. ^[118]

Los sabores más frutales hechos con Full Pint de 2 hileras obviamente me llamaron la atención en lo que respecta a hacer IPA afrutados. Mirando más de cerca por qué, los autores encontraron que Full Pint tenía varios compuestos nitrogenados y terpenos consistentes con sabores a frutas o perfumes. Otras marcas de 2-hileras también contenían compuestos consistentes con los resultados sensoriales. Por ejemplo, Meredith contenía aminas que contenían azufre, aminoácidos y azúcares asociados con maíz y sabor a cereal.

Mirando más de cerca a Full Pint, el documento descubrió algunos compuestos adicionales que pueden estar influyendo en los sabores afrutados, incluido un metabolito volátil llamado alfa-ionona, una cetona asociada con sabores de corteza floral, de pera y de sandía, que se pueden crear como resultado de alfa-ionona que se sintetiza a partir de la cerveza terpene citral y acetona. El documento continuó citando fuentes que explican que las vías de degradación de terpenos y lípidos pueden interactuar para formar nuevos terpenos afrutados en la cerveza la cerveza Full Pint también tenía bajos niveles de monoterpenos presentes, aunque en niveles bajos, tal vez podrían ser una buena adición a los deseables monoterpenos de lúpulo afrutado. [\[119\]](#)

Las diferencias químicas en las diferentes variedades de 2-hileras que ayudan a cambiar la dirección sensorial de las cervezas ciertamente tienen sentido, ya que las diferencias químicas del lúpulo juegan un papel de sabor. Esta parece ser otra área de investigación que será interesante vigilar cuando se trata de maximizar los sabores de frutas en las IPA'S. Aunque este documento se centró más en los sabores después del envejecimiento,

¿por qué no probar algunas cervezas con Full Pint 2-row en las mismas recetas lupuladas que preparó previamente para ver si recibe un impulso de la malta base?

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

Tasa de inoculacion de levadura

La selección de levadura obviamente tendrá un gran impacto en una cerveza a través de la producción de ésteres, sensación en la boca, claridad, etc. Sin embargo, un componente que puede afectar los sabores de una cerveza lupulada no es solo la selección de levadura, sino la tasa de inoculación de la levadura. El uso de diferentes tasas de inoculación puede ser otra herramienta para los cerveceros “lupuleros” para afinar aún más sus cervezas, especialmente cuando se considera la investigación sobre el tema.

Un artículo de 2017 probó varias concentraciones de levadura para imitar las fermentaciones primarias con cepas de levadura Weihenstephan 68 y 34/70. Los resultados muestran que cuanto mayor es la tasa de inoculación de levadura, mayor es la absorción de compuestos. El β -mirceno disminuyó, dependiendo del recuento de células de levadura, y solo quedaron rastros del mismo en los recuentos más altos de 100 millones de células / ml. Sin embargo, las concentraciones de linalool no cambiaron notablemente por la presencia de células de levadura. Los autores concluyeron que cuanto más polar o soluble sea el compuesto, es menos probable que se vea afectado por la levadura. En otras palabras, el β -mirceno es una sustancia menos polar y es menos probable que se disuelva en la cerveza y, por lo tanto, es más probable que se vea influenciado por las células de levadura. [\[120\]](#)

Quizás podamos pensar en los altos recuentos de cepas de levadura como una forma potencial de reducir las concentraciones finales de compuestos de lúpulo no polar que tienden a ser picantes, herbales y leñosos. Al mismo tiempo, podrían quedar más compuestos polares que

contienen oxígeno, como los alcoholes monoterpenos afrutados y cítricos (linalool y geraniol). Por lo tanto, un dry hopping temprano mientras la levadura aún está activa tiene el potencial de cambiar la experiencia sensorial basada en la interacción de las células de levadura con compuestos menos polares. Sin embargo, el CO2 activo también expulsará los aromáticos, por lo que la adición general podría ser menos aromática, pero también ligeramente más fructífera y menos picante, resinosa y verde. Especulo que el acondicionamiento/carbonatacion en barriles de una cerveza con énfasis en el lupulado podría impulsar la refermentación, lo que también podría eliminar más compuestos leñosos y resinosos del dry hopping.

En el nivel comercial, he experimentado con adiciones tempranas de dry hop durante la fermentación y noté una pérdida general de aroma de lúpulo mucho mayor que en el nivel de elaboración casera, tal vez debido a una fermentación más agresiva en general. Sin embargo, para algunas de nuestras cervezas más accesibles/tomables donde se desea una pizca de sabor y aroma a lúpulo, adicionar lúpulo el primer día de fermentación parece proporcionar una capa base sutil de sabor a lúpulo afrutado con muy poca o ninguna percepción a lúpulo o herbal . Esto podría deberse tanto a la fermentación que elimina los compuestos, como la levadura activa que absorbe algunos de los compuestos de lúpulos no polares.

Hemos aprendido que las cervezas con alto contenido de avena en hojuelas tendrán altos niveles de beta-glucanos que podrían retener más mirceno en la cerveza final aumentando el carácter "verde". Pero también aprendemos que aumentar las tasas de inoculacion también puede ayudar a reducir las concentraciones de mirceno. Entonces, si la sensación viscosa y sedosa de la

avena es algo que está buscando, pero está obteniendo cervezas que son demasiado astringentes, considere experimentar reduciendo ligeramente el porcentaje de avena en copos y aumentando la tasa de inoculación de la levadura.

La ciencia es interesante, pero quería ver por mí mismo si las tasas de inoculación de levadura podrían reducir las características verdes y resinosas en la cerveza, así que diseñé mi propio experimento para probar los resultados. Preparé un Hazy IPA de 10 galones y dividí el mosto en lotes de 5 galones para fermentar por separado. Tres días antes de la preparación, preparé un gran starter de 3.000 ml de levadura RVA 132 Manchester Ale. Revolviendo el starter lo más uniformemente posible, vertí 1,000 ml de starter en un matraz Erlenmeyer separado y lo cold-crash (enfriado), para poder descartar el starter pero conservar la levadura. La mitad de la cerveza fermentó con los 1.000 ml de starter y la otra fermentó con 2.000 ml de starter, lo que duplicó la tasa de inoculación que normalmente se requiere para fermentar 5 galones de mosto 1.065.

A cada cerveza se le hizo dry hopping temprano en la fermentación con 28 gramos de Amarillo y 56 gramos de Citra, luego nuevamente con las mismas cantidades en el barril de servicio. La molienda era una base simple de 70% de 2 hileras, 15% de trigo malteado y 15% de malta.

Podría notar una diferencia entre cada muestra cuando se sirve a ciegas. Para mi paladar, la cerveza con un mayor tasa de inoculación fue menos aspera con un poco menos de presencia vegetal/verde , en general, fue más suave que la cerveza inoculada con 1,000 ml de starter (concedido, estaba buscando esto cuando probé sabiendo el razón del experimento). Serví las dos cervezas a ciegas para aproximadamente diez personas, todas homebrewers, y

solo una persona prefirió la cerveza con la tasa de inoculación estándar de la levadura. Los comentarios generales de la gente que prefería el aumento en la tasa de inoculación se parecían mucho a mis pensamientos personales: era más agradable al paladar, ofrecía menos astringencia y tenía un sabor a lúpulo ligeramente más frutal. Quizás el resultado de la degustación se deba a la eliminación de los compuestos más verdes y menos polares, lo que permite que permanezca con más compuestos “frutales” polares.

Mis resultados se alinearon con la investigación, aumentar la tasa de inoculación de la levadura podría ser una forma de reducir las características generales verdes, resinosas y astringentes que pueden venir con cervezas muy lupuladas. Esto podría atribuirse en gran medida al aumento de la concentración de levadura presente simplemente extrayendo compuestos no polares adicionales, así como interactuando y eliminando otros compuestos potencialmente agresivos como los polifenoles del lúpulo. Diré que a medida que cada cerveza permaneció en el barril (con lúpulo) durante más de un mes, se volvieron más parecidas, lo que me sugiere que algunas de estas duras características verdes pueden asentarse durante un período prolongado condicionamiento en frío.

La cerveza con un aumento de la tasa de inoculación pareció alcanzar su pico más rápido (aproximadamente una semana) en comparación con la cerveza con una tasa de inoculación más pequeña.

No estoy seguro de ir tan lejos como para recomendar grandes tasas de inoculación como un enfoque sólido a largo plazo para elaborar cerveza, pero fue un experimento interesante que ayuda a entender un poco más las cervezas turbias y lupuladas.

Me gustaría ver más pruebas de laboratorio de compuestos con lúpulos actuales en este tipo de experimentos con cervezas turbias antes de hacer recomendaciones.

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

Resultados clave

- La cerveza alta en proteínas y carbohidratos tenía un sabor a dry hop significativamente más intenso (en la prueba, el compuesto medido era mirceno). Las concentraciones más altas de carbohidratos (como los beta-glucanos) en la cerveza de lupulada pueden ayudar a retener más de los compuestos volátiles verdes y resinosos.
- Los granos no malteados y los granos poco modificados tendrán más beta-glucanos que los granos malteados.
- No todas las maltas base son iguales cuando se trata de implicaciones de sabor, una prueba encontró que una malta de 2-hileras llamada Full Pint de Briess creó más sabores afrutados que otras cinco maltas base probadas.
- Experimentar con diferentes tasas de inoculación de levadura puede ser una forma de marcar los sabores deseados en una cerveza. El aumento de las tasas de inoculación puede ayudar a reducir algunos de los compuestos verdes y resinosos más volátiles. Sin embargo, el aumento de las tasas de inoculación puede tener otros impactos de fermentación, como el aumento de los ésteres (cuando está muy sobrepuerto).

Capítulo 6: Ésteres y Alcoholes de Fusel

Algunas veces referidos como constituyentes de sabor secundarios, los ésteres y los alcoholes de fusel pueden desempeñar un papel de respaldo en las cervezas de lupulada o pueden absorberse completamente dependiendo de variables como la selección de la levadura y las condiciones de fermentación. Con cientos de compuestos en la cerveza con énfasis en el lupulado luchando contra un Royal Rumble por su atención sensorial, vale la pena prestar atención al papel de los ésteres y los alcoholes, particularmente si el objetivo es dejar que brille el lúpulo.

Tanto los alcoholes como los ésteres son compuestos aromáticos importantes que ayudan a dar forma a las características de la cerveza. Los ésteres activos de sabor más importantes son acetato de etilo (afrutado, similar a un solvente), acetato de isoamilo (afrutado, aroma a plátano), acetato de isobutilo (piña), caproato de etilo y caprilato de etilo (manzana ácida) y acetato de etilfenilo (florido, rosas, miel, afrutado). Los promedios de sabor para cada éster pueden variar y generalmente son muy bajos, desde 0.2 ppm para acetato de isoamilo hasta 8-48 ppm para acetato de etilo.

No solo los ésteres individuales pueden dar forma al sabor de la cerveza, sino el papel de múltiples ésteres trabajando juntos creando un efecto sinérgico. Esto significa que los ésteres pueden afectar el sabor por debajo de sus promedios individuales cuando están presentes con otros ésteres. [\[121\]](#) En parte debido al efecto sinérgico y los bajos promedios de sabor, pequeños cambios en las concentraciones de ésteres pueden

afectar el sabor y el aroma de la cerveza. En general, las cepas de levadura ale producirán más ésteres y alcoholes superiores que las cepas de levadura lager. [\[122\]](#)

Los alcoholes superiores llamados alcoholes de fusel en la cerveza también pueden contribuir al sabor. Los alcoholes de fusel más prevalentes en la investigación son el propanol, el isobutanol, el alcohol amílico activo y el alcohol isoamílico. [\[123\]](#) A medida que observamos las diferentes variables que pueden afectar los alcoholes y los ésteres, es importante señalar que las diferentes variedades de ale y lager alterarán estas proporciones en la cerveza fermentada. [\[124\]](#) También es importante tener en cuenta que en cada artículo detallado a continuación, se utilizaron diferentes cepas de levadura y los resultados podrían variar. Sin embargo, creo que es justo usar la información para formar una comprensión general de los ésteres y alcoholes y usar la información para aumentar la probabilidad de preparar cerveza más cerca del objetivo deseado.

Temperatura de fermentación

En general, los cerveceros entienden que las temperaturas de fermentación más altas aumentarán la producción de ésteres, pero las cantidades pueden variar entre las diferentes cepas y los ésteres individuales producidos. Un artículo mostró que las cantidades de alcoholes de fusel aumentaron "notablemente" con el aumento de la temperatura de fermentación de 50°F (10°C) a 59°F (15°C) [\[125\]](#)

Al probar los ésteres, el estudio anterior encontró que el aumento de las temperaturas aumentaba las concentraciones de ésteres. Aquí, el aumento de la temperatura de fermentación de 64°F (18°C) a 73°F (23°C) dio como resultado un aumento de la concentración de ésteres de acetato del 14% y la concentración total de ésteres etílico en un 63% (con la cepa de levadura Safale S-04).

Un problema que he tenido como cervecer casero en lo que se refiere a la temperatura del mosto se limita a la temperatura de mi agua subterránea (de pozo) cuando enfrió usando un enfriador de inmersión. En los meses de verano, generalmente puedo enfriar mi mosto a unos 80°F (27°C), que es mucho más alto que mi temperatura de fermentación deseada. Siempre tengo miedo de inocular la levadura al mosto caliente por temor a aumentar la producción de ésteres y alcohol. Hay algunas opciones; podría bombear agua enfriada a través de mi enfriador para bajar la temperatura o poner la cerveza en mi refrigerador de fermentación durante horas esperando que baje la temperatura, ambos requieren más trabajo y tiempo.

Por lo tanto, me pregunto si los cerveceros caseros pueden inocular la levadura a las temperaturas más cálidas del verano de inmediato y dejar que la cerveza se enfríe en el refrigerador de fermentación sin ningún impacto negativo de ésteres o alcohol de fusel que afecte el aroma y el sabor del lúpulo. Esta pregunta me inspiró a investigar más sobre el momento de la producción de ésteres y alcohol.

En 2001 se realizó un estudio con información sobre cuándo se produce la producción de ésteres y alcohol de fusel durante la fermentación y se encontró un cronograma trifásico para la producción de estos, en primer lugar el alcohol; luego se acumulan alcohol y ésteres; y por último los ésteres se acumula solos. En los experimentos los alcoholes de fusel se produjeron durante las asimilaciones de azúcar y FAN, que es un poco más temprano en el proceso que la formación de ésteres. La tasa de producción de ésteres alcanzó un máximo y aproximadamente el 80% del tiempo total de fermentación, dependiendo de la temperatura. El tiempo inicial de producción de ésteres fue generalmente alrededor de las 20 horas.

Al examinar la tabla incluida en el estudio, la producción de alcoholes de fusel comienza en las primeras 10 horas de fermentación y realmente comenzó a aumentar alrededor de las 24 horas, pero a un ritmo mucho más drástico a temperaturas más cálidas. Sin embargo, cuando las cervezas se calentaron más en el estudio, no se experimentó un retraso en la levadura, por lo que es probable que los alcoholes se formaran un poco más rápido (en este caso, 60°F para una cepa de levadura lager). [\[126\]](#)

Es importante tener en cuenta que aunque el estudio encontró que la temperatura tuvo un impacto significativo en la tasa de producción de alcohol fusel a través del aumento de las tasas de consumo de azúcar y FAN, fermentaron la cerveza a la temperatura constante más alta. Por lo tanto, al ponerse más caliente en los meses de verano y permitir que el mosto se enfrie en el refrigerador de fermentación podría disminuir el tiempo de retraso de la levadura (inicio de fermentación más rápido), pero crear una mayor concentración de alcoholes de fusel. Sin embargo, el aumento de alcohol de fusel probablemente sería menor que el estudio encontrado porque la temperatura estaría bajando durante este período de producción de fusel, no permanecería a una temperatura cálida constante como estaba en el estudio.

El lapso de tiempo en el que se crean los ésteres durante la fermentación parece ser un problema menor cuando se calienta. En una revisión sobre levaduras y ésteres y alcoholes en la *Revista de Microbiología Aplicada y Biotecnología* (Applied Microbiology and Biotechnology Journal), se afirma que los ésteres se forman principalmente durante la fase vigorosa de la fermentación primaria por "condensación química de ácidos y alcoholes orgánicos". [\[127\]](#) La etapa vigorosa de fermentación no se alcanzará durante el corto tiempo en que el mosto se enfrie a la temperatura de fermentación deseada en la cámara de fermentación.

Mirando directamente este tema, un estudio realizado en 1994 por la:

Sociedad Estadounidense e Químicos Cerveceros donde analizó la formulación de ésteres durante la fermentación a diferentes temperaturas. La fermentación se realizó a tres temperaturas diferentes de 53°F (12°C), 59°F (15°C) y 64°F (18°C) con una cepa lager (NCYC 1324) y las muestras de ésteres se registraron por espacio de cabeza (headspace) análisis.

Se encontró una mayor concentración de ésteres en fermentaciones más caliente, lo cual no es sorprendente. Sin embargo, en lo que respecta al período de tiempo, los ésteres (acetato de isoamilo) comenzaron a aumentar alrededor de la hora 20 durante la fermentación, alcanzando su punto máximo alrededor del día tres para la fermentación más caliente y el día cuatro para la fermentación más frío. [\[128\]](#) Por lo tanto, parece lógico, al menos para el acetato de isoamilo, que la inoculación a temperaturas más caliente probablemente no tenga efectos drásticos en la producción de ésteres.

El ajuste de las temperaturas de fermentación durante la fermentación también puede alterar la producción de ésteres y alcohol fusel, pero es una función compleja del nivel de temperatura final, la dirección del cambio de temperatura y el estado de la levadura en el momento del ajuste de temperatura. Se probó una cepa comercial de levadura lager en mosto oxigenado en cuatro fermentos separados, uno a una temperatura constante de 52°F (11°C), una que eleva la temperatura de 52-65°F (11 - 18°C) alrededor 60 horas en fermentación (después de que la tasa de evolución de CO₂ alcance el máximo), una elevación de 52 -65°F (11 -18°C) alrededor de 20 horas en fermentación (después de la fase estacionaria), y finalmente a una temperatura constante de 65°F (18°C)

En la prueba, los ésteres más altos se encontraron en la cerveza fermentada a 65°F constante. La cerveza que se elevó a 65°F (18°C) después de la fase estacionaria (aproximadamente 20 horas más o menos en la fermentación) terminó cerca de la cerveza a una temperatura inferior constante de 52°F (11°C).

Y sorprendentemente, la cerveza que se elevó a 65°F (18°C) alrededor de 60 horas en fermentación (aproximadamente 2.5 días) terminó con la concentración más baja de ésteres (aproximadamente 8 mg/L) menos que la que se fermentó constantemente a 52°F (11°C)^[129]

Por lo tanto, parece plausible, que comenzar con una temperatura de inoculación más alta y enfriarla gradualmente durante las primeras 10 horas más o menos, podría compensarse de alguna manera al aumentar las temperaturas después de los primeros días de fermentación.

El estudio anterior también analizó el efecto sobre la producción de ésteres cuando se enfrió la temperatura de fermentación durante la fermentación activa (no es una práctica común). Cuando la temperatura de fermentación disminuyó de 65°F a 52°F después de 2.5 días, los niveles de ésteres fueron más altos que para cualquier otra variable registrada. Por lo tanto, bajar la temperatura durante la fermentación máxima causa niveles más altos de ésteres.

En cuanto a la producción de alcohol fusel en las pruebas descritas anteriormente, no cambiaron tanto con los ajustes de temperatura. En general, hubo un almizclado aumento con las temperaturas de fermentación más altas y al elevar la temperatura a mitad de la fermentación resultó en un aumento más bajo de alcoholes frente a una fermentación más caliente constante.

Cuando la temperatura se elevó más tarde a la fermentación en lugar de temprano (aproximadamente 20 horas frente a 60 horas), los alcoholes de fusel aumentaron en menor medida. En general, cuando se hacen Hazy IPAs, tiene sentido permitir que la temperatura de fermentación aumente gradualmente durante la fermentación para fomentar una fermentación saludable y completa, pero también para mantener los ésteres y los alcoholes bajo control.

Toda la ciencia es fascinante ya que se relaciona con el momento de la producción de ésteres y alcohol, pero quería ponerlo a prueba para ver si los cerveceros caseros podrían calentar la levadura en los meses de verano. Por lo tanto, para probar si el tono caliente hace la diferencia, preparé un lote de 10 galones de IPA con Glacier y Citra, fermentada con levadura RVA Manchester Ale y dividí el mosto en dos fermentadores después de enfriar a 86°F (30°C) Ambos mostos entraron en mi cámara de fermentación ajustada a 67°F (19°C) Inoculé la levadura inmediatamente a uno de los mostos (que todavía estaba a 86 °F) y esperé aproximadamente 15 horas hasta que el otro fermentador se enfrió gradualmente a 67 °F, momento en el que inoculé la levadura.

Llevé a un growler de cada cerveza a la casa de un amigo para una noche de compartir botellas (no es exactamente la forma más científica de hacer pruebas sensoriales). En general, las dos cervezas fueron increíblemente similares, especialmente en el aroma y el sabor. De todos modos, sugiriendo en esta prueba que la inoculación en caliente no tiene un gran impacto en la producción en los ésteres o alcoholes de fusel. La única diferencia entre las dos cervezas que pude detectar de manera confiable fue que la cerveza caliente parecía tener una sensación en boca más ligera.

Tenía curiosidad de por qué la sensación en boca podría ser diferente entre las dos cervezas, así que busqué en algunos estudios y descubrí que la producción de glicerol podría ser la respuesta. El glicerol es un alcohol de azúcar producido como un subproducto del proceso de fermentación de etanol por *Saccharomyces cerevisiae*, que puede contribuir al cuerpo de la cerveza. [\[130\]](#) Un estudio indicó que el aumento de la temperatura de fermentación resultó en una mayor producción de glicerol y una temperatura óptima para la producción de glicerol por cepas de levadura de vino de *S. cerevisiae* entre

71-89 °F. (21-32°C) [\[131\]](#)

¿Podría ser que el corto período de solo 15 horas mientras la cerveza se enfriaba lentamente a la temperatura de inoculación adecuada mejoró la producción de glicerol? Es posible, ya que un artículo midió el plazo de producción de glicerol en el licor de fermentación y aproximadamente ocho horas después de la fermentación, los niveles de glicerol comenzaron a subir y a las 18 horas la producción de glicerol parecía alcanzar su nivel máximo. [\[132\]](#)

Aunque el impacto de la sensación en boca del glicerol es solo una especulación mía en este punto, me encantaría ver más investigaciones sobre la producción de glicerol a partir de cepas de levadura comunes en Hazy IPAs. Específicamente, qué factores pueden aumentar o disminuir los niveles de concentración final. Es posible que niveles más altos no solo afecten la sensación en boca, sino que también aumenten la viscosidad y retengan más compuestos verdes no polares (más especulación).

Trub

Un estudio de 1982 analizó el papel que desempeñaba el “trub”(restos decantados de proteínas y lupulos)durante las fermentaciones de cerveza. Las fermentaciones a escala piloto se realizaron en dos tanques separados, con trub y sin trub. El estudio encontró que los ésteres y los alcoholes de fusel formados durante la fermentación estaban influenciados por los niveles de trub. Específicamente, los niveles de ésteres en la cerveza fermentada sin trub fueron mayores que las cervezas fermentadas con el trub agregado. Un análisis posterior mostró que los lípidos del mosto en las cervezas con trub eran significativamente más altos que los del mosto claro sin trub.

El mismo estudio también encontró que las cervezas con trub fermentaron sustancialmente más rápido (1.75 días más rápido) y tuvieron una fermentación más vigorosa con un mayor conteo de levadura suspendida durante la fermentación. Por otro lado, la formación de alcoholes de fusel aumentó ligeramente en la cerveza fermentada con altos niveles de trub. [\[133\]](#)

Un estudio de seguimiento que analizó los posibles efectos del trub durante la fermentación se realizó en Japón con BH-84 (levadura lager comercial). Se llenaron tres tanques separados con mosto no fermentado enfriado con cantidades variables de trub que varían de 0,13 a 15,9 mg / ml. Las cervezas fueron fermentadas y probadas buscando ésteres de acetato de etilo y acetato de isoamilo. Los autores encontraron que cuando el contenido total de trub en el mosto aumentó, tanto el acetato de etilo como el acetato de isoamilo disminuyeron

significativamente. [134]

Por lo tanto, dependiendo de los objetivos de sabor de la cerveza que está elaborando, permitir que algo se meta en el fermentador desde la holla de hervor puede ser una herramienta para ayudar a formar la formación de ésteres a partir de la levadura. Según los estudios anteriores, cuanto más trub se permite en el hervidor, menor es la formación de ésteres, más rápida es la fermentación, con el potencial de alcoholes de fusel ligeramente más altos.

Nutrientes de levadura

Un artículo de 2014 analizó el papel de dos suplementos de levadura sulfato de zinc ($ZnSO_4$) y el aminoácido

L-leucina y probó sus efectos sobre la producción de ésteres en cervezas fermentadas con la cepa de levadura Safale S-04. Los autores encontraron que los compuestos de ésteres producidos durante la fermentación aumentaron considerablemente con la adición de $ZnSO_4$ y L-leucina. Específicamente, 0,12 g/L de $ZnSO_4$ dio como resultado un aumento del 27% en los ésteres de acetato y un aumento del 123% en los ésteres etílicos totales en comparación con la muestra sin suplementar. La adición de 0.750 g/L de L-leucina dio como resultado un aumento del 41% en la concentración total de ésteres de acetato y un aumento del 84% en la concentración total de ésteres etílico en comparación con la muestra no suplementada. [\[135\]](#)

Se encontró que la adición de aminoácidos de valina, leucina e isoleucina (nitrógeno total agregado = 95 mg /L) aumentaba fuertemente la producción de alcoholes de fusel (isobutanol, alcohol isoamílico y alcohol amílico). Específicamente, el 60-70% de la leucina e isoleucina añadidas se transformaron en alcohol isoamílico y alcohol amílico, y toda la valina se transformó en isobutanol. Una desventaja potencial de la ausencia de aminoácidos añadidos (nutrientes de levadura) al fermento fue un período de tiempo ligeramente más lento para alcanzar el final de la fermentación, en este caso, la diferencia fue de solo aproximadamente 10 horas. [\[136\]](#) Sin embargo, para los cerveceros caseros, diez horas adicionales de fermentación probablemente no es un gran problema.

Por lo tanto, los nutrientes de la levadura son excelentes para una fermentación saludable, pero también podrían alterar los sabores derivados de la levadura. Demasiado nutriente de levadura podría crear una abundancia de alcoholes de fusel y conducir a un acabado mas alcooholico. Al mismo tiempo, los nutrientes de la levadura pueden ayudar a aumentar los ésteres deseables. Experimentar con diferentes cantidades de nutrientes es otra herramienta que los cerveceros pueden usar para probar y controlar los perfiles de fermentación. ¡Siempre hay algunos para seguir retocando!

LIBRERO HOP

Oxígeno

Las condiciones de fermentación anaeróbica (ausencia de oxígeno) y semianerobia (parcialmente oxigenada) fueron probadas en 1985 por la *Sociedad Estadounidense de Químicos Cerveceros* en mostos de alta densidad para descubrir los efectos de los ésteres y la producción de alcohol fusel. Las fermentaciones semianerobias se realizaron con el uso de un tapón de espuma estéril (como el que usan muchos cerveceros caseros en sus starteres), lo que resultó en niveles drásticamente reducidos de ésteres en comparación con la fermentación anaeróbico. Esto fue cierto independientemente de la cantidad de suplementos nutricionales administrados a las cervezas. Los alcoholes de fusel no parecían estar significativamente influenciados por condiciones anaeróbicas o semianerobias. [\[137\]](#)

Otros estudios también han señalado una disminución de la producción de ésteres en condiciones de mayor aireación del mosto, incluso en numerosas cepas de levadura probadas e incluso a diferentes velocidades de inoculación. [\[138\]](#) Por supuesto, el objetivo no siempre es reducir los ésteres, pero si ese es un objetivo, imitar las fermentaciones abiertas en el nivel de elaboración casera podría ser una forma de reducir un poco los niveles. Esto se puede hacer fácilmente cubriendo la abertura del fermentador con papel de aluminio desinfectado durante la fase activa de fermentación, probablemente los primeros días más o menos.

PH de la cerveza

¿Qué pasa con el pH de la cerveza y su efecto en la producción de ésteres? Aunque es menos preocupante cuando se preparan cervezas lupuladas (no acidadas), es interesante aprender cómo el pH puede afectar las fermentaciones.

El *Journal of Bioscience and Bioengineering* probó tres cervezas diferentes fermentadas cada una con un pH inicial diferente (3.0, 5.0 y 7.0). A medida que aumentaba el pH inicial, también se formaron los ésteres durante la fermentación. La cerveza fermentada a un pH de 7.0 resultó en la concentración más alta de ésteres con un aumento del 13% en los ésteres de acetato total y un aumento del 7% en la producción total de ésteres etílico en comparación con el control (cerveza con pH 5.0). Por otro lado, la cerveza fermentada a un pH bajo de 3.0 resultó en una disminución del 18% en la concentración total de ésteres. [\[139\]](#)

Resultados clave

Variable	Possible resultado
Mayor temperaturas de fermentación	Aumento de ésteres y alcoholes.
Trub presente en el fermentador	Esteres reducidos y aumentados alcoholes
Agregar nutriente de levadura al fermentador	Aumento de ésteres y alcoholes.
Aumento de oxígeno durante la fermentación	Ésteres reducidos
Presión superior (disuelta CO ₂ o fermentador tapado)	Esteres y alcoholes reducidos
Aumento de inoculación de levadura	Aumento de ésteres (solo cuando se sobreinocula)
PH reducido del mosto (3.0)	Ésteres disminuidos
Aumento de temperatura en el clímax de la fermentación	Ésteres disminuidos
Disminución de temperatura en el clímax de la fermentación	Ésteres aumentados

Mayor densidad fermentaciones	Aumento de ésteres y alcoholes.
Aumento de la densidad del mosto con jarabe de maltosa	Disminución de los ésteres (en comparación con otros jarabes)
Aumento de los lípidos del mosto (como avena)	Ésteres disminuidos

LIBRERO HOP

Capítulo 7: Dry hopping

Los regímenes de dry hop entre cerveceros caseros y cervecerías comerciales pueden variar drásticamente y estas diferencias (como el tamaño de los tanques, por ejemplo) pueden alterar las tasas de extracción y, en última instancia, el sabor final y los aromas de la cerveza. En este capítulo, analizo la investigación que se ha realizado sobre el dry hopping para ayudar a los cerveceros a maximizar estas importantes adiciones de aroma.

Desafortunadamente, incluso después de leer cientos de páginas de estudios sobre el tema, no puedo sugerir con certeza la mejor manera de abordar el dry hopping. Sin embargo, la investigación puede ayudar a guiar a los cerveceros a experimentar con diferentes métodos, diseños de recetas y equipos para aumentar los resultados.

Introducción de oxígeno

El oxígeno es el enemigo número uno de las cervezas con dry hop. Puede transformar rápidamente una cerveza de lupulada fresca y afrutada en una versión más oscura, acartonada, cereza dulce de sí misma rápidamente. En mi experiencia, esto puede suceder aún más rápido en el estilo lupuladas turbias. Por ejemplo, jhe tenido una oxidación en Hazy IPA's después de solo dos semanas debido a una tapa con fugas! Evitaría usar cubos en la escala casera para cervezas lupuladas turbias por esta misma razón, parecen ser notorias por las fugas, lo que es particularmente preocupante después de la fermentación.

El dry hopping a menudo se pasa por alto como una fuente potencial de introducción de oxígeno, pero una tesis de Peter Harold Wolfe, titulada, "Un estudio de los factores que afectan la extracción de sabor cuando se usa dry hopping en la cerveza", señala que la introducción de oxígeno disuelto se "introduce inevitablemente "Cuando se agregan lúpulos secos a la cerveza," como resultado de la multitud de grietas inherentes a su anatomía ".

Debido a esta inevitable introducción de oxígeno, Wolfe sugiere que el dry hopping temprano en la fermentación mientras la levadura todavía está presente y activa permitiría que el oxígeno sea metabolizado por la levadura antes de que pueda oxidar la cerveza. [\[140\]](#) Sabemos que la fermentación activa puede reducir la introducción de oxígeno, pero también puede afectar los niveles finales de compuesto de lúpulo en la producción de CO₂ y la eliminación y absorción de las células de levadura.

Teniendo en cuenta que la mayoría de las fermentaciones de cerveza, cuando se inoculan y oxigenan adecuadamente, generalmente se fermentan alrededor de cinco días más o menos, parece que el dry hopping para eliminar el oxígeno debe realizarse alrededor del día 3-5 de fermentación. ¿Qué sucede si desea el perfil de dry hop posterior a la fermentación? Algunos cerveceros con los que hablé a quienes les gusta adicionar el lúpulo después de la fermentación agregarán una pequeña cantidad de azúcar con el dry hop para alentar la re-fermentación rápida con la esperanza de restregar el oxígeno introducido con el dry hop.

Específico para cerveceros caseros, otra forma de evitar la recolección de oxígeno durante el dry hopping es agregar las adiciones de dry hop a un barril vacío y purgar todo el barril con la adición del lúpulo con CO2 (llenando hasta 15-20 psi varias veces). Luego puede transferir la cerveza al barril. Si se transfiere al barril con un sifón automático, asegúrese de seguir liberando presión del barril para garantizar el flujo.

Si está fermentando en un barril u otro recipiente conectado al CO2, puede usar una válvula de descarga cuando realice la transferencia al barril de servicio. La válvula de expansión ayuda a mantener una buena transferencia lenta al liberar lentamente la presión del recipiente receptor, lo que ayuda a evitar la formación de espuma. Idealmente, la PSI del barril debe estar ligeramente por debajo de la PSI del barril de origen. Si la presión del barril de servicio es demasiado alta, no habrá flujo en el barril. Por otro lado, si la presión del barril o recipiente de empuje es mucho mayor que el barril receptor, hará que la cerveza se transfiera demasiado rápido.

Los cerveceros comerciales también pueden hacer una versión de esto, ¡solo deberían usar mucho más CO2! En mis conversaciones con cerveceros comerciales, la mayoría está haciendo transferencias con CO2 de cerveza de tanque a tanque (por ejemplo, tanque de fermentación a tanque de clarificada) pero también purga primero el tanque receptor con CO2 (como purgar un barril para cerveceros caseros). Algunos cerveceros han reportado lecturas más bajas de oxígeno disuelto cuando usan CO2 para transferir cerveza entre recipientes en comparación con el uso de una bomba y una línea de equilibrio. Describo cómo Sapwood Cellars hace esto con cervezas lupuladas en el último capítulo.

Otra opción para mantener bajos los niveles de oxígeno es llenar un recipiente receptor con agua o desinfectante y expulsarlo con CO2. Cuando el recipiente se llena con el líquido y se expulsa con CO2, requiere menos CO2 para la purga y puede eliminar aún más oxígeno. Esto se puede hacer con barriles a escala casera, pero no recomendaría hacer esto si corta los tubos de inmersión (espadín) porque el desinfectante o el agua quedarán en el fondo del barril receptor y se mezclarán con la cerveza.

Otro método para reducir la exposición al oxígeno durante el dry hopping es enjuagar continuamente el espacio superior con CO2 mientras se agregan los lúpulos. Para los cerveceros caseros, si fermentan en un barril, simplemente barra con CO2 la cabeza del fermentador mientras abre la tapa y agrega los lúpulos (5-10 psi). Si está fermentando en un carboy (bidón), puede colocar una manguera conectada a su CO2 sobre la cerveza para llenar el espacio de cabeza del carboy y adicionar el lúpulo. Los cerveceros comerciales pueden hacer que el CO2 atraviese la bola rociadora (bocha cip) mientras vierte en dry hop. Este método de barrer el espacio superior con

15-20 PSI de CO2 se ha probado y se ha demostrado que reduce la variabilidad en la intensidad del aroma de las cervezas de dry hop causadas por el oxígeno.[\[141\]](#)

Desafortunadamente, los cerveceros caseros están en desventaja cuando se trata del potencial de exposición al oxígeno durante el dry hopping. Cuanto más pequeño es el tamaño del lote, mayor es la cantidad total de cerveza expuesta al oxígeno introducida durante el dry hopping. Con sistemas comerciales más grandes, la gran cantidad de cerveza que se produce actúa para diluir el oxígeno en un grado mucho mayor. Es similar a por qué un barril de 5 galones tiene el potencial de una ingestión de oxígeno más rápida en comparación con un barril de tamaño estándar. En barriles más pequeños (como con los fermentadores más pequeños), hay una mayor relación superficie / volumen, lo que significa que más cerveza puede estar en contacto con el oxígeno.

Debido a que los lotes más pequeños pueden verse más afectados por la exposición al oxígeno durante el dry hop, consideraría la purga de CO2 para los cerveceros caseros durante el dry hop, un paso importante. Ni siquiera estoy seguro de que valga la pena hacer lotes extremadamente pequeños de cerveza turbia y lupulada, ya que la mención del estudio anterior encontró que el dry hopping se debe hacer en volúmenes al menos iguales a 20 L (5,3 galones), lo que sugiere problemas de oxígeno con lotes pequeños especialmente en riesgo de oxidación.

Los cerveceros comerciales pueden realizar un dry hop utilizando un dosificador de lúpulo (hop doser), que es un dispositivo que se conecta al puerto del dry hop en la parte superior del tanque a través de un accesorio de triple abrazadera y una válvula de mariposa. El dosificador de lúpulo le permite abrir la válvula de mariposa que está conectada al puerto de dry hop en el tanque y colocar los

lúpulos sin exponer la cerveza al oxígeno. Un beneficio adicional del dosificador de dry hop es la capacidad de purgar los lúpulos con CO2 antes de arrojarlos al tanque. El dosificador de lúpulo es generalmente lo suficientemente grande para una bolsa de lúpulo de 11 libras y es especialmente bueno para el dry hopping después de que se haya completado la fermentación primaria. Cuando se realizan dry hop tardios, los cerveceros a menudo aplican algunas libras de presión sobre el tanque (ya que la fermentación se ha completado) para ayudar a atrapar los volátiles y el dosificador de dry hop le permite igualar la presión de la cabeza del tanque asegurando que no se acumule oxígeno al abrir la válvula de mariposa caer en el lúpulo.

LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP

Tiempo de contacto de dry hop

Cuánto tiempo realizar un dry hop es una discusión común entre los cerveceros. Algunos prefieren el lúpulo en la cerveza durante semanas, mientras que otros prefieren 24 horas o menos. A veces, el tiempo de contacto es solo una cuestión práctica. Pero afortunadamente, ha habido investigaciones que pueden influir en la forma en que aborden las duraciones del dry hopping en el futuro.

Un estudio escrito por Peter Wolf, Michael Qian y Thomas H. Shellhammer se centró en cómo la extracción de compuestos de lúpulo durante el dry hopping puede verse afectada por la duración del dry hop. Aquí, tres lotes separados de lúpulo Cascade peletizado se adicionaron durante una semana en un mosto similar a 1/3 de libra por barril, en un barril de acero inoxidable sellado y sin agitación. Se tomaron muestras y se analizaron los días uno, cuatro y siete.

Los resultados del dry hopping de una semana mostraron que tanto para el linalol como para el mirceno, las concentraciones del día siete no fueron más altas que las concentraciones del día uno. De hecho, la mayoría de los resultados mostraron una disminución en el día siete que el primer día de dry hopping, lo que sugiere que para estos dos compuestos, 24 horas podrían ser suficientes para obtener una extracción completa. De hecho, los terpenos como el linalol y el mirceno pueden alcanzar el promedio de solubilidad en cuestión de horas. Aún más sorprendente, debido a la hidrofobicidad de algunos compuestos de aroma de lúpulo, el dry hopping prolongado puede causar la eliminación de la cerveza y volver a los lúpulos gastados. [\[142\]](#) Tenga en cuenta que este

experimento se probó en un barril sin agitación o procedimientos especiales para tratar de acelerar o aumentar la extracción.

El tamaño de un recipiente de dry hopping también podría desempeñar un papel en las tasas de extracción. Por ejemplo, Peter Wolfe sugirió en una sesión de preguntas y respuestas en línea que a medida que aumenta el tamaño del tanque, disminuye la eficiencia de extracción de dry hop. Por lo tanto, potencialmente, necesitaría más adiciones al elaborar cerveza a mayor escala para obtener los mismos resultados que lo haría en la escala casera.

Wolfe también sugiere que los tiempos de extracción serán más rápidos en la escala casera en comparación con los tanques de tamaño comercial. Por ejemplo, puede tomar de tres a cinco días en un tanque de 500 BBL para obtener una extracción completa sin recirculación o agitación. Los cerveceros caseros obtendrían una extracción más rápida debido al volumen más pequeño, incluso más rápido si hace girar el carboy o el barril varias veces durante el dry hopping. [\[143\]](#)

Wolfe me explicó que el dry hopping depende completamente de las velocidades de difusión locales, no de las velocidades de reacción (en contraste, por ejemplo, la isomerización del ácido del lúpulo en adición en el hervido). Por lo tanto, cualquier cosa que acelere la difusión (agitación, temperatura, etc.) acelerará las tasas de extracción, y todas esas cosas son generalmente más lentas a medida que aumenta el tamaño del tanque: habrá menos líquido en contacto directo con el material del lúpulo y es más difícil mover ese líquido.

Mirando más de cerca las duraciones cortas, un papel probó el dry hopping a 1/3 lbs./bbl a 68°F (20°C) en un mismo mosto (1.044 densidad inicial con una cepa de levaura ale y un dry hop de 12 ppm de iso- α -ácido).

La mayor diferencia en esta prueba fue que la cerveza se agitó con una mesa agitadora durante el dry hopping para maximizar la extracción. Nuevamente, se mostró una extracción rápida con los compuestos de hidrocarburos, que se trajeron en solo cuatro horas (compuestos más vegetales). Los alcoholes terpénicos también se extraen completamente en aproximadamente cuatro horas (compuestos frutales), alcanzan su punto máximo y luego se reducen gradualmente, especialmente el linalool. Nuevamente, las pruebas se realizaron mientras la cerveza se agitaba a través de la mesa agitadora, por lo que parece seguro asumir que el dry hopping inactivo típico experimentaría tiempos de extracción más lentos. [\[144\]](#)

Los resultados de Wolfe indican que los tiempos de extracción del dry hop son mucho más rápidos de lo que la mayoría de nosotros pensábamos originalmente. Incluso a temperaturas más frías de

34-39°F (1-4°C), Wolfe sugiere que la extracción podría ocurrir en menos de tres días. Mirando más de cerca las temperaturas durante el dry hopping, un papel probó el dry hopping a 39°F (4°C) y 68°F (20°C). La solubilidad de linalol probada en el transcurso de dos semanas, los autores encontraron que la temperatura más baja resultó en una extracción ligeramente más rápida, que alcanzó su punto máximo alrededor del día tres, pero estaba cerca de la extracción máxima en el día dos. La temperatura más cálida siguió un patrón de extracción similar, pero estaba justo por debajo de las concentraciones de linalol de la temperatura más baja. Después de los catorce días completos, ambos estaban al mismo nivel. [\[145\]](#)

Los cerveceros caseros podrían usar estos datos para

experimentar con dry hop y carbonatación al mismo tiempo. Si las temperaturas más frías aún logran la extracción, agregar lúpulo a un barril al mismo tiempo que ingresa al refrigerador para carbonatar podría ayudar a acelerar sus tiempos sin tener un impacto negativo en las tasas de extracción en el dry hop. Incluso podría acelerar la extracción girando suavemente el barril.

En un estudio de seguimiento, Wolfe nuevamente analizó la extracción de dry hop, pero esta vez ajustó la prueba para replicar mejor las condiciones de preparación y preparó una pale ale amargada con extracto de alfa-ácidos, dando como resultado 21 ppm de ácido iso- α . La cerveza se fermentó con Wyeast 1056 y se filtró antes del dry hopping. El dry hopping se realizó en 3 tanques de acero inoxidable con pellets Cascade dosificadas a 1 lb/bbl. El tanque se agitó (bombeando la cerveza dentro y fuera del tanque a una tasa constante de 1,000 rpm) o se mantuvo pasivo. Luego, las muestras se analizaron con instrumentos (SPME y GC-FID) y pruebas sensoriales.

Los resultados del experimento mostraron que agitar la cerveza durante el dry hop produjo significativamente más extracción, lo que resultó en una mayor intensidad del aroma, pero a expensas de un aumento en la astringencia y el amargor.

El aumento de la astringencia por la recirculación del dry hop también fue algo que surgió durante mis entrevistas para este libro. El aumento de la amargura y la astringencia encontrado en el experimento anterior se correlacionó con el contenido total de polifenoles en las cervezas. A medida que la tasa de extracción aumentó con la duración del dry hop (seis horas a 12 días), también lo hizo el contenido de polifenoles y el amargor percibido. El lúpulo de pellets tuvo una extracción general de compuestos mayor que el lúpulo en flor y con eso, un

contenido total de polifenoles mucho mayor.

Los niveles de amargor también aumentaron con el tiempo de extracción prolongado, a pesar de los niveles reducidos de iso-alfa-ácidos, lo que concuerda con los hallazgos en trabajos más recientes que muestran que el material de la hoja en el lúpulo absorbe y reduce la concentración de iso-alfa-ácidos. [\[146\]](#)

En términos de tiempo de extracción, los lúpulos en pellets se extrajeron casi por completo en solo 24 horas y los lúpulos en flor tardaron un poco más, pero la agitación de los lúpulos ayudó más con la extracción del lúpulo en flor que con los lúpulos en pellets. Al observar los resultados sensoriales en lugar de los compuestos de lúpulo medidos, los lúpulos en pellets no agitados a solo seis horas tenían esencialmente los mismos puntajes de intensidad de aroma en comparación con el día cuatro, lo que nuevamente sugiere que un breve tiempo de contacto con el dry hopping puede ser suficiente para obtener la extracción.

En general, se ha encontrado que los lúpulos en pellets se extraen a tasas más altas en múltiples estudios. Por ejemplo, Hopsteiner descubrió que el linalool, por ejemplo, era casi un 50% mayor después de dos días de prueba en comparación con la hoja entera. [\[147\]](#) Por lo tanto, es posible que debas aumentar la cantidad de lúpulo en flor utilizado para obtener la misma intensidad que obtendrías con los pellets. Como punto de partida, sugeriría aumentar las adiciones de lúpulo en flor en aproximadamente un 25% en comparación con lo que se usaría para el dry hopping en pellets.

A nivel comercial, una forma de experimentar con la

recirculación al mismo tiempo que se intenta mantener baja la astringencia es hacer cortos períodos de recirculación con cantidades más bajas de dry hop. Por ejemplo, un experimento demostró que después de solo dos horas de recirculación (a través de una bomba) inmediatamente después de agregar el dry hop y luego permitir que los lúpulos permanezcan inactivos en el tanque, resultó en un aumento de los compuestos de aroma en comparación con una cerveza no circulada. Específicamente, en la prueba anterior, el linalol promedió un aumento de aproximadamente el 58% cuando se recirculó durante las dos horas.^[148] Me gustaría ver este experimento repetido en períodos de recirculación aún más cortos.

Dry hopping y polifenoles

Para ampliar sobre los polifenoles y el dry hopping, un estudio analizó cómo la amargura polifenólica del lúpulo podría influir en la aspereza de la cerveza cuando se combina con iso alfa-ácidos. Los autores encontraron que cuando los polifenoles aumentaron junto con los iso alfa-ácidos, el amargor se describió como áspero, medicinal y metálico. Curiosamente, este carácter no solo aumentó con más polifenoles e iso-alfa-ácidos, sino que también aumentó la duración de la sensación en el paladar. Esto sugiere que las cervezas con altos niveles de polifenoles que podría obtener de un fuerte dry hopping (especialmente cuando se combina con una gran cantidad de proteína) pueden inducir una aspereza persistente. Los autores no descartaron la posibilidad de que las humulinonas puedan contribuir a esto junto con los polifenoles. Como veremos más adelante, es probable. [\[149\]](#)

Una de mis mayores quejas con las Hazy IPAs y lupuladas es un amargor vegetal agresivo, a veces denominado "picadura de lúpulo" (hop bite). Parte de esto podría explicarse por una gran porción de polifenoles que se abren paso en la cerveza a través del dry hopping. En un estudio que examinó las tasas de transferencia de sustancias de lúpulo durante el dry hopping, los investigadores encontraron que la tasa de recolección total de polifenoles es de aproximadamente 50-60%. [\[150\]](#) En términos del potencial de un lúpulo para los polifenoles (aunque varían según la variedad del lúpulo), el lúpulo generalmente tiene un contenido total de polifenoles de alrededor del 2-6%. Obviamente, a medida que aumentan las tasas de dry hopping, también lo haría la concentración general de polifenoles.

Un estudio de 2018 realizado por Hopsteiner encontró que un polifenol único que se encuentra solo en el lúpulo (xantohumol) tiene tasas significativamente más altas en cervezas turbias que en otros estilos. En comparación con un IPA de la costa oeste, por ejemplo, que tenía 0.7 ppm de este polifenol, una Hazy IPA comercial más alto se probó a 3.5 ppm y el promedio de todos Hazy IPA's probados en el estudio fue de 2 ppm de xantohumol (más del doble de un West Costa IPA. [\[151\]](#)

El mismo cuerpo de investigación también probó otros compuestos no polares (como mirceno) en Hazy IPAs comerciales y descubrió que también son mucho más altos que en la prueba de IPA de la costa oeste. El West Coast IPA probó <0.3 ppm de mirceno y las cervezas turbias promediaron 1.4 ppm y la más alta fue 2.5 ppm. Entonces, aunque el mirceno no es polar, la base más viscosa rica en proteínas está alentando a estos compuestos a permanecer en solución, potencialmente con más picadura de lúpulo.

Este mismo estudio de Hopsteiner observó cómo poner una cerveza turbia en una centrífuga podría afectar algunos de estos compuestos y descubrió que la centrifugación eliminaba la mitad del mirceno y la mitad del contenido de polifenoles (xantohumol) medido. Aunque son dispositivos increíblemente caros, la centrifugación de Hazy IPAs puede ser una forma de disminuir el tiempo de acondicionamiento requerido para reducir la picadura del lúpulo al eliminar algunos de los polifenoles de sabor duro hasta la mitad de sus niveles casi de inmediato.

Hay incluso más evidencia que sugiere que el dry hopping puede afectar el amargor percibido en las cervezas, probablemente por los polifenoles. Aquí, un artículo consideró el contenido de ácido fenólico y

polifenoles totales de 34 cervezas lager comerciales elaboradas en diferentes países, combinado con pruebas sensoriales de las mismas cervezas. Los autores descubrieron que las cervezas de dry hop tenían la concentración más alta de fenólico, polifenol y humulinona. También se percibió que estas mismas cervezas tenían una amargura dura y progresiva.

En el mismo estudio, los investigadores encontraron que las cervezas amargadas con una mezcla de productos de iso-alfa-ácidos tetra y pre-isomerizados se clasificaron como que tenían un amargor suave y decreciente en comparación con las cervezas con lúpulo más Traditionales. [\[152\]](#) Esto podría ser una opción para la adición de amargor para una cerveza que será muy seca. Si sabe que una gran cantidad de dry hopping puede contribuir a un poco de amargor de polifenol y humulinona, entonces reemplazar el amargor en caliente con un producto iso-alfa preisomerizado podría ser algo a considerar. Especialmente si su sistema está limitado a una cantidad máxima de adiciones en whirpool.

Aunque también afecta a otros compuestos de lúpulo, un método para tratar de minimizar el amargor del polifenol del dry hopping (que no sea pasar la cerveza por una centrífuga) es realizar un dry hop mientras la levadura está activa. Los polifenoles pueden interactuar con la levadura y abandonar la solución cuando la levadura flocula, lo que a su vez debería reducir el contenido general de polifenoles. [\[153\]](#) Para algunos lúpulos que tienen un mayor contenido de polifenoles (generalmente lúpulos de alfa-ácidos más altos), el dry hopping temprano podría valer la pena un experimento. Deje las variedades de polifenoles más bajas para el lupulado tardío cuando la fermentación esté terminada o casi terminada.

Me gustaría ver experimentos realizados probando los diversos compuestos de lúpulo y el contenido de polifenoles cuando se usan agentes de clarificación como Biofine®Clear. Anunciado para formular la sedimentación rápida de levadura y otras partículas de formación nebulosa, me pregunto si ayudaría a eliminar algunas de las cualidades astringentes más duras de una cerveza nebulosa, como la centrifugación, pero a un precio mucho más bajo.

¿Pero eso no aclarará la cerveza? ¡En mi experiencia no lo ha hecho a nivel comercial de todos modos!

Mirando más de cerca las concentraciones de polifenoles y las diferentes variedades de lúpulo, obteniendo hojas de datos de lúpulo para diferentes lúpulos alemanes, incluido su contenido de polifenoles probado.^{154]} La tabla en la página siguiente muestra diferentes adiciones ordenadas de mayor contenido de polifenoles con el contenido de alfa-ácidos medido. Como puede ver, a medida que aumenta el contenido de alfa-ácidos, el contenido de polifenoles tiende a disminuir. Al ejecutar los datos a través de Excel, muestra que la correlación es de -.647, lo que significa que ~ 65% de la diferencia en los polifenoles es atribuible al cambio de alfa-ácidos. Eso es bastante grande!

Variedad de lúpulo	Polifenoles (% p / p)	α- ácidos
Hallertau Blanc	5.4	8.5
Spalter	5.3	4.1
Saazer	5.3	3.2
Tettnanger	5.2	4.4
Spalter Select	4.9	5.1
Hallertauer Mfr.	4.6	4.1
Saphir	4.5	4.1
Smaragd	4.5	5.9
Hersbrucker Spat	4.4	3.1
Cascade	4.3	6.6
Hallertauer		
Maerkur	4.2	13,3
Perle	4.1	7.4
Hallertauer		
Tradition	4.1	6.2
Mandarina		
Baviera	4.4	7,9
Polaris	4.4	18,6
Huell Melón	3.9	5.8
Northern Brewer	3.9	9.2
Herkules	3.8	16,7
Opal	3.7	7,9
Nugget	3.4	11,3
Hallertauer Taurus	3.1	15,9
Hallertauer		
Magnum	2.6	13,9

Otro estudio analizó dos variedades y las probó para alfa-ácidos y polifenoles. Los autores descubrieron que una variedad alfa del 17% impartía menos polifenoles en una cerveza probada durante el dry hopping en comparación con una variedad alfa del 3% mucho más baja. [\[155\]](#) Entonces, aunque este es un tamaño de muestra relativamente pequeño de lúpulo probado para polifenoles, según la información que pude reunir, parece que los cerveceros pueden asumir concentraciones más altas de polifenoles en lúpulos de alfa-ácidos más bajos y concentraciones más altas de polifenoles en α más bajas - variedades ácidas.

En conversaciones con el investigador que realizó el estudio anterior, se mencionó que los lúpulos con mayor contenido de polifenoles (promedios de alrededor del 5%) eran variedades de aromas clásicos con aromas y sabores más verdes. Los lúpulos de contenido medio de polifenoles (promedios alrededor del 4,4%) fueron las variedades de aroma y los lúpulos de sabor alfa medio. Los lúpulos de polifenoles más bajos (promedios de alrededor del 3.6%) son las variedades amargas.

Pasar a otras variables que pueden afectar el contenido total de polifenoles de las cervezas de dry hop, un documento que analizó la temperatura del dry hop, la duración del dry hop y el impacto en la extracción de polifenoles tuvo algunos resultados interesantes. Los autores encontraron que la temperatura del dry hop aumentó significativamente la extracción de polifenoles. Cuando el dry hopping a 66°F (19°C) en comparación con 39°F (4°C), hubo un aumento en las concentraciones de polifenoles de casi dos veces para el

lúpulo alfa bajo y casi 2.5 veces para el alfa alto lúpulo

¿Qué tan rápido entran los polifenoles en la cerveza durante el dry hop? Un estudio sugiere que las concentraciones máximas son alrededor de tres días de dry hopping, que es donde la investigación sugiere la mayoría de los picos de extracción de compuestos de lúpulo. La concentración máxima de polifenoles permanece constante cuando se prueba hasta 14 días. [\[156\]](#) Por lo tanto, el tiempo prolongado no aumenta gradualmente la concentración de polifenoles ni ayuda a eliminarlos. En este caso, la cerveza se lupuló en 30 lts (aproximadamente 8 galones) de mosto. Con lo que sabemos sobre los tiempos de extracción y el tamaño del tanque, es posible que el tiempo de extracción de polifenoles a nivel comercial sea un poco más de tres días. La elaboración casera de lotes pequeños puede ver una extracción completa de polifenoles incluso antes.

Combinando la investigación de la temperatura y el tiempo de contacto del dry hop, si queremos probar y reducir el contenido total de polifenoles en nuestras cervezas lupuladas secas para reducir la astringencia, lo mejor es realizar un dry hop a temperaturas inferiores a las fermentaciones típicas de ale y durante un corto período de tiempo. Experimentar con dry hopping mientras se estrella es una forma de probar esto. Otra es realizar un dry hop durante el período de carbonatación en frío, especialmente porque se probaron ciertos compuestos del lúpulo como el linalol para extraer aún a temperaturas más frías. En Sapwood Cellars, generalmente comenzamos nuestro dry hopping después de la fermentación alrededor de 58°F (14°C) y hemos tenido un éxito tan bajo como 40°F (4°C)

Aunque no tengo ninguna experiencia directa con la polivinilpolipirrolidona (PVPP), es otro método para tratar de reducir el contenido de polifenoles de la cerveza y reducir la astringencia. Como se ha probado, las cervezas con contenido reducido de polifenoles obtuvieron puntuaciones más bajas en el carácter duro. [\[157\]](#) Sin embargo, es posible que eliminar los polifenoles también reduzca la sensación en boca de la cerveza. [\[158\]](#) Trevor Fisher, un buen amigo y consumado cervecer casero, hizo un experimento de lúpulo con PVPP mientras hacía esta investigación y concluimos en relajadas degustaciones sensoriales que la cerveza hecha con PVPP había reducido los sabores de lúpulo junto con la astringencia reducida. Ninguno de nosotros estaba particularmente impresionado en general con la cerveza PVPP, pero este es solo un ejemplo.

LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP

Desintegración y sedimentación de pellets

Cuando se dejan caer en la cerveza, los pellets comienzan a hincharse y desintegrarse simultáneamente en partículas primarias. Durante este tiempo, las partículas se desprenden y caerán o permanecerán suspendidas. Eventualmente, todas las partículas del lúpulo se depositarán en el fondo del recipiente, pero la tasa del asentamiento depende del tamaño y la densidad. En otras palabras, cuanto mayor sea el tamaño de partícula que se desprende del gránulo durante la hinchazón, más rápido se caerá de la cerveza y la extracción se detendrá o disminuirá. Por otro lado, cuanto menor sea el tamaño de partícula, más tiempo permanecerá en suspensión y contribuirá a la extracción de compuestos volátiles.

Dado que la sedimentación de las partículas del lúpulo, especialmente los flóculos grandes, puede ocurrir con bastante rapidez, es esencial mantener los lúpulos en suspensión para continuar el proceso de extracción. Esta es probablemente la razón por la cual algunos estudios encontraron una extracción mejor o más rápida cuando se usan técnicas de agitación o bombeo para mantener el lúpulo en contacto con la cerveza.

Además de los tiempos de suspensión y el tamaño de partícula, el proceso de hinchamiento puede influir en la extracción del compuesto de lúpulo, porque el área de superficie depende del tamaño de partícula y la absorción de líquido de las partículas primarias. Las partículas pequeñas tienen una superficie específica grande, pero la absorción de líquido (hinchazón) aumenta el área de la superficie. Por lo tanto, es ideal tener una hinchazón rápida y eficiente de los lúpulos y una distribución de

tamaño de partícula pequeña. Una forma de fomentar una hinchazón más rápida es mediante el aumento de las temperaturas. Las velocidades de hinchamiento aumentan a medida que aumenta la temperatura de dry hopping.

Curiosamente, cuanto mayor sea el alfa-ácido de un lúpulo, menos hinchazón porque los alfa-ácidos no se isomerizan a temperaturas de dry hopping: permanecen hidrófobos (se repelen o no se mezclan con el líquido) y no absorben la cerveza circundante. Esto significa que podría obtener una mejor extracción cuando haga dry hopping con lúpulos bajos en alfa-ácidos porque tendrán un mayor volumen de hinchamiento, lo que conducirá a un área de superficie más grande para la extracción de los compuestos de lúpulo. [\[159\]](#)

La información anterior sobre cómo se comportan los pellets durante el dry hopping ayuda a explicar los resultados de un estudio de Hopsteiner sobre la extracción de linalool cuando el dry hopping con pellets sueltos versus lúpulo contenidos en un saco. Aquí, la cerveza con dry hop tenía aproximadamente un 50% más de extracción que la cerveza con dry hop con el uso de un saco de lúpulo. Obtener una extracción reducida cuando se usa un saco de lúpulo tiene sentido porque mantener los lúpulos contenidos reduce el área de superficie de los lúpulos, lo que lleva a una menor extracción. El dry hopping suelto podría aumentar la extracción, reducir el uso de lúpulo (que también podría reducir los polifenoles agresivos) y acelerar el tiempo de dry hopping requerido.

No pensaría que contener lúpulo (como hop-spyder) en el mosto caliente de la elaboración de la cerveza tendría un impacto tan negativo que se probó en el adición en frío arriba con el saco de lúpulo. Esto se debe a que las temperaturas elevadas y la agitación constante de la ebullición deberían aumentar la extracción.

Como cerveceros caseros, sé que realizar un dry hopping en barriles y lidiar con poppets obstruidos también puede ser un problema. Debido a esto, trabajé con una compañía (Utah Biodiesel Supply) para crear un filtro inoxidable de 300 micrones diseñado para rodear el tubo de inmersión (espadín) del barril. Luego puede insertar un tapón de silicona pretaladrado n° 6 o n° 6.5 en el extremo abierto del filtro y deslizar el tubo de inmersión a través del tapón y dentro del filtro, que sella el filtro de los lúpulos no autorizados. Los filtros de 300 micras están diseñados para usarse con pellets de lúpulo y los filtros de 400 micras con lúpulos de lúpulo en flor, recomendaría usar los filtros de 300 micras para usar en ambos. También puede usar una configuración de filtro como esta si elige fermentar en barriles, lo que permite transferencias presurizadas sin adiciones desde el barril de fermentación primario.

Otros cerveceros caseros también han tenido éxito al realizar un dry hopping en barriles con un "Sistema de barrido de cerveza transparente", que obliga al barril a sacar la cerveza de la parte superior del barril en lugar de la parte inferior. A temperaturas de servicio más frías, la mayoría de los lúpulos en el barril se hundirán permitiendo que la cerveza lupulada se extraiga de la parte superior a través del dispositivo flotante.

Cantidades de dry hop

Con tantos factores que pueden afectar variables como las tasas de extracción, el uso de una cifra estándar de dry hop podría hacer más daño que bien. Sin embargo, hay investigaciones sobre cómo los diferentes volúmenes de dry hop pueden afectar el sabor y aroma final.

Un estudio de 2017 que analizó las cantidades de dry hop probó el lúpulo Cascade de la misma cosecha de 2015 con un dry hop en una cerveza ale con un rango de 200-1,600 g / HL (0.5-4.1 lbs./bbl). Luego se analizó la concentración de aceite en la cerveza y también se realizaron pruebas sensoriales. Probado con 40 litros de cerveza (10.5 galones), el dry hopping se realizó durante 24 horas de tiempo de contacto a 68°F (20°C)

No es sorprendente que cuanto mayor sea la concentración de lúpulo Cascade, mayores puntajes sensoriales para la intensidad de la adición de lupulos. Sin embargo, la brecha entre 8 g/L (2 lbs./bbl) y 16 g/L (4 lbs./bbl) fue relativamente pequeña. Sin embargo, la intensidad de la adición de lupulos puede no ser siempre el objetivo, ya que los resultados también encontraron que a medida que aumentaba la velocidad (con la intensidad de la adición de lupulos), también lo hacían los puntajes de las características de hierbas y té. El lúpulo Cascade obtuvo el puntaje más alto para las marcas de cítricos cuando se usó a 4 g/L (2 lbs./bbl), pero a tasas más altas, los descriptores de hierbas y té se citaron con mayor frecuencia. La conclusión (para el lúpulo Cascade, de todos modos) es que el dry hopping a una tasa de 4-6 g/L puede ser la mejor manera de mantener la calidad cítrica del lúpulo.

Otra conclusión clave de este estudio es un vistazo al porcentaje de extracción de alcoholes terpénicos en las diferentes tasas de dry hopping. En otras palabras, ¿qué cantidad de los posibles alcoholes monoterpenos afrutados, como linalool, geraniol y nerol, se extrajeron en las diferentes cantidades de dry hop? Descubrieron que a medida que aumentaba el porcentaje de dry hopping, la eficiencia de la extracción disminuía. En otras palabras, estos alcoholes monoterpenos se extraen de manera más eficiente cuando se realizar un dry hop en dosis más pequeñas. Específicamente, cuando las cervezas se adiciona a solo 2 g /L, tuvieron mayores porcentajes de extracción en comparación con el dry hopping a 4 g/L (aproximadamente 8% de aumento en linalool, 2% para geraniol y aproximadamente 4% para nerol).

Al observar volúmenes de dry hop aún mayores, los autores encontraron que el dry hopping a 2 g/L en comparación con 16 g/L tenía un aumento en la eficiencia de aproximadamente 17% para linalool, 4% para geraniol y 4% para nerol en la adición más pequeña de carga de lúpulo [\[160\]](#) Aunque no hay diferencias masivas, esto sugiere que el dry hopping en etapas más pequeñas con menos lúpulo (dry hopping doble o triple) puede ser mejor para obtener más sabor en comparación con una gran carga de dry hop.

Otro estudio que examinó la extracción de compuestos de lúpulo confirmó que a medida que aumenta la cantidad de dry hop, el porcentaje de extracción disminuye. Aquí, los autores realizaron un dry hopping un 5% de IPA usando un filtro de recirculación y pellets T90 Citra a

250g/hl, 500g/hl, 1,000 g/hl y 2,000 g/hl. Las mediciones de linalool mostraron una disminución de aproximadamente el 20% en la extracción de 250g/hl en comparación al dry hop más alto de 2,000g /hl.

Para los cerveceros caseros, esto significaría una caída de alrededor del 20% de extracción cuando haga dry hopping en 5 galones de cerveza a una tasa de 400 gramos frente a 50 gramos. Teniendo en cuenta que la extracción total más alta lograda para linalool fue solo alrededor del 38% de su potencial, las reducciones de las grandes adiciones de dry hop podrían ser significativas.

Los datos dan una razón para experimentar con dosis bajas de dry hop (quizás 1.5-3 onzas a la vez para cerveceros caseros), pero dos o tres veces durante la fermentación para aumentar las tasas de extracción. Aumentar estas tasas con menos lúpulo podría significar menos extracción de polifenoles fuertes y humulinonas amargas que podrían venir con mayores cantidades de lúpulo.

Para los cerveceros caseros, en lo que respecta al estudio Cascade de todos modos, significaría que para un lote de 5.5 galones (dejando espacio para medio galón de pérdida), sería mejor usar una carga modesta de dry hop de solo 124 gramos (aproximadamente 4.5 onzas) de Cascade para mantener el perfil cítrico del lúpulo. Podría ser aún mejor dividir los 124 gramos en dosis de 41 gramos para tratar de aumentar el potencial de extracción, asegurándose de purgar el espacio superior con CO2 con cada adición de dry hop para evitar la exposición al oxígeno después de la fermentación.

Otro factor a considerar con el dry hopping es cómo el tamaño del lote puede desempeñar un papel en la extracción. Un documento probó las mismas tasas de dry hopping (100 gramos por 100 l (26.4 galones) de cerveza) en tres lotes diferentes que van desde escala industrial grande, semi industrial y de laboratorio (hecho en barriles de 5 galones). Los autores encontraron que a la misma tasa de dry hopping, el barril más pequeño de 5 galones tenía

concentraciones sustancialmente más altas de compuestos de lúpulo que los dos lotes más grandes. Las pruebas sensoriales también revelaron que el tamaño reducido del lote dio como resultado intensidades más altas en olor y sabor.

Sin embargo, el tamaño de lote más pequeño tenía características de lúpulo que se definían como menos afrutadas que los lotes más grandes con más de un lúpulo crudo y un carácter herbal.

^[161] La información sensorial parecería estar de acuerdo con la investigación previa en que una mayor extracción en lotes más pequeños significa que, menos sea más, en términos de cuánto dry hop usar.

Finalmente, los autores concluyeron que la composición de los compuestos del lúpulo a partir del dry hopping depende de la escala porque las tasas de transferencia de masa de los aromáticos del lúpulo no son comparables para diferentes tamaños de lote. Esto significa que intentar escalar una receta de elaboración casera a un gran tamaño comercial puede ser insuficiente con respecto a los aromáticos de lúpulo deseados. Por otro lado, tratar de emular las mismas tasas de dry hopping de las cervecerías comerciales en la escala homebrew no es probable que obtenga los mismos resultados.

Una de las mayores desventajas de las tasas extremas de dry hopping son las pérdidas de cerveza. Esto puede no ser tan importante para el cervecer casero que puede preparar un poco más de 5 galones para acomodar la pérdida. Sin embargo, las cervecerías profesionales necesitan ganar dinero, por lo que pueden acumularse pérdidas por dry hopping excesivos. El estudio anterior que analizó los tamaños de lote y las tasas de dry hopping observó directamente las pérdidas de cerveza a diferentes velocidades de dry hopping y descubrió que la absorción

de la cerveza del lúpulo oscilaba entre menos del 2% a 250 g / hl y casi el 14% con 2,000 g / hl. En algún lugar en el medio a 1,000 g / hl (alrededor de 7 onzas para un lote de 5 galones) tuvo pérdidas apenas del 6%.

Los autores sugieren que para evitar pérdidas y mantener un fuerte perfil aromático en la cerveza, los cerveceros pueden complementar el dry hopping con extractos de lúpulo y aceites. Los productos oleaginosos producidos a partir de CO2 frío pueden tomar los aceites de las variedades de lúpulo único, lo que aún permite el control del sabor, pero al mismo tiempo se pueden usar con una eficiencia de transferencia del 100% sin pérdida de cerveza. En otras palabras, el Citra de dry hopping a 250g/hl (0.65lbs./bbl) dio como resultado aproximadamente 69 ppm de geraniol (41% de eficiencia de extracción), donde solo 2 g/hl de aceite de lúpulo resultaron en 84.2 g/hl a (100% de eficiencia). Pero una revelación importante: este estudio fue producido por Totally Natural Solutions, que vende aceites de lúpulo. [\[162\]](#)

Aceite total

Siempre supuse que si una variedad de lúpulo en particular tenía un alto contenido de aceite total, entonces tenía más posibilidades de producir una cerveza con mayor sabor y aroma. ¿Pero es éste el caso? En 2016, los investigadores de la Oregon State University pusieron a prueba este concepto al evaluar las cervezas de dry hop con lúpulo Cascade de 29 lotes diferentes. El contenido total de aceite de cada lote varió de 0.60 ml/100g a

2.10 ml/100g. Un panel entrenado evaluó las cervezas cinco veces, cada una de forma aleatoria.

Los autores concluyeron que las cervezas de dry hop Cascade que contenían mayores cantidades de aceite total no necesariamente daban como resultado una cerveza con mayor intensidad de aroma de lúpulo en general. De hecho, el lúpulo Cascade con el contenido de aceite más bajo tenía una de las clasificaciones de intensidad de aroma más altas y uno de los lúpulos de aceite totales más altos tenía la intensidad de aroma evaluada más baja.

Los autores sugirieron que una posible razón podría ser la calidad del aceite, que puede verse afectada por una serie de variables diferentes como ubicación geográfica, clima, riego, presión de la enfermedad, fecha de cosecha, procesamiento posterior a la cosecha, almacenamiento, transporte y evaporación. . También es posible que exista una relación dentro de los compuestos de lúpulo probados (sinergia) que ciertos compuestos pueden trabajar juntos de una manera cuando en mayores cantidades producen aroma de lúpulo. [\[163\]](#)

La investigación realizada en 2018 en la Oregon State University también descubrió que el contenido total de aceite de un lúpulo es un indicador deficiente para predecir

el potencial de aroma de lúpulo a partir del dry hopping. ^[164] En el estudio, se analizaron 84 muestras de lúpulo que abarcan tres años de cosecha diferentes (2014, 2015 y 2016) dentro de dos variedades de lúpulo diferentes (Cascade y Centennial). Se realizó un análisis sensorial y de aceite de lúpulo en las muestras de cervezas con dry hop sin lúpulo producido comercialmente. El dry hopping se realizó durante 24 horas a 59°F (15°C) en barriles a razón de 386 gramos de lúpulo por HL de cerveza (1 lb/bbl).

El uso de análisis de regresión lineal múltiple encontró que para Cascade un compuesto particular (geraniol), no el aceite total, fue el más efectivo para predecir la calidad e intensidad del aroma. Cabe señalar que el dry hopping se realizó después de que se completó la fermentación y en ausencia de levadura, ya que la fermentación activa puede biotransformar geraniol en citronelol (más sobre esto en el capítulo 10). En relación con Centennial, los autores determinaron nuevamente que la cifra total de aceite no es el mejor indicador para determinar la calidad e intensidad del aroma, sino que el compuesto era el mejor indicador.

Usando los resultados del estudio anterior, es interesante notar que Centennial tiene una de las concentraciones más altas de β -pineno, con un promedio de 0.8-1% del aceite total.

Otras variedades de lúpulo con altos niveles de beta-pineno son Bravo, Tahoma y Comet.

¿Por qué es probable que el aceite total sea una mala cifra para determinar el potencial de lúpulo? La mayor parte del aceite total de un lúpulo está compuesto de hidrocarburos, que pueden ser menos importantes para el aroma del lúpulo en comparación con los alcoholes terpénicos y los ésteres del dry hop (según la variedad). Usando Centennial como ejemplo, el mirceno (un hidrocarburo) puede representar hasta el 60% del

aceite total, pero no parece ser tan importante como el β -pineno, que es solo alrededor del 1% del aceite total de Centennial.

En una sección anterior del libro titulada, "Fracción de oxígeno del lúpulo", se supuso que el aceite total era un factor importante para determinar la intensidad de la adición de lúpulos al estimar las tasas de uso de la adición de lúpulos. Todavía me gusta esta lógica porque cuando la cifra de aceite total se combina con el porcentaje del maquillaje compuesto oxigenado de un lúpulo, es probable que haya más de los alcoholes de monoterpeno afrutados deseados para impartir sabores y aromas a la cerveza. Una vez más, esos lúpulos con fracciones de oxígeno más altas y concentraciones totales de aceite podrían usarse en cantidades reducidas en comparación con lo opuesto (menor cantidad de aceite total y menor fracción que contiene oxígeno).

Efecto de filtrar en compuestos de lúpulo

Si filtra una cerveza, ¿es a costa de perder los compuestos volátiles del lúpulo? La respuesta parece ser tanto sí como no. Un estudio que utilizó GC-MS para determinar los compuestos volátiles derivados del lúpulo en la cerveza examinó tanto un pilsner filtrado como una pale ale sin filtrar. Ambas cervezas fueron hechas con tasas similares de lúpulo y dry hop con la misma cantidad de Lemon Drop después de la fermentación. La mayor diferencia, aparte de las cepas de levadura, fue que la cerveza Pilsner se filtró.

Los resultados del estudio revelaron que filtrar la pilsner tenía muy poca o ninguna diferencia en los alcoholes monoterpénicos más frutales (linalol, geraniol y α -terpineol). Sin embargo, hubo una diferencia significativa con los sesquiterpenos (mirceno, β -cariofileno, α -humuleno, β -farneseno y β -limoneno). La pilsner, que se filtró, había perdido la mayoría de estos sesquiterpenos, en comparación con la pale ale sin filtrar. Por ejemplo, la pale ale tenía casi 250 ug/L de mirceno, y la pilsner filtrado tenía un poco más de 50 ug/L. Aunque el objetivo del artículo no era determinar el efecto del filtrado, los autores aún sugieren que la filtración probablemente contribuyó a la pérdida de los sesquiterpenos más volátiles en la pilsner. [\[165\]](#)

Según este estudio, parece que el filtrado tiene el mayor impacto en la eliminación de los sabores amaderados, picantes y resinosos / verdes y no tiene tanto impacto en los alcoholes monoterpenos más polares. Los resultados sugieren que el filtrado podría dar a un cervecer más control sobre el sabor final, sin embargo, la sinergia entre

varios compuestos también se vería afectada. Aunque no tengo ninguna experiencia directa con el filtrado, podría ser una forma de acelerar el tiempo de acondicionamiento que requieren algunas Hazy IPAs al eliminar algunas de las características más vegetales, pero probablemente a expensas de parte de la turbidez. Los procesos de filtrado parecen ser como la centrifugación en términos de qué compuestos se eliminan.

LIBRERO HOP

Dry hopping y retención de espuma

No es sorprendente que el papel del lúpulo y la retención de espuma sea un asunto complicado. Aunque la buena retención de espuma tiene mucho que ver con la composición del grano, la investigación muestra que el lúpulo también juega un papel importante. Sin embargo, dependiendo de la selección y la sincronización de la adición de lúpulos, los resultados pueden ser negativos o positivos para la espuma.

En general, se entiende que la espuma de cerveza es el resultado de una combinación de múltiples factores, incluidas las proteínas positivas de espuma de maltas, alfa-ácidos, iso alfa-ácidos de lúpulo en caliente, cationes metálicos, concentración de alcohol y la reducción de lípidos. Además de los iso-alfa-ácidos, un estudio encontró que un ácido del lúpulo llamado dihidroisohumulona también puede mejorar sustancialmente la estabilidad y el encaje de la espuma. [\[166\]](#)

Un estudio se centró en los factores probados de espuma de cerveza que podrían influir potencialmente en la calidad de la espuma: proteínas, iso alfa-ácidos y etanol. Encontraron un aumento significativo en la espuma de cerveza de los IBU de 0 a 15. Sin embargo, no hubo relativamente ningún cambio cuando los IBU aumentaron de 15 a 30, con un aumento de la espuma que se produjo nuevamente alrededor de 35 IBU. [\[167\]](#) El documento también descubrió que cuanto mayor era el pH de la cerveza, más tenía un impacto negativo en la retención de espuma, lo cual es interesante cuando se considera que el dry hopping aumentará el pH de la cerveza.

Una presentación que analizó cómo los diferentes ácidos en el lúpulo afectan la espuma descubrió que los alfa-ácidos mejoraban la espuma de cerveza y los cordones mejor que los iso alfa-ácidos. Además, los alfa-ácidos tuvieron un efecto aún mayor para mejorar la estabilidad de la espuma en la cerveza a temperaturas más frías cuando se probaron entre 57°F y 69°F (14°C -21°C) La presentación concluyó que debido a que los alfa-ácidos son bajos en amargor, podrían aislarse y agregarse después de la fermentación a solo 3 a 4 ppm para mejorar tanto la espuma de cerveza como el encaje.

[\[168\]](#) El dry hopping a temperaturas más frías puede ser una forma de introducir alfa-ácidos positivos para la espuma en la cerveza.

Mirando más de cerca la investigación, los pellets de Cascade se usaron para dry hopping a dosis de 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 lbs./bbl y se midió la estabilidad de la espuma. A medida que aumentó la dosis de Cascade, la estabilidad de la espuma disminuyó. Esto estaría de acuerdo con el hallazgo anterior de que a medida que aumenta el pH, la calidad de la espuma disminuye, ya que el dry hopping aumentará el pH en aproximadamente 0,14 unidades por libra de lúpulo utilizado. Además, cuanto más tiempo permanecían los lúpulos Cascade en la cerveza durante el dry hopping, más se reducía la estabilidad de la espuma. Esta disminución en la estabilidad fue leve después de dos días de dry hopping, luego se aceleró el día tres y continuó disminuyendo lentamente hasta el día ocho. Finalmente, el dry hopping a largo plazo puede tener un impacto negativo en la retención de espuma.

Quizás la pérdida de iso-alfa-ácidos durante el dry hopping está causando la reducción de espuma. Por ejemplo, en el estudio anterior, una cerveza con 48 ppm de iso-alfa-ácidos tenía una mejor estabilidad de la espuma en comparación con una cerveza con dry hop a una tasa de 1 lb/bbl, lo que redujo el iso- α -ácido a 30 ppm. La cerveza con dry hop también tuvo un aumento de humulinonas (alfa-ácidos oxidados) y alfa-ácidos. Entonces, ¿son las humulinonas las que disminuyen la estabilidad de la espuma?

Cuando se dosificó una cerveza con 30 ppm de iso- α -ácido con solo 17 ppm de humulinonas, la estabilidad aumentó ligeramente. Esto sugiere que las humulinonas por sí solas pueden ayudar a hacer espuma, sin embargo, no se puede aislar la extracción de humulinonas solo cuando se realiza el dry hopping. Cuando la cerveza con 30 ppm de iso- α -ácido se dosificó solo con alfa-ácidos, la retención de espuma aumentó significativamente, incluso más que la cerveza original con solo 48 ppm de iso-alfa-ácidos. Esto estaría de acuerdo con el estudio mencionado anteriormente de que los alfa-ácidos aislados son una excelente manera de aumentar la espuma. Se pueden agregar ácidos de lúpulo aislados a través de extractos de lúpulo después de la fermentación.

Uno de estos productos de extracto de lúpulo, llamado Tetra (un ácido iso- α reducido), se ha probado con una concentración de solo 6 ppm y se encontró que aumenta la estabilidad de la espuma de la cerveza de aproximadamente 270 segundos a casi 340 segundos. Cuando se usa un post-fermentación de iso-extracto para la retención de espuma, es importante tener en cuenta el aumento de amargor que traerá el extracto, para Tetra puede contar con 1-1.7 veces la amargura percibida en comparación con el mismo nivel de IBU de

la adición de lúpulos Traditional. Entonces, aunque hay un aumento medible en el amargor a bajas concentraciones para la retención de espuma, este aumento es marginal. Debo señalar que Tetra es un producto de Hopsteiner, quien también realizó el análisis.

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

Variedad de lúpulo y retención de espuma

Solo para lanzar a los cerveceros una bola curva, el mismo cuerpo de investigación anterior también descubrió que la variedad de lúpulo puede desempeñar un papel en la calidad de la espuma. La investigación probó cinco variedades diferentes: Apollo, Bravo, Cascade, Centennial y Eureka. A dosis de 1 lb/bbl hubo una reducción de la estabilidad de la espuma en Bravo, Centennial y Cascade, pero un aumento de la espuma con Eureka y Apollo. Nuevamente, el dry hopping a largo plazo, incluso con los lúpulos positivos de espuma, tuvo un impacto negativo sobre la espuma (los lúpulos positivos de espuma comenzaron a tener un impacto negativo después de tres días de tiempo de contacto). Una posible razón para el aumento de la espuma de Eureka y Apollo es la de los lúpulos probados, que tenían la menor cantidad de ácidos grasos, que es la espuma negativa. [\[169\]](#)

Los ácidos grasos son importantes para el crecimiento de la levadura [\[170\]](#) y ayudan a garantizar una fermentación saludable. [\[171\]](#) Sin embargo, los ácidos grasos del lúpulo que sobreviven al proceso de elaboración de la cerveza son negativos a la espuma, en parte al adsorberse en la capa de proteína adsorbida de la cerveza y romper las interacciones entre las proteínas. [\[172\]](#) Específicamente, los ácidos grasos de cadena más larga (C12-C18) son más efectivos para desestabilizar la espuma que los ácidos grasos de cadena corta (C6-C10) [\[173\]](#) porque los ácidos grasos de cadena más larga son más activos en la superficie, lo que puede desestabilizar la proteína adsorbida filmar de manera más efectiva. [\[174\]](#)

Supongo que agregar lúpulos negativos de espuma al fermentador tan pronto como el día de preparación puede ser una forma de garantizar que la levadura use estos ácidos grasos y no tenga un impacto en la fermentación. Sin embargo, no me preocuparía demasiado por los lúpulos específicos y su impacto en la espuma cuando puede agregar extractos después de la fermentación para aumentar la espuma. Puede planificar el almizclado aumento de la amargura utilizando un poco menos de lúpulo de amargor en caliente.

LIBRERO HOP

Maltas y retención de cabeza

Aunque no es específico para el dry hopping, es importante comprender el importante papel que juegan las maltas en la retención de espuma. En general, cuanto mayor es el contenido de proteína de la molienda de una cerveza, mayor es el potencial de retención de espuma. Sin embargo, los procesos de malteado y el impacto que tiene sobre las proteínas es importante para comprender la retención de espuma. Por ejemplo, los estudios muestran que las proteínas espumosas se forman principalmente durante la germinación de la cebada, lo que sugiere que los granos no malteados no serán tan espumosos como los malteados. Lo importante no es solo la germinación, sino cuánto tiempo germina, ya que las cervezas elaboradas con maltas poco modificadas (menos tiempo de germinación) pueden retener hasta un 30% más de proteínas espumosas que la cerveza elaborada a partir de maltas típicamente modificadas. [\[175\]](#)

Una forma de saber cuánto tiempo se ha modificado el grano es mirando el porcentaje del índice de Kolbach, que es una medida de modificación de proteínas. En el estudio mencionado anteriormente, la malta modificada inferior (índice de Kolbach del 39.9%) produjo más proteínas espumante que la malta de cerveza de control (índice de Kolbach del 43.7%). Hay ciertas maltas creadas con el propósito exacto de ser submodificadas para ayudar con la retención de espuma y la malta de chit es un buen ejemplo de esto. A pesar de que el porcentaje de proteína de malta de chit es de 2-hileras (porque es cebada de 2-hileras), es la reducción en la modificación de estas proteínas durante el malteado, no el porcentaje total de proteína, lo que finalmente ayuda con la retención de

espuma. Como beneficio adicional, el grano es alto en enzimas iniciadoras y también puede aumentar la conversión de almidón.

Mirando más de cerca la maltas Chit, se realizó un estudio en el que se elaboraron cinco cervezas diferentes sustituyendo el 10%, 20%, 30% y 40% de la molienda de pilsner con maltas Chit. Los autores encontraron que todas las cervezas hechas con maltas Chit tenían mayor estabilidad de espuma (valores NIBEM) que el control de malta de cebada 100%. La mejor estabilidad de la espuma se probó en cervezas hechas con 10% y 30% de cervezas de malta.

Los autores del estudio anterior sugieren que la maltas Chit puede aumentar los polipéptidos activos con espuma al mismo tiempo que reduce el número de polipéptidos negativos, que son compuestos activos con turbidez. [\[176\]](#) En otras palabras, las maltas Chit puede mejorar la retención de espuma al tiempo que aumenta ligeramente la claridad. Esto es lo opuesto a otras opciones ricas en proteínas como el trigo malteado, donde las proteínas modificadas de la malta pueden aumentar la turbidez cuando se combinan con polifenoles de lúpulo. Nuevamente, me encuentro alabando la malta de chit, pero es una opción interesante para Hazy IPAs que se vuelven demasiado turbias o tienen demasiada picadura vegetativa de polifenoles. Reducir parte de la turbidez a un "brillo" con malta blanca y al mismo tiempo reducir la astringencia de proteínas / polifenoles y aumentar la retención de espuma son buenas razones para experimentar con la malta. En mi experiencia, el uso de maltas Chiten alrededor del 10% de la molienda ayuda a producir una espuma densa que se ve como una crema de látilgo.

Resultados clave

- El oxígeno se introducirá inevitablemente en la cerveza cuando se realiza un dry hopping. Para mantener bajos los niveles de oxígeno, intente agregar lúpulo durante los primeros 3-5 días de fermentación o purgue continuamente el espacio de cabeza con CO2 mientras agrega dry hop, especialmente cuando se post-fermenta.
- El dry hopping durante solo 24 horas se ha probado para una extracción casi completa, sin embargo, el tamaño del lote juega un papel importante. Los cerveceros caseros obtendrán una extracción más rápida que las cervecerías comerciales.
- Con agitación o recirculación, la extracción puede alcanzar un pico tan rápido como cuatro horas, pero también puede mejorar la astringencia, especialmente cuando las tasas de uso de la adición de lúpulos son altas.
- Realizar un dry hopping a temperaturas más frías aún verá extracción, probablemente en tres días.
- Los pellets de lúpulo tienen tasas de extracción más altas que los lúpulos de lúpulo en flor.
- A medida que aumentan las tasas de dry hop, también lo hará la cantidad de más compuestos no polares como mirceno (verde) y polifenoles de sabor agresivo. Esto es particularmente cierto

con el alto contenido de proteínas y beta-glucano.

- En general, los lúpulos bajos en alfa-ácidos tendrán más polifenoles que los lúpulos altos en alfa-ácidos.
- Los polifenoles alcanzan su punto máximo después de tres días de dry hopping y tendrán tasas de extracción más altas a temperaturas de dry hop más cálidas.
- El aumento de las tasas de inoculación de levadura puede ayudar a eliminar más compuestos de lúpulo no polares y polifenoles.
- Realizar un dry hopping excesivo de una variedad particular puede alterar el perfil de ese lúpulo, probablemente pasando de sabores afrutados a sabores más herbales y crudos.
- El dry hopping en etapas dará como resultado una mayor extracción que una gran adición de dry hopping.
- Tanto los alfa-ácidos como las humulinonas (alfa-ácidos oxidados) aumentarán la espuma de la cerveza, pero un pH más alto de la cerveza con dry hop puede afectar negativamente la espuma de la cerveza, así como las variedades de lúpulo con alto contenido de ácidos grasos.
- La malta cebada puede ayudar a aumentar la estabilidad de la espuma y a aumentar ligeramente la claridad de la cerveza.

Capítulo 8: Dry hopping y amargura

Pasaron trece años después de que los científicos descubrieron que los alfa-ácidos de lúpulo se isomerizan en iso alfa-ácidos y acordar una prueba para evaluar estos ácidos amargos. El acuerdo dio como resultado la unidad internacional de amargura y la prueba IBU. La prueba IBU utiliza una prueba espectrofotométrica para medir los iso-alfa-ácidos en la cerveza. ^[177] En su mayor parte, la prueba ha sido utilizada con éxito por los cerveceros para ayudar a crear recetas y mantener la consistencia del amargor. El mayor inconveniente es que no puede diferenciar entre diferentes ácidos del lúpulo. Esta incapacidad para seleccionar los ácidos del lúpulo es importante porque no todos los ácidos amargos son igualmente amargos en la lengua, entre ellos están las humulinonas, que es el enfoque de este capítulo.

¿Qué son las humulinonas?

Los tres alfa-ácidos en el lúpulo que contribuyen al amargor de la cerveza son la cohumulona, la humulona y la adhumulona. Cuando se hierven, se isomerizan en los principales contribuyentes del sabor amargo de la cerveza. Específicamente, estos tres ácidos se isomerizan en seis iso-alfa-ácidos, que son trans-isocohumulona, trans-isohumulona, trans-isoadhumulona, cis-isocohumulona, cis-isohumulona y cis-isoadhumulona.

[\[178\]](#) Sin embargo, el lúpulo también contiene pequeñas cantidades de alfa-ácidos oxidados (humulinonas) y β -ácidos oxidados (hulupones), que se forman a través de la peroxidación espontánea de los alfa-ácidos y β -ácidos. [\[179\]](#) De hecho, las humulinonas son uno de los ácidos de lúpulo oxidados más abundantes en el lúpulo envejecido. [\[180\]](#)

Las humulinonas son similares en estructura molecular a los iso-alfa-ácidos, pero tienen un grupo hidroxilo adicional que las hace más polares. [\[181\]](#) Debido a que las humulinonas son más polares, se extraen fácilmente en la cerveza. Es más fácil introducir humulinonas en la cerveza que los alfa-ácidos. Desde 1955, las humulinonas se describieron como amargas, [\[182\]](#) por lo que su solubilidad es tan importante. Un estudio de seguimiento en 1965 describió a las humulinonas como una sustancia en el lúpulo que no son alfa-ácidos pero tienen un poder amargo y cuando están presentes en la cerveza en pequeñas cantidades tendrán un "efecto marginal en el sabor". Cuando se le presenta a la cerveza (a través del lúpulo), el estudio continúa, produce una "amargura persistente y dura". [\[183\]](#)

Para fines de elaboración de cerveza, el primer estudio que puso una cifra real del potencial amargo de las humulinonas se produjo en 1964, cuando se descubrió que las humulinonas son un 35% más amargas que los iso alfa-ácidos. [\[184\]](#) Esta cifra se ha actualizado desde entonces con más pruebas y ahora se entiende que las humulinonas están más cerca del 66% mas amargas que los iso alfa-ácidos. [\[185\]](#) Entonces, 1 ppm de humulinonas equivaldría a .66 IBU. Se sugiere que la amargura de las humulinonas es "más suave" porque son más polares que los iso-alfa-ácidos y no deben pegarse o quedarse en la lengua tanto como los iso-alfa-ácidos.

Concentración de humulinona en el lúpulo

El lúpulo empacado contiene menos humulinonas que el lúpulo peletizado, aproximadamente 0.3% para el empacado hasta aproximadamente 0.5% o más con pellets. Debido a que solo alrededor del 10-20% de las glándulas de lupulina se rompen al empacar lúpulo (en marcado contraste con el lúpulo peletizado donde se rompe el 100% de las glándulas de lupulina), este proceso puede mejorar la oxidación de los alfa-ácidos en humulinonas. El dry hopping es donde las humulinonas juegan el papel más importante en el impacto del amargor, las adiciones de humulinonas en el mosto caliente tienen muy poco impacto.

Debido a la alta solubilidad en agua de las humulinonas descritas anteriormente, las humulinonas se disolverán en la cerveza a velocidades relativamente altas cuando se realiza un dry hopping. Específicamente, las cervezas con dry hop de más de 2 lbs./bbl (equivalente a 35 gramos a 142 gramos en la escala casera) verán altas concentraciones de humulinonas. Por otro lado, las cervezas que solo son hervidas contienen pocas humulinonas (menos de 2 ppm). Para tener una idea de los niveles típicos de humulinona en cervezas de dry hop, se probaron 29 IPA comerciales y oscilaron entre 2 y 24 ppm.

Mirando más de cerca cuán eficientemente las humulinonas pueden encontrar su camino en la cerveza, se realizó un experimento con cervezas bajas (8.6 IBU) y altas (48 IBU) y se realizó un dry hop con pellets Centennial durante cinco días a tasas de 0, 0.5, 1 y 2 lbs./bbl. Los resultados mostraron que cuanto menor es la tasa de dosificación, mayor es la utilización de humulinonas. La cerveza de 0.5 lbs./bbl tenía casi el 98%

de las humulinonas disponibles disueltas en la cerveza. Sin embargo, las tasas más altas de dry hopping también tuvieron tasas de extracción increíblemente altas (80%).

Así como el lúpulo puede extraer los iso alfa-ácidos en adición en el hervido, durante el enfriamiento del mosto, [\[186\]](#) también extraerán los iso alfa-ácidos durante el dry hopping. Específicamente, cuanto mayor sea la tasa de dry hopping, más iso-alfa-ácidos serán absorbidos por el material de lúpulo decantado. Por ejemplo, una prueba encontró una reducción del 38% en iso-alfa-ácidos con una tasa de dry hopping de 2 lbs./bbl.

Me puse en contacto con John Maye, quien fue autor de gran parte del trabajo sobre humulinonas descrito anteriormente para tener una mejor idea de lo que estaba sucediendo con la pérdida de iso alfa-ácidos durante el dry hopping. Es la opinión de Maye que el "punto dulce" para determinar el impacto amargo de las humulinonas a través del dry hopping y la eliminación del ácido iso- α es de alrededor de 25 IBU. En su opinión, las cervezas con IBU iniciales menores de 20 pueden volverse más amargas por el dry hopping y las cervezas con IBU iniciales mayores de 30 pueden volverse menos amargas por el dry hop.

Un artículo de 2014 también descubrió que los iso alfa-ácidos se eliminaban durante la adición en dry hopping además de aumentos medibles en humulinonas. En el experimento, después de que se completó la fermentación con Wyeast 1056, se le hizo un dry hop a una Pale Ale a 64°F (18°C) con pellets Chinook. Se tomaron muestras de la cerveza y se probaron los ácidos de lúpulo a las 6, 24 y 72 horas. Los resultados mostraron que no se encontraron ácidos β en la cerveza después del dry hopping, lo cual no fue sorprendente, ya que son insolubles. [\[187\]](#) Los ácidos β oxidados llamados hulupones tampoco se encontraron en la cerveza, sin embargo, son más solubles que los ácidos

β . Estos pueden oxidarse en hulupones durante el proceso de ebullición, pero sus concentraciones generales en la cerveza son pequeñas debido a la baja solubilidad. Probablemente contribuyen muy poco a la amargura general de la cerveza. [\[188\]](#)

Durante el dry hopping en el mismo experimento, los polifenoles, los alfa-ácidos y las humulinonas aumentaron significativamente con la dosis y la duración del dry hopping. Una prueba sensorial reveló un aumento altamente correlacionado en la intensidad del amargor después del dry hopping. Este aumento en el amargor fue más fuerte con el aumento en la concentración de humulinona del dry hopping. El autor estimó que las humulinonas tenían una influencia hasta 10 veces mayor que los polifenoles en el amargor sensorial del dry hop. En otras palabras, el aumento en los polifenoles probablemente incrementó los puntos IBU 2.2 y las humulinonas aumentaron los IBU en 15 puntos.

LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP

Importancia de las pruebas de HPLC para la amargura

El mayor defecto en la prueba de la unidad internacional de amargura adoptada hace casi 50 años es que no puede diferenciar entre los iso alfa-ácidos y las humulinonas al determinar el amargor de la cerveza. Esto es importante porque las humulinonas son 66% tan amargas como los iso-alfa-ácidos y los alfa-ácidos son aproximadamente 10% tan amargas como los iso-alfa-ácidos. Las diferencias en los niveles de amargor en los diferentes compuestos del lúpulo significan que la prueba IBU no mide con precisión el verdadero amargor sensorial de una cerveza. Además, aproximadamente el 12% de los resultados de las pruebas de IBU provienen de otros compuestos de lúpulo que pueden confundir aún más los resultados.

Una manera potencial de aumentar la precisión sensorial de las pruebas de amargor es a través de pruebas de cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC) porque las pruebas de HPLC permiten la separación y la medición precisa de varios ácidos de lúpulo. Por ejemplo, a través de las pruebas de HPLC, John Maye pudo demostrar que mediante el dry hopping, se eliminó una cantidad considerable de iso-alfa-ácidos y se reemplazó por humulinonas y alfa-ácidos menos amargos porque la prueba podría diferenciar entre estos dos ácidos del lúpulo.

Al usar HPLC para calcular el amargor de la cerveza con dry hop, puede agregar intensidades de amargor de los diferentes ácidos del lúpulo en relación con los iso alfa-ácidos. Un ejemplo presentado en el estudio de Maye es una cerveza que contenía 51 ppm de iso-alfa-ácidos y se

realizó un dry hop a una tasa de 1 lb/bbl con lúpulo Cascade a 60°F (16°C) durante tres días. La cerveza se probó con HPLC y se determinó que contenía 32 ppm de iso-alfa-ácidos (reducción de 19 ppm), 13 ppm de alfa-ácidos y 13 ppm de humulinonas. Entonces, observando lo que muestra una prueba de IBU, la cerveza después del dry hopping aumentaría a 58 IBU, pero disminuiría el amargor sensorial al tener en cuenta el potencial de amargor de cada ácido individual.

Para poner una cifra calculada de amargor sensorial en el ejemplo anterior, puede calcular los 32 ppm de iso-alfa-ácidos + (13 ppm de humulinonas x 0.66) que equivaldrían a una cifra de amargor sensorial de 40.5 ppm. Podría mejorar aún más esta cifra de amargor sensorial si también agrega los alfa-ácidos agregados a la cerveza a través del dry hop, ya que también son solubles. Dado que se estima que los alfa-ácidos son aproximadamente un 10% tan amargos como los iso alfa-ácidos, la fórmula actualizada se vería así:

$$\text{Amargor sensorial calculado} = \text{ppm iso-alfa-ácidos} + (0.66 \times \text{ppm de humulinonas}) + (0.10 \times \text{ppm de alfa-ácidos}).$$

Parece que los métodos actuales de elaboración de cerveza y los métodos de investigación del lúpulo más avanzados han superado la antigua prueba de IBU para determinar los niveles de amargor de cerveza (particularmente en cervezas de dry hop). Tiene sentido comenzar a moverse hacia una figura atado más cerca al amargor sensorial que separa los diferentes ácidos del lúpulo y se ajusta a las intensidades amargas de cada uno.

Desafortunadamente, no todas las fábricas de cerveza tienen acceso o pueden permitirse que HPLC pruebe constantemente las cervezas. Las cifras anunciadas de IBU (especialmente en Hazy IPAs con alto lupulado) pueden ser engañosas para los consumidores porque después del dry hopping, la cifra de amargor sensorial sería drásticamente diferente a una cifra probada de IBU.

Determinación del contenido de humulinona en el lúpulo

Existe una relación entre la concentración de humulinona de los lúpulos y la cifra del índice de almacenamiento de lúpulo (HSI). El índice de almacenamiento de lúpulo se usa para estimar las pérdidas de alfa-ácidos y ácidos β durante el envejecimiento. Específicamente, el HSI se determina a partir de la absorbancia ultravioleta medida en el análisis espectrofotométrico de lúpulo. [\[189\]](#) Esencialmente, HSI es la medición del deterioro de los ácidos amargos del lúpulo. Cuanto mayor sea el HSI que tiene una variedad de lúpulo, más humulinonas tiene ese lúpulo. [\[190\]](#) Esto parecería tener sentido que a medida que el HSI aumenta en lúpulo (variedades menos estables) hay un aumento en los alfa-ácidos oxidados, que son humulinonas.

Es posible que las humulinonas no tarden mucho en formarse en el lúpulo fresco. Por ejemplo, el Maye descubrió que en solo catorce días, los lúpulos frescos de Galena almacenados al vacío y en frío ya tenían una concentración de 0.47% p / p de humulinonas. Entonces, ¿qué tan rápido se oxidan los alfa-ácidos en humulinonas? Si los lúpulos se almacenan en un congelador o incluso a temperaturas de refrigeración, el proceso de oxidación ocurrirá a una tasa mucho más lenta y las temperaturas más cálidas acelerarán el proceso de oxidación.

Un artículo evaluó los cambios de oxidación de los alfa-ácidos y la concentración de humulinona de los pellets de lúpulo almacenados a 68°F (20°C) y 104°F (40°C) durante 40 semanas, y 140°F (60°C) durante ocho semanas. Cuando se almacenó a 68°F (20°C), la

disminución de los alfa-ácidos y el aumento de las humulinonas fue bastante lenta. Los alfa-ácidos comenzaron una fuerte disminución después de diez semanas, donde las humulinonas aumentaron lentamente durante todo el período de 40 semanas. [\[191\]](#)

Mirando más de cerca el estudio anterior, a 104°F (40°C), los alfa-ácidos disminuyeron rápidamente a menos del 5% de sus cantidades iniciales después de cinco semanas. Las humulinonas aumentaron rápidamente en solo tres semanas, pero luego comenzaron a disminuir rápidamente. A 140°F (60°C), los cambios en los alfa-ácidos y las humulinonas fueron aproximadamente diez veces más rápidos que a 104°F (40°C).

Parece que los lúpulos almacenados adecuadamente y relativamente frescos no verán cambios significativos en los alfa-ácidos y las humulinonas. Por otro lado, si está dry hopping con lúpulos almacenados a temperatura ambiente durante unos meses, podría experimentar una mayor cantidad de amargor por el aumento de las concentraciones de humulinona. Sin embargo, los lúpulos mal almacenados a temperatura cálida, especialmente durante largos períodos, perderán casi todas las humulinonas creadas después de 10 semanas o después de solo dos semanas si se almacenan a 140°F (60°C). Siendo realistas, después de oler estos lúpulos mal almacenados, no querrás realizar un dry hop con ellos en ese momento, de todos modos.

Otro factor que puede influir en la concentración de humulinonas en el lúpulo es la concentración de alfa-ácidos de la variedad de lúpulo. Por ejemplo, cuando realizamos un dry hopping con Zeus con alto contenido de ácido alfa en comparación con Hersbrucker con bajo alfa, un estudio de 2017 descubrió que Zeus impartía significativamente más humulinonas a la cerveza. Con un

máximo de solo 24 horas (muestra cuán solubles son las humulinonas), la cerveza con lúpulo Zeus ya tenía un contenido de humulinona de aproximadamente 60 mg /L, en comparación con 7 mg/L con la cerveza Hersbrucker. [\[192\]](#) Esto tiene sentido: el lúpulo de alfa-ácidos más alto imparte más humulinonas porque tiene más alfa-ácidos disponibles para oxidarse en humulinonas. La solubilidad de la humulinona no se vio afectada significativamente por la temperatura del dry hop cuando se probó a 66°F (19°C) en comparación con 39°F (4°C)

Dry hopping y pH

Junto con las humulinonas en dry hopping, el pH de la cerveza también puede afectar la percepción del amargor. En las pruebas realizadas por John Maye en los documentos discutidos anteriormente, después del dry hopping, se determinó que el pH de la cerveza aumenta con las cantidades de dry hopping. Específicamente, se puede esperar un aumento de pH de 0.14 unidades por libra de pellets de lúpulo utilizados. En términos de elaboración casera, si su dry hop con 142 gramos (aproximadamente 5 onzas) puede ver un aumento en el pH de 0.28. Esto es importante porque las cervezas probadas con el mismo contenido de ácido iso- α -ácido sabían más amargas cuando aumentaba el pH. [\[193\]](#)

Un artículo anterior presentado a la Universidad de Wisconsin-Stout Graduate School también encontró que el dry hopping conduce a un aumento en el pH. En el estudio, se examinaron cuatro cervezas comerciales diferentes y seis variedades de lúpulo. El autor encontró un aumento medio del pH entre 0.040 y 0.056 cuando se realizó un dry hop a 0.5 lbs./bbl. Cuando la cantidad de volumen de dry hop aumentó a 3 lbs./bbl, el aumento medio del pH fue de 0.233 y 0.332, que está ligeramente por debajo del aumento que encontró Maye. De las seis variedades de lúpulo probadas a una tasa de dry hop de 3 lbs./bbl, Styrian Aurora y Centennial fueron las que más elevaron el pH, seguidas por Willamette, Columbus, Polish Lublin y Northern Brewer. No se encontró una correlación significativa entre los atributos del lúpulo y el aumento del pH de la cerveza. [\[194\]](#)

La temperatura a la que se realiza el dry hopping tendrá un impacto en el ajuste del pH, pero apenas. Cuanto más fría esté la cerveza durante el dry hop, más aumentará el pH. Específicamente, una prueba encontró que al comenzar a un pH de 3.84 y realizar un dry hopping a 66°F (19°C) a una tasa de 4 g /L, el pH subió a casi 4.0 después de seis días en comparación con un pH de 4.05 a 39°F (4°C) con la misma variedad y duración de la adición de lupulos. [\[195\]](#)

LIBRERO HOP

Aroma de lúpulo y amargura percibida

Otra variable a los niveles de amargura percibidos es lo que el aroma "lupulado" puede tener en la percepción de amargura de un individuo. Un estudio de 2016 en *Food Research International* estudió el impacto de los compuestos de aroma de lúpulo en la intensidad de amargor percibida en la cerveza al hacer que catadores capacitados prueben cervezas en tres niveles diferentes de amargor (13, 25 y 42 IBU) y agreguen tres niveles diferentes de aroma de lúpulo extracto (0, 245, 490

mg /L). Los catadores probaron las cervezas con y sin el uso de pinzas para la nariz y notaron niveles de amargor.

Los autores encontraron que la adición de extracto de aroma de lúpulo resultó en un aumento en la percepción de amargura a través de los niveles de IBU. Específicamente, cuando no usaban las pinzas en la nariz y el aroma a lúpulo era evidente, los catadores calificaron las cervezas como más amargas a pesar de clasificar la misma cerveza en un nivel de amargor más bajo con las pinzas puestas. Este también fue el caso de las cervezas IBU medias y altas, que tenían puntuaciones de amargor más altas sin los clips de nariz en la dosis de aroma de lúpulo medio y alto. Solo la dosis más alta de aroma de lúpulo causó un aumento en la percepción de amargor en la cerveza de 13 IBU más baja. [\[196\]](#)

Entonces, en una IPA moderna con un dry hop elevado, el fuerte aroma afrutado del lúpulo por sí solo probablemente aumentará la percepción de amargura de la cerveza (a menos que esté bebiendo con una pinza en la nariz porque es raro). Esto es algo a tener en cuenta al formular recetas, si el objetivo es un IPA más suave y un dry hop mas leve, puede comenzar en el extremo inferior

de la cifra de IBU objetivo asumiendo el aumento de amargor percibido de los aromáticos del dry hop. En una cerveza con una densidad inicial de 1.050, me gusta apuntar a cerca de 20 IBU como un buen punto de partida para los IBU en caliente que vienen a agregar ebullición como un amargor base antes de la adición de lúpulos en whirpool.

LIBRERO HOP

Experimento de amargor de dry hop

Para probar la investigación de amargura en dry hop, preparé una session beer con adición temprana con un número muy pequeño de lúpulos en hervor y seguí esto con un dry hopping pesado. Luego envié una muestra de la cerveza a Oregon BrewLab para que probaran los IBU. Tenga en cuenta que la prueba IBU utilizada aquí no puede distinguir entre diferentes ácidos del lúpulo.

Específicamente, la cerveza experimental era un lote de 5.5 galones que solo recibió 16 gramos de lúpulo Citra después de 90 minutos donde se agregaron justo al apagarse (sin enfriamiento previo). El software de elaboración de la cerveza estima que se formarían alrededor de 10 IBU a partir de la pequeña, pero larga adición. Luego agregué 56 gramos de Mandarina Bavaria y 28 gramos de lúpulo Cluster en el segundo día de fermentación. Seguí esta adición de dry hop con 56 gramos adicionales de Cluster y 28 gramos de Mandarina Bavaria durante el madurado en el barril(keg hopping).

Los resultados de laboratorio mostraron un aumento drástico de las 10 IBU estimadas, volviendo con 33 IBU probadas. El aumento de IBU más alto de lo esperado probablemente provino de humulinonas de dry hop. Mis notas de cata para la cerveza describieron la amargura como una "amargura sutil y suave que es aparente al principio pero se disipa rápidamente".

Ahora, aunque estos resultados fueron interesantes, también quería probar los niveles reales de humulinonas en una cerveza con dry hopping intenso. Para el siguiente experimento, preparé una cerveza sin lúpulo en la ebullición o en el whirlpool, pero con un lupulado agresivo.

Preparé un Hazy IPA Citra / Amarillo y envié muestras de la cerveza a John Maye para que se hiciera una prueba de amargura a través de pruebas de HPLC que nuevamente pueden diferenciar entre los diferentes ácidos del lúpulo a diferencia de la prueba de IBU. También envié una pequeña muestra de los lúpulos utilizados, que se analizaron para determinar el contenido de humulinonas, alfa-ácidos y ácido β .

Detalles del experimento:

Tamaño de lote: 5.5 galones

Perfil de agua: agua de ósmosis inversa 100% tratada a 1.5 gramos / galón

Cloruro de calcio (195 ppm en total)

Macerado pH: 5.51

Cerveza final PH: 4.64

Molienda:

50% de 2 hileras

25% de avena en hojuelas orgánicas

25% de trigo malteado

Malta malteada según sea necesario

Levadura:

RVA Manchester Ale @ 66-68F

Programa de dry hop:

28 gramos de cada Citra y Amarillo agregados al fermentador (lúpulo de fermentación previa)

56 gramos de Citra y 56 gramos de Amarillo añadidos en el día cuatro de fermentación (fermentación limitada en este momento)

56 gramos de Citra y 56 gramos de Amarillo añadidos al barril (se dejan a temperatura ambiente durante la noche y en la nevera al día siguiente)

Resultados de pruebas de laboratorio:

24.3 ppm de humulinonas
2,7 ppm de iso-alfa-ácidos
71.5 ppm de alfa-ácidos
10,7 ppm de ácidos β
6.6 ul/L mirceno
3,7 ppm de xantohumol (polifenol)

Bitterness sensorial calculado = 2.7ppm + 16 + 7.1ppm = 25.8ppm

La prueba Traditional de IBU regresó con un nivel de amargura de 76.9 para esta cerveza, recuerde que tenía cero adiciones en el mosto caliente, incluso en la adición en whirpool. Entonces, puede ver cuán engañosa puede ser la cifra de IBU cuando se considera que 57 de las 76 IBU provienen de los alfa-ácidos y las humulinonas y solo 2 IBU provienen de los iso alfa-ácidos, el resto probablemente de los polifenoles.

Puede estar pensando, espere un minuto, ¿cómo puede obtener 2.7 ppm de iso-alfa-ácidos en la cerveza sin agregar lúpulo al hervor o en whirpool para isomerizar? Tenía la misma pregunta y le pregunté a John Maye. Supuso que la cantidad de isoácidos en esta cerveza era increíblemente baja para el volumen de lúpulo utilizado, lo que significa que la eficiencia de isomerización era pequeña. Maye sugirió dos posibles vías para la isomerización del adición en frío.

Primero, Maye ha visto minerales como el magnesio (que puede obtener de las maltas, incluso si no lo agrega al agua de elaboración) puede causar que los alfa-ácidos se isomericen. La segunda posibilidad es que una cantidad muy pequeña podría isomerizarse lentamente con el tiempo mientras la cerveza estaba a temperatura ambiente y durante la fermentación. En este caso, yo agregue 56

gramos en dry hop antes del inicio de la fermentación y otros 112 gramos de fermentación media. En cuanto al lúpulo en el barril y en el refrigerador, Maye dijo que este almacenamiento a largo plazo no daría lugar a la isomerización de los alfa-ácidos debido a las bajas temperaturas.

Encontré un artículo que mostraba una pequeña cantidad de iso-alfa-ácidos que entraban en la cerveza a través del dry hopping. En el estudio, una cerveza de trigo, Pale Ale y una cerveza dorada se saltaron en seco con diferentes variedades durante una, dos y tres semanas (Hallertauer Mittelfrüh, Saphir, Polaris y Mandarina Bavaria). Aunque la duración del dry hopping probablemente sea mucho más larga que la mayoría de los cerveceros considerarían, es interesante que con tiempos de dry hoppings más largos se midieron más iso-alfa-ácidos en la cerveza. Por ejemplo, con Polaris, el contenido de iso- α -ácido comenzó en 8.3 mg/L antes del dry hopping y aumentó a 8.5 en la semana uno, 9.4 en la semana dos y 11.7 en la semana tres. [\[197\]](#) Aunque solo un aumento de 3.4 del total de iso-alfa-ácidos durante la duración del dry hopping, va en contra del conocimiento común de que iso- α - los ácidos solo entran en la cerveza en el mosto caliente de la elaboración de la cerveza.

Volviendo a los resultados de mi cerveza experimental sin lúpulo en hervor y whirpool, es interesante ver un contenido de alfa-ácidos tan alto en la cerveza terminada, que fue más alta de lo que el laboratorio había probado antes. La razón por la que el contenido de alfa-ácidos probado es mucho más alto que las humulinonas es que, a pesar de que las humulinonas son más solubles que los alfa-ácidos a temperaturas de dry hopping, hay más alfa-ácidos que humulinonas en el lúpulo para comenzar, por lo que hay que encontrar más cerveza.

Una vez más, los alfa-ácidos no contribuyen mucho al amargor, ya que solo son un 10% más amargos que los iso alfa-ácidos, pero la poderosa naturaleza antibacteriana de los ácidos del lúpulo significa que es poco probable que contraiga una infección por lactobacilos. Más aún si está agregando lúpulo a la ebullición, teniendo en cuenta que Maye me sugirió que solo se necesitan 8 ppm de iso-alfa-ácidos para inhibir las bacterias. [\[198\]](#)

Aunque se dice que las humulinonas tienen un amargor más suave y se calculan alrededor del 66% tan amargo como los iso alfa-ácidos, tuve reacciones mixtas a la calidad general del amargor de la cerveza experimental. Es más suave en el sentido de que no permanece en la boca como un IPA de la Costa Oeste altamente amarga. Por otro lado, la explosión inicial de amargura fue más dura y más vegetal de lo que preferiría, probablemente por exceso de dry hopping.

El aroma de esta cerveza fue sorprendentemente débil teniendo en cuenta la gran cantidad de dry hop involucrados. Le pregunté a Maye si tenía alguna idea de por qué el carácter general del lúpulo era tan bajo a pesar de las grandes adiciones de dry hop, esencialmente de triple dry hop. Maye piensa que podría ser posible que el material de la hoja introducido en la cerveza fuera tan grande que eliminara / absorbiera gran parte del aceite del lúpulo, lo que podría reducir efectivamente el aroma. También especulo que los altos niveles de mirceno en esta cerveza podrían estar enmascarando compuestos más frutales. En general, la cerveza carecía del sabor saturado de lúpulo que estoy buscando, lo que sugiere que los adiciones tardías en caliente son una parte importante del sabor en una Hazy IPA.

Es interesante observar cómo mi cerveza con cero lúpulos en el mosto caliente pero con dry hop con diez onzas de lúpulo en un lote de 5 galones se compara con 12 NEIPA comerciales que se probaron para compuestos similares. En términos de amargura de las humulinonas, que pueden contribuir hasta el 50% de la amargura en un NEIPA, mi cerveza estaba cerca del promedio comercial de 26 ppm (la mía fue de 24.3 ppm). [\[199\]](#) Cuando mi cerveza difería de las cervezas comerciales, probó que mi cerveza tenía casi el doble del contenido de mirceno (sabores verdes y resinosos). Mi cerveza también probó el más alto para el polifenol Xanthohumol (3.7 ppm al promedio de 2.0 ppm en el comercial cervezas)

Nuevamente, mi queja con muchas Hazy IPA's es que se ven demasiado vegetales y agresivos, enmascarando el sabor a lúpulo de las adiciones tardías en caliente. Esta cerveza es un gran ejemplo de esto, no era muy buena. Los resultados de laboratorio muestran que este sabor vegetal probablemente proviene de niveles intensos de mirceno y polifenoles. Aprendimos antes que cuanto más viscosa es la solución, más retenemos estos compuestos volátiles del lúpulo. Esta cerveza experimental 25% de trigo malteado y 25% de avena en hojuelas, que es probablemente la razón por la que mantuvo tanto mirceno. Sugeriría volver a marcar los niveles de proteína (particularmente proteínas malteadas) y las cantidades de dry hop si sus Hazy IPA's son demasiado verdes y agresivos como este. Por ejemplo, reduciría la avena en copos al 10% y el trigo malteado al 10% para ayudar a reducir los sabores vegetales del dry hopping en esta cerveza experimental si tuviera que volver a elaborarla.

Resultados clave

- Las humulinonas son alfa-ácidos oxidados que son 66% tan amargos como los iso alfa-ácidos y son altamente solubles y llegan a la cerveza a través del dry hopping.
- El dry hopping reducirá la cantidad de iso-alfa-ácidos añadidos desde el mosto caliente.
- La prueba IBU puede ser engañosa, especialmente para la cerveza con dry hop porque no diferencia entre los diferentes ácidos del lúpulo y su potencial de amargor sensorial.
- Los lúpulos de alfa-ácidos más altos impartirán más humulinonas durante el dry hopping porque tiene más alfa-ácidos disponibles para oxidarse en humulinonas.
- El dry hopping aumentará el pH de la cerveza en aproximadamente 0,14 unidades de pH por libra de pellets de lúpulo.
- La amargura percibida aumenta cuando aumenta el pH de una cerveza. Las intensas tasas de dry hopping combinadas con gran cantidad de proteína pueden producir cervezas con alto mirceno y polifenoles que enmascaran potencialmente los sabores frutales del lúpulo.

Capítulo 9: Hop Creep

Aunque la idea de que el lúpulo contiene enzimas que pueden descomponer las dextrinas en azúcares fermentables es nueva para la mayoría de los cerveceros, no está dentro de la literatura académica sobre elaboración de cerveza. En 1893, el Dr. Horace Brown descubrió el poder diastático de los lúpulos al investigar por qué estaba ocurriendo la "post-fermentación" en barriles que se les había realizado dry hop.

La post-fermentación (o re-fermentación como la llamaríamos hoy) fue el resultado del dry hop que liberó fermentables, el tema mismo de este Capítulo. Como nota al margen, la tasa de dry hopping en 1893, era de

3/4 lbs./bbl, no mucho, ¡pero aún más de lo que hubiera pensado! [200]

La investigación de seguimiento sobre el poder diastásico del lúpulo se puede encontrar en un artículo de 1941 de J. Janicki, que concluyó que "el dry hopping produce cantidades significativas de azúcar en cervezas que contienen cantidades apreciables de dextrinas". [201] Sorprendentemente, la investigación en esta área se detuvo hasta 2017.

¿Cómo podría un tema tan relevante como el dry hopping que produce azúcares fermentables adicionales pasar tanto tiempo sin ser estudiado? La respuesta probablemente se deba en parte a la transición entre los cerveceros y los consumidores que pasan lentamente de elaborar cerveza y beber principalmente cervezas a cervezas lupuladas modernas donde se lleva a cabo un importante dry hopping después de la fermentación. Sin embargo, todavía es sorprendente cuánto tiempo el lúpulo ha estado liberando azúcares en las sombras.

El interés en el potencial enzimático del dry hopping se debe principalmente al trabajo de Allagash Brewing Company, una cervecería no necesariamente conocida por su dry hopping (solo alrededor del 1% de sus cervezas son de dry hop). Allagash comenzó a notar una sobre carbonatación en su Hoppy Table Beer después de realizar un dry hopping. Dirigiéndose a 2.6 volúmenes de CO2 durante el acondicionamiento de la botella, después de un dry hopping de dos a tres días con Comet y Azacca, los cerveceros notaron que el CO2 alcanzó 3.35 volúmenes después de una semana, 3.94 después de dos semanas, y hasta 4.30 volúmenes después ¡tres semanas! Claramente, algo estaba pasando.

Después de tirar 60 barriles de cerveza Hoppy Table Beer sobre carbonatada (imagíñese tratando de sacar toda esa espuma de cerveza por el desagüe), Allagash comenzó una investigación. Primero eliminaron la selección de la cepa de levadura, la levadura salvaje, la elección del grano y las dosis de extracto de embotellado. Enfocándonos entonces en la diferencia más significativa entre esta cerveza y otras fue el hecho de que tenía dry hop antes de ser embotellada. Debido a esto, Allagash organizó un experimento para probar la sobre-attenuación con una cerveza base dividida de tres formas embotelladas por

- 1) Dosificación de azúcar y levadura acondicionadora
- 2) Dry hop y dosificación de azúcar / Levadura
- 3) Dry hopping solamente (sin azúcar).

Lo que encontraron fue que en el primer embotellado al dosificar solo azúcar y levadura (sin dry hop) reveló los niveles de carbonatación esperados y la disminución del extracto en la botella. La segunda cerveza, que fue de dry hop y dosificada con azúcar (al igual que la cerveza de Hoppy Table Beer) se sobrecarbonató, y el nivel de extracto de la cerveza disminuyó mucho más de lo previsto.

Curiosamente, el nivel de extracto continuó disminuyendo durante unos 20 días. Finalmente, la tercera cerveza, que solo recibió dry hop, también fue sobre carbonatada. ¡El nivel de extracto continuó disminuyendo con el tiempo en la botella casi al mismo nivel que la cerveza que se lupuló y recibió una adición de azúcar!

Pruebas adicionales (con varias cepas de levadura) nuevamente mostraron que el dry hopping (con Cascade) causó una atenuación excesiva con niveles más altos de pérdida de extracto durante el embotellado que las cervezas de control que no fueron de dry hop. Esta referencia de la cerveza con dry hop con levadura presente ahora se conoce como "Hop Creep". Para Allagash, parecía obvio que algo estaba sucediendo con el dry hopping que estaba causando una atenuación excesiva durante el acondicionamiento de la botella, por lo que se acercaron a Thomas Shellhamer, profesor de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, en la Universidad Estatal de Oregon para obtener ayuda.

El Brewing Science Lab en Oregon State no solo validó las pruebas de Allagash duplicando sus experimentos, sino que también intentaron dejar la cerveza por un período de acondicionamiento de 40 días y vieron que el nivel de extracto continuaba disminuyendo. Específicamente, con un extracto real inicial de alrededor de 3.5°P (1.014), la cerveza con levadura y dry hop cayó a 2°P (1.008), sin

azúcar agregada. Su prueba también reveló que cuando se agregaron lúpulos a la cerveza sin levadura presente, los investigadores no vieron una caída en los niveles de extracto. Es casi como si los períodos prolongados de dry hopping imitaran la atenuación a largo plazo que podría ver con Brettanomyces.

Entonces, ¿qué está causando niveles tan altos de pérdida de extracto durante el acondicionamiento de embotellado para cervezas que anteriormente fueron de dry hop? El estado de Oregón descubrió que en los lúpulos Cascade probados, se encontraron cuatro enzimas diferentes (amiloglucosidasa, α -amilasa, β -amilasa y dextrinasa límite). Estas enzimas pueden sonar familiares porque durante el macerado, son responsables de producir azúcares fermentables. Aunque estas enzimas se encontraron en el lúpulo a niveles mucho más bajos que la malta, todavía están presentes en niveles bajos y probablemente desempeñan un papel en la atenuación excesiva.

Esencialmente, las enzimas durante el dry hopping están creando fermentables adicionales, como glucosa y maltosa, a partir de dextrinas. La levadura en la botella o tanque luego los consume durante el acondicionamiento. Se supone que las enzimas más responsables de la re-fermentación provienen principalmente de la amiloglucosidasa, combinada con bajos niveles de actividad de α -amilasa y β -amilasa. [\[202\]](#)

En última instancia, las pruebas posteriores revelaron que la producción de fermentables a partir de las enzimas varía según las diferentes variables de elaboración, como la temperatura, la duración y las tasas de dry hopping. La investigación del estado de Oregón concluyó que el dry hopping más corto (uno o dos días) a una temperatura más baja de 50°F (10°C) en comparación con 68°F (20°C),

duraciones más cortas (tiempo de contacto reducido) y un dry hopping más bajo tasa creada menos fermentables.

En lo que se refiere a hacer Hazy IPAs, lo que me interesa de estos hallazgos es cómo el dry hopping de fermentación temprana puede afectar la densidad final de la cerveza. Por ejemplo, si se agregan lúpulos tan temprano como el día de la preparación mientras hay mucha levadura presente, parece plausible que las enzimas liberen fermentables adicionales que luego consumiría la levadura activa. Además, el tiempo prolongado en que esas adiciones tempranas están en contacto con la cerveza puede aumentar aún más los azúcares disponibles durante la fermentación, lo que reduciría las lecturas finales de ABV.

Le pregunté a Kaylyn Kirkpatrick, del estado de Oregón, que investigó la actividad de la enzima del lúpulo, sobre el dry hopping temprano y las posibles densidades finales más bajas. Kirkpatrick dijo que han escuchado de informes de bajas gravidades finales de dry hopping tempranos, y el estilo de cerveza tiene mucho que ver con la extensión de la adición de Hop Creep. Kirkpatrick explicó que esto sigue la cinética de Michaelis-Menten, que establece que si aumenta la concentración de sustrato (dextrina), también lo hace la tasa de actividad enzimática hasta un punto de saturación. Entonces, si las dextrinas de cerveza son sustratos (algunas Hazy IPAs tienen dextrinas más altas que el promedio), entonces es posible modular la actividad enzimática alterando el macerado, por ejemplo, aunque sería complicado para el cervecero promedio hacerlo.

Si usted es un cervecero casero o una cervecería profesional que mantiene la cerveza fría después del dry hopping y el envasado, esta actividad de la enzima del lúpulo no parece tener un gran impacto ya que las bajas

temperaturas evitarían la derivación de la levadura. Sin embargo, para otras cervezas de dry hop que funcionan bien con el tiempo en botellas, como las cervezas de fermentación mixta, o si tienen un dry hopping después de la fermentación primaria cerca de las temperaturas de fermentación, esto puede causar problemas. Es probable que la duración del dry hopping más fría y más corta de uno a dos días sea mejor si los problemas comienzan a surgir por la sobre carbonatación. También parece mejor tratar de eliminar la mayor cantidad de levadura posible antes del envasado. Shellhammer sugirió que incluso si reduce el nivel de levadura en una cerveza antes del envasado, puede retrasar el problema porque eventualmente se pueden consumir fermentables adicionales creados por enzimas del dry hop. Los cerveceros caseros también podrían optar por envejecer más estas cervezas en un barril y usar una válvula de descarga para liberar la presión del barril si supera el nivel de carbonatación deseado.

Diacetil y Dry Hopping

Una presentación en la Reunión Anual de la American Society of Brewing Chemists 2017 por Andrea Baillo, de Melvin Brewing, arroja algo de luz sobre el potencial de las dicetonas vecinales (diacetil, que saben y hueulen a palomitas de maíz con mantequilla, suero de mantequilla y palomitas de maíz para cine / teatro) derivadas del lúpulo por actividad enzimática durante el dry hopping. Baillo organizó un experimento para probar el VDK y el dry hopping con dos cervezas separadas, con dry hop durante siete a diez días, temperaturas de fermentación de 68°F (20°C) a 70°F (21°C) o después de bajar la temperatura del tanque a 60°F (15.5°C).

Ambas cervezas en el experimento fueron se le realizó un dry hopping después de la fermentación primaria y después de la cosecha de la levadura. Baillo descubrió que con su Melvin IPA, cuando realizó un dry hop a 70°F (21°C), una fermentación secundaria comenzó a partir de la actividad enzimática del dry hop, lo que también condujo a un aumento de VDK.

El VDK pudo volver a niveles bajos, pero no hasta después de seis o siete días después del dry hopping. Cuando la IPA se lúpulo en frío, a 60°F (15.5°C), la fermentación secundaria, así como la caída por densidad, disminuyeron. El pico de VDK fue menor, pero no se aclaró tan bien como por encima del promedio después de siete días de dry hopping.

Cuando la prueba se repitió en otras dos cervezas de dry hop, hubo resultados similares. La mayor diferencia fue para estas cervezas, el VDK no se limpió por completo a 70°F (21°C) Otra variable que parece aumentar la producción de VDK durante el dry hopping es el acto de

estimular el tanque con Co2, que se realiza durante el dry hopping para mantener los lúpulos en suspensión y fomentar la extracción del lúpulo. Parece que cuando la levadura en el fondo de un tanque se agita del Co2, se les anima a comenzar a trabajar en los nuevos fermentables liberados de la actividad enzimática del dry hop. Con poca levadura en el tanque y los nutrientes de la fermentación primaria agotados, esto es probablemente parte de la causa del aumento en VDK. [\[203\]](#)

Lo que muestra la prueba es que puede reducir el pico de VDK que podría ocurrir por el dry hopping si baja las temperaturas por debajo de la temperatura de fermentación. Si la temperatura se deja en o cerca de la temperatura de fermentación, es posible que vea un pico más alto en VDK, pero la levadura parece ser capaz de eliminar la mayor parte si se le da suficiente tiempo (como un reposo de diacetil con lagers). Por ejemplo, Great Notion Brewing en Portland Oregon pudo abordar sus problemas con VDK y el dry hopping simplemente bajando sus temperaturas de dry hopping, lo cual se analiza con mayor detalle más adelante en el libro. En Sapwood Cellars, nos gusta agitar nuestros adicionar los lúpulos con ráfagas de CO2 a través del cono, porque esto puede fomentar la derivación del dry hopping al despertar la levadura, tendemos a realizar un dry hop a 58°F (14°C) y menos para evitar la producción de diacetilo.

Resultados clave

- El dry hopping puede producir cantidades significativas de azúcar fermentable en la cerveza, especialmente si hay una gran cantidad de dextrinas. Esta referencia ahora se conoce comúnmente como Hop Creep.
- El dry hopping puede causar sobre carbonatación en botellas a través de la derivación de enzimas (específicamente, amiloglucosidasa). Las duraciones de dry hop más cortas de uno o dos días reducirán la cantidad de enzimas creadas que eventualmente podrían liberar azúcares fermentables. Cuanto más fría sea la temperatura del dry hop (la temperatura de fermentación por debajo es la mejor), menos enzimas estarán activas.
- Las tasas más bajas de dry hop también reducirán la cantidad de enzimas que podrían conducir a una sobre carbonatación.
- El dry hopping temprano en la fermentación con Hazy IPAs de alta dextrina podría dar como resultado una densidad final más baja debido al activo enzimático del lúpulo y al tiempo de contacto extendido durante la fermentación activa.
- La actividad enzimática del dry hopping en ausencia de suficiente levadura y nutrientes puede conducir a una referencia inadecuada que causa problemas de VDK (diacetilo), especialmente a temperaturas cálidas de dry hop, tiempo de contacto prolongado de dry hop y eructar el tanque con CO₂.

Capítulo 10: Biotransformación

El bioflavoring es una forma de mejorar o alterar las características de aroma y sabor de la cerveza sin la introducción de productos químicos sintéticos. Estos sabores se crean a través de la producción y conversión de compuestos de sabor y precursores de sabor por métodos biológicos. La extracción de material vegetal como el lúpulo, las flores y las frutas proporciona posibles vías para lograr esta bioproducción de sabores. [\[204\]](#) Quizás uno de los términos más comúnmente utilizados e incomprendidos entre los cerveceros de cervezas lupuladas es la biotransformación, este capítulo debería ayudar a definir esta actividad y mostrar cómo los diferentes pasos e ingredientes del proceso pueden promover la mejora de compuestos (principalmente compuestos de lúpulo) a través de productos biológicos conversiones

Glucósidos

Goldstein H., Ting descubrió y presentó en 1999 en la Convención Europea de Cervecería la presencia de precursores de sabor a lúpulo en la fracción soluble en agua de los sólidos del lúpulo, que constituyen del 20 al 25% de los sólidos y demostró que pueden terminar la cerveza en alguna forma. Goldstein determina que los sólidos del lúpulo contenían 82.6% de carbohidratos, de los cuales el 92.4% están compuestos por glucosa, que contiene compuestos conjugados con glucosa llamados glucósidos. Los glucósidos son compuestos inodoros no volátiles que pueden hidrolizarse para producir azúcares y agliconas (alcoholes) liberados con catálisis ácida o enzimática (por beta-glucosidasa). Los compuestos producidos a partir de la beta-glicosidasa pueden clasificarse en tres categorías: 1) alcoholes simples, 2) alcoholes terpénicos y 3) compuestos de carbonilo. Los más importantes para la elaboración de la cerveza son aquellos que incluyen alcoholes terpénicos debido a su conexión con los sabores de lúpulo. [\[205\]](#)

Este capítulo se enfoca en mejorar los sabores y aromáticos de la cerveza a través de la hidrólisis enzimática de precursores de sabor en compuestos de sabor unidos glucosídicamente en frutas y lúpulo. La hidrólisis enzimática de los glucósidos requiere primero la incisión del enlace entre azúcares en los di- o triglicéridos, produciendo β -d-glucósidos. La enzima más apropiada para la hidrólisis de estos β -d-glucósidos es la 1,4- β -glucosidasa. [\[206\]](#) Con el fin de introducir la enzima β -glucosidasa en la cerveza para que se puedan liberar los precursores del aroma glucosídico en frutas y lúpulo, los cerveceros deben usar cepas de levadura con actividad

probada de β -glucosidasa liberada durante la fermentación o utilizar enzimas comerciales que han sido aisladas de plantas, bacterias, mohos y levaduras. [\[207\]](#)

Dicho de otra manera, las plantas como el lúpulo y las frutas contienen muchos sabores volátiles detectables en su estado original. Sin embargo, también contienen muchos aromas no volátiles llamados aglicones que también pueden contribuir al aroma y al sabor, pero primero deben liberarse a través de la hidrólisis enzimática (β -glucosidasa). De hecho, las plantas contienen hasta cinco veces más moléculas aromáticas no volátiles en comparación con las volátiles! [\[208\]](#) Varios estudios han demostrado que en el lúpulo, los precursores de aroma unidos glucosídicamente en el material vegetativo del lúpulo pueden liberarse y contribuir al aroma lupulado de la cerveza. [\[209\]](#)

Formas de lograr la actividad B-glucosidasa

Una forma de fomentar la actividad de la β -glucosidasa es mediante la compra de enzimas disponibles en el mercado con actividad probada de β -glucosidasa, como AR2000 y Rapidase Revelation Aroma, que se utilizan comúnmente en la industria del vino para mejorar el perfil aromático de los vinos. Estas enzimas comerciales tienen actividades secundarias a la glucosidasa que se pueden disolver a 35-70 gramos / 1000 galones en vino blanco, por ejemplo, hacia el final de la fermentación (si esta misma tasa de dosificación se usa en cerveza, es tan baja como menos de 0.5 gramos / 10 galones de cerveza). Las condiciones anunciadas para las enzimas comerciales generalmente dicen que funcionan mejor en un rango de pH entre 2.8 y 5.0 (aunque las pruebas adicionales de AR2000 indican que un pH de 4.5-5.75 es probablemente el mejor) y para mantener bajos los niveles de sulfato (de todos modos, generalmente se hace en Hazy IPA's))

Las enzimas comerciales permanecerán activas y se suspenderán en la industria del vino con bentonita. La enzima β -glucosidasa es una proteína que podría causar turbidez si no se detiene, algo que a algunos no les importa. La formación de turbidez a partir de la actividad enzimática es más preocupante si la cerveza se calienta a

> 100°F (38°C), ¡lo que con suerte no le está sucediendo a su cerveza de todos modos! Si una cerveza se almacena fría de inmediato y se mantiene fría, es posible que no se forme turbidez y que no sea necesario usar bentonita.

En cuanto a la sugerencia de dosificación cuando se usan polvos enzimáticos comerciales, es complicado para la cerveza porque hasta la fecha, están diseñados y

probados para el vino y no para la cerveza. Le animo a que realice pruebas, pero en conversaciones con proveedores, una buena dosis para comenzar a experimentar es 0.5-1 gramo por 5-10 galones.

Sin embargo, algunos estudios han encontrado que las enzimas comerciales pueden no ser tan efectivas para liberar glucósidos atrapados en la fruta y el lúpulo como la levadura o las bacterias. Un estudio centrado en el vino explica en parte la capacidad de la levadura de superar a las enzimas comerciales para el sabor biológico porque la levadura indígena ya se ha adaptado al entorno ecológico y se ha convertido en parte del ecosistema del vino. Esto puede servir como mejores opciones para encarnar los caracteres regionales de los vinos. [\[210\]](#)

Un ejemplo de esta ventaja ambiental que la levadura y las bacterias naturales pueden tener es *Metschnikowia reukaufii*, un aislado de The Yeast Bay. Este aislado fue tomado de flores recién abiertas de un arbusto de zarza en las colinas de Berkeley de California. A continuación, se describe cómo The Yeast Bay describe *Metschnikowia reukaufii*, una opción divertida para experimentar cuando se intenta lograr un sabor biológico en las cervezas hop-forward como una pequeña mezcla de la levadura (usando una típica cepa Hazy IPA para la mayor parte del porcentaje).

M. reukaufii utiliza muy poca maltosa y derivados de maltosa de cadena más larga como la maltotriosa, aunque se cree que el género en general tiene una expresión bastante fuerte de glucosidasas o enzimas que pueden transformar y modular el carácter de la cerveza al alterar los sustratos de glucósido.

Si bien solo se atenúa al 20-25% por sí solo en el mosto de cerveza, en las fermentaciones se ha demostrado que reduce la densidad y el pH de la fermentación más rápido,

acentúa y modula el perfil de aroma y suaviza la amargura percibida del producto terminado.

Es probable que esta acentuación del perfil de aroma se deba no solo al complejo pero bastante moderado perfil de ésteres de cóctel de frutas de *M. reukaufii*, sino también debido a la producción de glucosidasas que utilizan glucósidos de lúpulo como sustrato para liberar las moléculas activas de los azúcares que están obligados [\[211\]](#)

Por lo tanto, un enfoque alternativo para fomentar la biotransformación es introducir la actividad de la

β -glucosidasa en la cerveza mediante el uso de cepas de levadura específicas que se han probado y demostrado que tienen actividad de β -glucosidasa. En el ejemplo de

M. reukaufii anterior, las cervezas de prueba dieron como resultado un aroma acentuado cuando se co-fermentaron con *Saccharomyces*. Múltiples estudios han examinado la actividad de la β -glucosidasa de cientos de cepas de levadura diferentes. La mayor parte de esta investigación se ha centrado en especies autóctonas de la vinificación y la mayor actividad de la β -glucosidasa reside continuamente en cepas de levadura no *Saccharomyces*. [\[212\]](#)

Un estudio en el *Journal of Applied Microbiology* buscó la actividad de la β -glucosidasa en 58 levaduras cerveceras (tanto *Saccharomyces* como *Brettanomyces*) y, después de una detección inicial de la actividad de la glucósido hidrolasa, redujo las cepas a seis para realizar más pruebas. Encontraron que *S. cerevisiae* U228, *Br. intermedius* CMBS LD85, *fr. custersii* CMBS LD72, *Br. anomalus* CMBS LD84 y *D. anomala* CMBS LD88 mostraron claramente la presencia de una actividad de β -glucosidasa. Una cepa comercial de vino *S. cerevisiae* U228 fue la única cepa de *Saccharomyces* que mostró actividad de β -glucosidasa. De mayor interés fue que

fr. custersii (aislado de la fermentación Lambic) mostró la mayor actividad. [\[213\]](#)

Un estudio de 2016 sobre el tema del bioflavorizado examinó 428 cepas de levadura diferentes para detectar actividad de β -glucosidasa y encontró dos cepas de *Brettanomyces* con actividad de β -glucosidasa "pronunciada" (*B. anomalus* YV396 y *B. bruxellensis* YV397) con *B. anomalus* mostrando la enzima más alta actividad(también conocido como *claussenii*). [\[214\]](#) Pruebas adicionales de la cepa de *B. anomalus* en fermentaciones mixtas de siete días con una cepa de β -glucosidasa *Saccharomyces* no productora, Yannick encontró diferencias significativas en las cervezas de cereza con la enzima *B. anomalus*. Los paneles sensoriales describieron estas cervezas como "más frutales" y "más parecidas a la cereza y la miel". Los panelistas los prefirieron a una cerveza tratada con la enzima comercial AR2000 y una cerveza no tratada en absoluto. Yannick también encontró diferencias de aroma en las fermentaciones con extracto de lúpulo y *B. anomalus*, aunque no tan drástica como la cerveza de cereza.

Un estudio de 2004 en el *Journal of Applied Microbiology* examinó la actividad de la glucosidasa en 180 aislados de levadura autóctona de las superficies de la uva. De estos, once fueron seleccionados para su posterior estudio, ya que mostraron la mayor producción de β -glucosidasa. Rodríguez descubrió que los mejores productores de β -glucosidasa pertenecían a levaduras no *Saccharomyces* llamadas *C. guilliermondii*, *C. pulcherrima* y *K. IPA'Sculata*.

El lúpulo también produce enzimas, que se aborda en el Capítulo 9, destacando su capacidad para liberar azúcares fermentables y una de estas enzimas es la β -glucosidasa. Un examen en papel de solo dos variedades

de lúpulo (Progress y Hallertauer Tradition) descubrió que ambas mostraban cierta actividad de β -glucosidasa. Sin embargo, ambos estaban por debajo de 125 U / g. [\[215\]](#) Para ayudar a dar sentido a esta cifra, considere que la cepa de vino 71B-122, que se sabe que es un gran productor de la enzima β -glucosidasa, puede producir más de 100,000 U/g (100 U mg-1). [\[216\]](#) Los cerveceros deberían entonces mirar hacia la producción de enzimas a partir de levaduras o una enzima comercial para el sabor biológico y no desde el lúpulo para obtener más actividad de β -glucosidasa.

Ahora está claro que el uso de ciertas variedades de lúpulo dará como resultado cervezas notablemente diferentes en función de la elaborada composición de los compuestos dentro de cada lúpulo. También sabemos que diferentes cepas de levadura pueden interactuar de manera diferente con estos compuestos, creando aromas y sabores distintos. Por ejemplo, un estudio preparó 36 cervezas diferentes usando cuatro variedades de lúpulo francés y tres cepas de levadura para examinar cómo los compuestos de lúpulo variaban entre cada cerveza. Los autores encontraron que de 39 compuestos medidos, 28 estaban influenciados por la variedad de lúpulo y la cepa de levadura. Específicamente, quince de los compuestos fueron derivados de lúpulo, y trece fueron derivados de levadura. Estas interacciones complejas muestran cómo la selección de levadura y las combinaciones de lúpulo pueden desempeñar un papel importante en la determinación de los sabores.

En el artículo anterior, una cerveza elaborada con lúpulo Aramis y fermentada con la cepa lager CLIB279 dio como resultado una cerveza con aproximadamente un 45% menos de geraniol que cuando se fermenta con CLIB267, otra cepa lager. Recuerde, esto es a pesar de usar

el mismo lúpulo en cantidades iguales.^[217] El resultado tiene más que ver con la incapacidad de CLIB279 para convertir geraniol en citronelol.

Un estudio que examinó la diferencia del perfil de aroma de lúpulo posterior a la fermentación y los compuestos de aroma de lúpulo metabolizados entre dos cepas de levadura diferentes también la selección de levadura encontrada puede ser importante ya que se relaciona con el potencial de bioflavoring. Al usar el mismo mosto frío para la fermentación, los autores encontraron diferencias significativas en los compuestos de aroma de lúpulo. Por ejemplo, una cepa mostró casi el doble de compuestos frutales después de la fermentación, mientras que la otra cepa tenía una mayor concentración de compuestos que son más florales, herbales y cítricos.^[218]

Aunque la ciencia muestra que la selección de levadura puede desempeñar un papel en la cantidad de biotransformación de compuestos de lúpulo, los datos sensoriales hasta la fecha no muestran que estos compuestos formados a través de la hidrolización de glucósidos no volátiles sean fácilmente detectables. Por ejemplo, el artículo mencionado anteriormente que se enfoca en *B. anomalus* y una cerveza con frutos de cereza tuvo un mayor impacto sensorial que con el lúpulo. En otras palabras, aunque muchos de los mismos compuestos que existen tanto en la fruta como en el lúpulo que se pueden biotransformar, los resultados mostraron que la biotransformación de la fruta fue detectada más fácilmente por un panel de degustación.

En 2016, la actividad de biotransformación de glucósidos se estudió nuevamente con una cerveza inglesa, vino (actividad conocida de β -glucosidasa) y cepa lager. La cepa de vino tuvo la mayor actividad probada de β -

glucosidasa del grupo, produciendo una cerveza con clavo, aromas medicinales y fenólicos tan intensos que probablemente enmascararía cualquier pequeña diferencia de biotransformación proveniente de los compuestos del lúpulo. La cepa American Ale 1056 probada era capaz de actividad de β -glucosidasa, pero en menor medida la cepa de vino (OSU2). ^[219] Este hallazgo es interesante, ya que es una de las primeras menciones de una cepa de ale capaz de actividad de β -glucosidasa, con suerte se seguirán probando más cepas de ale.

Condiciones que favorecen la actividad de la β -glucosidasa

Un estudio en *Annals of Microbiology* analizó la actividad de la β -glucosidasa de una cepa comprobada MDD24 (*Pichia anomala* aislada de uvas de mesa en Tailandia) contra una enzima disponible en el mercado para mejorar el aroma del vino. En esta cepa, los investigadores encontraron que la glucosa en el medio redujo la actividad de la β -glucosidasa en un 80%. Tanto la fructosa como la sacarosa también disminuyeron la actividad de la β -glucosidasa en la enzima comercial y MDD24, pero en menor medida que la sacarosa. Específicamente, la actividad disminuyó alrededor de un 20% en presencia de 20% de fructosa (la actividad enzimática comercial disminuyó en un 75%) y aproximadamente el 55% de la actividad permaneció en presencia de 20% de sacarosa (el 80% permaneció con la enzima comercial). [\[220\]](#) Por lo tanto, la presencia de azúcar redujo el potencial de sabor biológico de la β -glucosidasa.

La maltosa es el azúcar más dominante en el mosto (60 a 65%), seguida de la maltotriosa (20 a 25%) y la glucosa representa solo del 10 al 15%, mientras que el contenido de sacarosa y fructosa es relativamente bajo en fermentables totales. [\[221\]](#) Teniendo esto en cuenta, parece que para maximizar el potencial de bioflavoring, es mejor agregar enzimas (ya sea comercialmente o por levadura) al final de la fermentación cuando los niveles de azúcar se han reducido para dar β -glucosidasa

Un estudio de la revista *Food Chemistry Journal* de 2013 examinó la actividad de la β -glucosidasa de tres levaduras no *Saccharomyces* (*Trichosporon asahii*) en Cabernet Gernischt y descubrió que el pH era un factor

importante para maximizar la actividad. Los autores encontraron que el pH óptimo para las enzimas probadas era 5.0 y superior. Los niveles más bajos de actividad fueron cuando el pH se redujo a 3.0, sin embargo, no todas las enzimas eran tan sensibles a los valores de pH más bajos. [\[222\]](#) El estudio también encontró y confirmó que, aunque había diferentes resistencias a la glucosa entre las dos cepas, también desempeñaba un papel importante en la disminución de la actividad de la β -glucosidasa.

En las pruebas del producto comercial de β -glucosidasa, AR2000 también encontró el pH como un factor importante en la actividad enzimática. Los autores encontraron que AR2000 funcionaba mejor a un pH de 4.5 que a valores más bajos. También se probó *B. anomalus*, que tenía la mejor actividad de β -glucosidasa a un pH de 5,75. [\[223\]](#) El artículo anterior que analiza la presencia de azúcar que afecta la actividad de la β -glucosidasa también confirmó que los valores de pH más bajos (por debajo de 4.0) tuvieron un impacto negativo en la actividad enzimática.

La temperatura también es otro factor probado que tiene un impacto en la actividad de la β -glucosidasa. En general, las temperaturas más altas mejoraron la actividad enzimática y las temperaturas más bajas la desaceleraron. Sin embargo, las temperaturas óptimas en los estudios anteriores a menudo están muy por encima de la temperatura de fermentación (por encima de 100°F o 38°C), que no es

Práctico para fermentaciones ale ale saludables. Cuando se midió contra una enzima comercial en el vino, la cepa de levadura (MDD24) fue más efectiva en fermentaciones ale típicas que una enzima comercial probada, [\[224\]](#) lo que sugiere que las cepas de levadura pueden ser mejores opciones para temperaturas más bajas que los productos

comerciales, pero esta fue una pequeña tamañito de la muestra.

Debido a que los estudios sugieren que un pH más alto es ideal para la actividad máxima de β -glucosidasa (aunque esto puede depender de la cepa), por ejemplo, para una cerveza agria envejecida, podría valer la pena experimentar con doble lúpulo o adiciones de fruta. Puede agregar lúpulo o fruta al comienzo del envejecimiento para aprovechar el mayor pH y el menor contenido de azúcar de la cerveza (fermentación post primaria). De nuevo, puede agregar una carga fresca de fruta o lúpulo a la cerveza antes del envasado para obtener volátiles de fruta fresca renovados, similar al dry hopping doble después de una fermentación Hazy IPA.

Walt Dickinson de Wicked Weed ha utilizado con éxito este método con Red Angel, una popular American Wild Ale, agregando frambuesas a la cerveza cuando se va a roble (comienzo del envejecimiento / agruración pero después de la fermentación primaria de Brettanomyces). Dickinson ha dicho que hacer esto le da un "toque" a la adición de fruta, que es un aroma de fruta diferente de lo que ha dicho que experimenta con una adición de fruta post-agria. [\[225\]](#) Sabiendo que la mayoría de las cepas de Brettanomyces son buenas opciones de sabor biológico, agregando fruta después del primario (azúcares más bajos), con un montón de Brettanomyces aún activo, y con un pH de cerveza razonable, es una buena apuesta que el sabor biológico está detrás de este sabor a mermelada.

Actividad de exo- β -glucanasa y β -glucosidasa

La producción de levadura de exo- β -glucanasa también libera compuestos volátiles relacionados con glucósidos en frutas y lúpulo como la β -glucosidasa. La principal diferencia es que la exo- β -glucanasa se puede producir a diferentes niveles en algunas cepas de *Saccharomyces*, donde la investigación discutida anteriormente sugiere que la actividad de β -glucosidasa es más fuerte en los no-*Saccharomyces*. Esto puede ser importante porque la exo- β -glucanasa también es capaz de liberar compuestos aromáticos directamente del precursor glicosilado, pero en menor grado que la β -glucosidasa.

Un estudio en el *International Journal of Food Microbiology* probó la capacidad de una cepa de levadura de vino de exo- β -glucanasa “sobreproductora” de *Saccharomyces* (Lalvin T73) para liberar compuestos aromatizantes de fermentaciones de mosto de uva y descubrió que la exo- β -glucanasa De hecho, la enzima liberaba sabores adicionales. Curiosamente, descubrieron que la exo- β -glucanasa podría ser una enzima más versátil, ya que no estaba tan afectada por el etanol, el SO₂ o la glucosa / fructosa, y porque alcanza la actividad máxima rápidamente (alrededor de dos días). [\[226\]](#)

La combinación de lo mejor de ambas enzimas ofrece oportunidades emocionantes para los cerveceros. Por ejemplo, si se prueba una cepa *Saccharomyces* ale y muestra la capacidad de producir en exceso exo- β -glucanasa, parece posible que en presencia de lúpulo durante la fermentación normal (de dry hop previo a la fermentación o de lupulado tardío) potencialmente liberan aromas adicionales debido a su capacidad para operar en condiciones normales de fermentación. Con suerte, los

niveles de actividad de exo- β -glucanasa de las cepas ale normales es algo que se probará en el futuro.

Para llevar el experimento de biotransformación un paso más allá, al final de la fermentación normal, la cerveza podría transferirse a un barril con una cepa no *Saccharomyces* con una capacidad comprobada para producir β -glucosidasa. Esto podría proporcionar una posibilidad de liberación adicional de sabores de lúpulo relacionados con el glucósido en un entorno más favorable para la enzima (menos azúcares disponibles), el lúpulo alto en seco puede aumentar el pH de la cerveza lo suficiente como para ayudar también a la β -glucosidasa.

El concepto de combinar las dos enzimas se probó en el estudio anterior. En él, los autores encontraron que una cepa de *Saccharomyces* (CMBS LD40, una cepa de levadura belga) mostró una mayor liberación de ciertos aglicones de los glucósidos de lúpulo durante la fermentación, probablemente por exo-glucanasa. Sugieren utilizar una fermentación mixta de *S. cerevisiae* y *Br. custersii* para obtener la mayor liberación de volátiles de los glucósidos del lúpulo.

Debido a que estudios anteriores encontraron un impacto mucho mayor de bioflavoring de fruta sobre lúpulo, la combinación de los dos también podría ser una forma interesante de experimentar con sabores nuevos y diferentes, creando divertidas IPA frutales. Por ejemplo, puede valer la pena experimentar agregando fruta y lúpulo al mismo tiempo con una cepa productora de β -glucosidasa (o enzima comercial) a una cerveza antes del barrilete y después de la fermentación primaria. Debería esperar la remisión completa de los fermentables de fruta adicionales antes del envasado.

Si bien hay datos que sugieren que la actividad de la exo- β -glucanasa puede alcanzar su pico en solo unos días, no

pude encontrar ningún estudio que pruebe específicamente la duración de la actividad de la β -glucosidasa. Sin embargo, un artículo sugirió que la actividad de la β -glucosidasa podría alcanzar su pico en un período de tiempo similar. Si este es el caso, podría permitir la oportunidad de pinchar una cerveza limpia y lupulada con una cepa de *Brettanomyces* productora de β -glucosidasa o una enzima comercial posterior a la fermentación con lúpulo, fruta, especias o incluso flores, para dos a cinco días. Si lo hace, podría aprovechar el saborizante biológico sin obtener los aromas típicos del corral de Brett si se mantiene a temperaturas de servicio después del envasado. Sin embargo, tenga cuidado al empaquetar una cerveza con Brett agregado, ya que podrían producirse explosiones de la referencia y la botella (necesitaría mantener la cerveza fría después del empaque) una enzima comercial es probablemente una apuesta más segura para este tipo de experimentación.

En última instancia, parece que se puede lograr un saborizante biológico a partir de la actividad exo- β -glucanasa producida por la levadura *Saccharomyces*, pero es probable que no sea tan eficaz y es difícil saber la actividad exo- β -glucanasa presente en las cepas cerveceras Traditionales hasta que se prueben. Sin embargo, si se sabe que una cepa produce exo- β -glucanasa, puede obtener resultados de bio-sabor superiores al promedio con lúpulo o fruta haciendo una fermentación de mezcla con un productor de β -glucosidasa como parte de una mezcla de cerveza.

Como un cuadro de referencia útil, a continuación se muestra el resumen de las cepas probadas en la investigación de este capítulo, con su actividad específica de bio-saborización.

Presion	Especies	Actividad	Notas
		Mostrado	
AR2000	Comercial enzima	β -glucosidasa	Mejor al final de la fermentación con un pH de 2.8-5.0 (aunque las pruebas mostró un pH de 4.5-5.75 dependiendo de las temperaturas), sensible a altos niveles de SO ₄
RIPA'Sdase			El mejor al final de la fermentación.
Revelación Aroma	Comercial enzima	β -glucosidasa	concentraciones, la actividad aumenta por encima de 122°F (50°C), sensible a altos niveles de SO ₄
RIPA'Sdase Expresión Aroma	Comercial enzima	Probable β -liasi	Extracción anunciada de precursores de tioles.
U228	<i>S. cerevisiae</i>	β -glucosidasa	Restringido por glucosa
CMBS LD85	<i>Brettanomyces intermedius</i>	β -glucosidasa	

CMBS LD72	Brettanomyces custersii	B alto glucosidasa	
CMBS LD84	Brettanomyces anómalo	B- glucosidasa	
CMBS LD88	Dekkera anomala	β - glucosidasa	
CMBS LD40	<i>S. cerevisiae</i>	Exo- β - glucanasa	
MDD24	Pichia anomala	glucosidasa	PH óptimo de 4.5 a temperaturas normales de fermentación de cerveza.

	Trichosporon asahii	β - glucosidasa	PH óptimo de 5.0 y sensible a la glucosa
QA23	<i>Saccharomyces</i> <i>cerevisiae</i> <i>bayanus</i>	β - glucosidasa	La cepa de vino sobresale al enfocar la fruta ya sea sola o como parte de una mezcla
58W3	<i>S. cerevisiae</i>	β - glucosidasa	Cepa de vino
T73	<i>Saccharomyces</i> <i>cerevisiae</i> <i>bayanus</i>	Exo- β - glucanasa	Cepa de vino con un pH óptimo de 4-5, no tan sensible a la glucosa o fructosa, SO2 y etanol.
PSY- 001	<i>B. anomalus</i>	β - glucosidasa	
YV397	<i>B. bruxellensis</i>	β - glucosidasa	

			B alto	
YV396	<i>B. anomalus</i>	glucosidasa		Se desempeña mejor a un pH de 5,75 a 98°F (36°C)
	<i>C. guilliermondii</i>	β -glucosidasa		
	<i>C. pulcherrima</i>	β -glucosidasa		
	<i>K. IPA'Sculata</i>	glucosidasa		

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

Biotransformación de alcoholes terpenoides

Hasta ahora parece que el potencial de sabor biológico de las cepas ale típicas es mínimo, ya que se relaciona con la actividad de la β -glucosidasa que libera compuestos unidos, hay otra ruta que se ha probado en las cepas de *Saccharomyces*: la biotransformación de alcoholes terpenoides afrutados durante la fermentación primaria a partir de compuestos libres extraídos en cerveza de lupulada.

Un estudio de 2003 analizó la capacidad de las cepas de cerveza y cerveza para transformar los terpenoides durante la fermentación. Específicamente, observaron geraniol, linalool, mirceno, cariofileno y humuleno. El estudio encontró que la levadura de hecho puede transformar los terpenoides. Específicamente, el geraniol se convirtió en citronelol (que se describe como que tiene un aroma dulce, parecido a una rosa, cítrico y afrutado) y el linalol se convirtió en terpineol (que se describe como que tiene aromas similares a la lila). Encontraron que "la mayoría de los alcoholes terpénicos se perdieron de las fermentaciones en los primeros días y después de eso, las disminuciones ocurrieron a tasas mucho más bajas y constantes". [\[227\]](#)

Un estudio más reciente también analizó la biotransformación o la hidrólisis de los glucósidos del lúpulo al evaluar las concentraciones de alcohol terpenoide con levadura ale (Lallemand West Coast) y lager (Saflager-55), así como agregar directamente enzimas y ácido β -glucosidasa (pH 2.7) a muestras preparadas con lúpulo decantado. El lúpulo decantado es el material sobrante después de la extracción supercrítica con CO₂ de los pellets de lúpulo, que encontraron que todavía tienen

bajos niveles de compuestos aromáticos. En términos de biotransformación, las enzimas y el tratamiento ácido tenían los niveles más altos de linalool (afrutado florido) y la levadura ale y lager tenía mucho menos. Específicamente, las cepas ale y lager tenían niveles de linalol más bajos que el control (especialmente la levadura lager), mientras que un tratamiento con enzimas aumentó casi tres veces desde el control.

Con respecto al tratamiento ácido de pH 2.7 en el estudio, el pH bajo aumentó en 15 veces el α -terpineol (lila), que fue mucho más alto que todas las otras muestras, tanto enzimáticas como de levadura. Es una idea interesante que si se elabora una cerveza extremadamente ácida en presencia de compuestos de lúpulo, podría obtener biotransformación inducida por ácido.

En la misma prueba, la concentración de β -citronelol (lima-limón) aumentó durante la fermentación con las cepas de levadura ale y lager del control y fue incluso a niveles más altos que las muestras tratadas con enzimas. La concentración de geraniol (rosa) disminuyó en las cervezas ale y lager, lo que se alinearía con investigaciones previas en esta ruta de biotransformación (geraniol a β -citronelol).

Curiosamente, las muestras de enzimas vieron un aumento en el geraniol (se liberó el geraniol unido). Por lo tanto, en presencia de β -glucosidasa, incluso más geraniol podría estar disponible en el lúpulo, que luego podría convertirse en β -citronelol. En general, la cepa de levadura ale mostró una mayor capacidad de bioflavoring que la cepa lager. [\[228\]](#)

Cabe señalar que las tasas de lúpulo utilizadas en este estudio fueron mucho más altas que las cantidades típicas (50 g /L), por lo que los autores señalan que el efecto sensorial real de los hallazgos puede ser bajo. ¡Esta tasa de

lúpulo es similar a aproximadamente 1,000 gramos de lúpulo en un lote de 5 galones! Sin embargo, sí utilizaron lúpulos gastados, que tendrían menos aceites totales que los pellets de lúpulo.

El proceso de preparación también puede afectar la concentración de alcoholes monoterpenos. Un estudio que seleccionó cuatro variedades de lúpulo (Citra, Cascade, Millennium y Nugget) y probó los aceites de lúpulo después de simular el lupulado tardío durante cinco minutos. Los autores encontraron que el linalool se encontró en altas concentraciones en todos los lúpulos antes y después del lupulado tardío simulado, lo que demuestra que es uno de los compuestos más probables para sobrevivir al proceso de elaboración. El geraniol estuvo presente después del lupulado tardío pero se redujo en presencia de la solución calentada.

Debido a que Citra tenía el nivel más alto de geraniol entre las variedades probadas anteriormente, fue elegido para una evaluación adicional. En los ensayos de elaboración de la cerveza, se descubrió que la cantidad de β -citronelol aumentaba durante la fermentación en las cervezas Citra y la concentración de geraniol disminuía drásticamente, particularmente durante los primeros tres días de fermentación. [\[229\]](#) Este es otro ejemplo de la biotransformación de geraniol a β -citronelol.

Para los cerveceros, está claro en este estudio que puede aumentar el número de lúpulos ricos en geraniol durante la fase en whirlpool de la elaboración de la cerveza para fomentar una mayor producción de β -citronelol. Los lúpulos altos en geraniol con los que se puede experimentar son Centennial, Brewers Gold, Simcoe, Chinook, Bravo, Olympic, Cluster, Mosaic, Galena, Warrior, Ahtanum y Crystal. [\[230\]](#) El uso de variedades de lúpulo más baratas y accesibles con alto contenido de

geraniol durante las etapas de sabor de la ebullición parece digno de experimentación como una forma económica de aumentar el sabor del lúpulo.

En un artículo que estudió las diferentes adiciones temporales del lúpulo, se descubrió que la fase de crecimiento de la levadura (los primeros días de fermentación) fue cuando la mayor parte del geraniol disminuyó, lo que concuerda con investigaciones anteriores. Incluso cuando se agregó geraniol después de la fermentación en dos momentos diferentes, no vieron una disminución tanto como esos primeros dos días. Por lo tanto, si desea alentar al geraniol en el producto final para aumentar el sabor / aroma de la rosa, cuanto más tarde agregue la adición de lúpulo, más probablemente tendrá en la cerveza terminada. En otras palabras, cuanto más tarde se agreguen los lúpulos durante el dry hopping, menos posibilidades hay de biotransformación de geraniol libre a β -citronelol. Por otro lado, si desea que el geraniol se transforme en el β -citronelol similar a la lima, agregue lúpulo rico en geraniol durante el whirlpool y posiblemente incluso al comienzo de la fermentación para asegurar que haya extraído la mayor cantidad posible antes del crecimiento de la levadura. Como nota al margen, parte de esta pérdida inicial de geraniol durante la fermentación activa también podría explicarse en parte por la absorción celular por el metabolismo de las células de levadura, y no solo por la biotransformación de los compuestos. [\[231\]](#)

Un artículo de 2017 analizó 42 variedades de lúpulo y comparó los alcoholes monoterpenos de linalool, geraniol y β -citronelol durante la fermentación y después de una semana de almacenamiento. Una vez más, se confirmó que el bioflavor con estos alcoholes monoterpénicos ocurre principalmente durante la etapa inicial de fermentación (días dos a cuatro). Para algunas de las

variedades de lúpulo en el estudio (Comet, Hallertau Blanc, Polaris, Amarillo, HBC366, Summit y Vic Secret), los niveles de geraniol no disminuyeron durante los primeros tres días de fermentación, pero aún aumentaron después de que se completó la fermentación. Estos resultados sugieren que algunas variedades de lúpulo (como las mencionadas anteriormente) pueden tener más precursores de geraniol que el geraniol libre.

De las 42 variedades de lúpulo probadas, las que tenían las concentraciones más altas de geraniol libre fueron 0612B, Motueka, Bravo, Cascade, Chinook, Citra, Mosaic y Sorachi Ace. Estas variedades verían la mayor parte de su geofilamento de geraniol a β -citronelal temprano en la fermentación y tendrán un mayor potencial de bioflavor. Esto se debe al geraniol libre fácilmente accesible en comparación con los precursores de geraniol (geraniol unido) disponibles durante la etapa primaria de fermentación.

Este mismo estudio investigó el potencial de sabor glicosídico en las diferentes cervezas elaboradas con las 42 variedades de lúpulo. Utilizando una enzima glucosidasa comercial para liberar los alcoholes monoterpenos, los investigadores descubrieron que Amarillo mostró el mayor potencial de geraniol ligado a glucosídicos. Los resultados sugieren que si se usa una enzima comercial, o una levadura productora de β -glucosidasa conocida, entonces Amarillo sería una opción divertida para tratar de aumentar el potencial de sabor. La combinación de Amarillo con β -glucosidasa podría potencialmente cambiar el aroma y el sabor de Amarillo más hacia la lima / cítricos y lejos de los florales. De los lúpulos dominantes de geraniol probados, Bravo, Chinook y Mosaic mostraron el potencial de geraniol más unido glucosídicamente, lo que también los hace excelentes

opciones cuando una cantidad conocida de β -glucosidasa está presente durante la fermentación.

[\[232\]](#) Nuevamente, como la actividad de la β -glucosidasa libera el geraniol unido de los lúpulos, entonces hay más geraniol presente durante la fermentación para convertirse en el β -citronelol similar a la cal.

Este mismo artículo también detectó un aumento en algunos alcoholes monoterpenos durante lo que describieron como el "período de almacenamiento", el tiempo después de que se completa la fermentación. Por ejemplo, en una cerveza hecha con Bravo rico en geraniol, después de que se completó la fermentación y durante un período de almacenamiento de una semana, hubo un almizclado aumento en linalol, geraniol y β -citronelol. Es probable que durante este período el aumento se pueda atribuir a la presencia de precursores unidos a glucosídicos derivados del lúpulo y a la actividad de la β -glucosidasa hidrolasa derivada de la levadura. Esto se alinearía con lo que hemos aprendido con respecto a las condiciones que favorecen la liberación de sabores unidos a la glucosídica, que es un ambiente bajo en azúcares fermentables (después de la fermentación) y a temperaturas ligeramente más altas. Es interesante considerar lanzar una cepa con alta producción de β -glucosidasa (o enzima comercial), alrededor del final de la fermentación para tratar de aumentar el sabor biológico durante un breve período de descanso / acondicionamiento para un último empujón afrutado (quizás con .003-.005 puntos de densidad para ir).

Si los precursores unidos a la glucosídica se pueden mejorar en un período de almacenamiento de una semana después de que se complete la fermentación, ¿también se pueden liberar con un tiempo de almacenamiento adicional en una botella? Este no parece ser el caso, ya que

se relaciona con linalool, geraniol y β -citronelol, que disminuyeron en un Pale Ale de dry hop fermentado con una cepa inglesa de ale. Durante las pruebas a los tres, seis y 12 meses, las concentraciones disminuyeron lentamente.

Sin embargo, este no fue el caso del α -terpineol (aroma similar a la lila). Después de 12 meses en una botella, las mediciones de α -terpineol midieron más del 200% de la concentración inicial, lo que probablemente aumentó a través del proceso de biotransformación. No es sorprendente que este aumento se acelere cuando la temperatura de almacenamiento fue de 68°F (20°C) en comparación con 41°F (5°C). Sin embargo, incluso cuando la cerveza se almacenó a 41°F (5°C), la cantidad de α -terpineol todavía aumentó cada vez que se midió la cerveza a los tres, seis y 12 meses. [\[233\]](#) Esta investigación en particular es interesante ya que se relaciona con el α -terpineol, pero no necesariamente práctica ya que no se recomienda el envejecimiento de cervezas frescas de lúpulo.

Es posible que ni siquiera tenga que confiar en el lúpulo para obtener un poco de sabor biológico, ya que algunas especias son ricas en los mismos compuestos que el lúpulo. Se analizó un documento utilizando una fuente de geraniol sin lúpulo, semillas de cilantro (que también es alta en linalool). Usando las semillas de cilantro como adiciones tardías de lúpulo, se agregaron cinco minutos antes del final de la ebullición a una tasa de 0.5 g /L. Nuevamente, durante los primeros tres días de fermentación, las altas cantidades de geraniol en la cerveza de las semillas de cilantro disminuyeron y la concentración de β -citronelol aumentó. Esto nuevamente verifica esta biotransformación, pero también abre los ojos al uso de productos sin lúpulo (potencialmente más baratos) para impulsar a propósito los sabores a lúpulo en la

cerveza. Las impresiones sensoriales de la cerveza de cilantro revelaron notas florales y ligeras de cítricos. [\[234\]](#)

Mike Tonsmeire, autor de "American Sour Beers" y bloguero de TheMadFermentationist.com, también probó el potencial de sabor biológico de las semillas de cilantro en una publicación del blog del 6 de febrero de 2017 titulada "Gose: Principios de NEIPA para el cilantro". Michael decidió agregar semillas de cilantro directamente al fermentador (no en etapas durante la ebullición) al mismo tiempo que se lanzó la levadura. El resultado se alinea con la investigación, ya que la cerveza no se parecía al típico aroma de cilantro, probablemente debido a la biotransformación de los compuestos. La cerveza tenía un aroma cítrico brillante y picante y puedo confirmar estas notas de cata, ¡ya que tuve la suerte de tener una muestra de esta cerveza! [\[235\]](#)

Resultados clave

- Los glucósidos son compuestos inodoros no volátiles que pueden hidrolizarse para producir azúcares y agliconas (alcoholes) liberados con catálisis ácida o enzimática (por β -glucosidasa).
- Las enzimas comerciales de la β -glucosidasa pueden mejorar la biotransformación de los compuestos del lúpulo, pero funcionan mejor a un pH más alto (generalmente por encima de 4.5), temperaturas más cálidas (temperaturas de fermentación ale y superiores) y ambientes bajos en azúcar.
- En cuanto a la levadura que produce la enzima de bio-sabor β -glucosidasa, las cepas que no son de *Saccharomyces* suelen tener una mayor actividad (como las cepas de *Brettanomyces*), pero ciertas levaduras de vino también han sido probadas como grandes productoras.
- La exo- β -glucanasa (que se encuentra en algunas cepas de *Saccharomyces*) también es capaz de liberar compuestos aromáticos directamente del precursor glicosilado, pero en menor grado que la β -glucosidasa. También es menos sensible a las condiciones de fermentación.
- Las cepas típicas de cerveza pueden biotransformar terpenoides de lúpulo libre como el geraniol en citronelol, lo que da como resultado un dulce sabor a rosa y un aroma a lima. Esta biotransformación puede ocurrir sin la presencia de β -glucosidasa, pero puede potenciarse en presencia de la enzima ya que es probable que haya más geraniol disponible en el

lúpulo. Esta conversión (geraniol a citronelol) está ocurriendo rápidamente durante la fermentación, por lo que las adiciones tardías de dry hop probablemente no verán gran parte de la conversión.

- El lúpulo contiene compuestos unidos y libres. Los lúpulos ricos en compuestos unidos (precursores) se beneficiarían del tratamiento enzimático para liberar estos sabores atrapados adicionales. Por ejemplo, Amarillo mostró el mayor potencial de geraniol unido glucosídicamente y podría mejorarse con levadura probada con β -glucosidasa o una enzima comercial.

Capítulo 11: Tioles

Se dice que se crea un vino sauvignon blanc "verde" en el viñedo y se crea un sauvignon blanc "tropical" fermentando con la cepa de levadura adecuada. Los tioles volátiles son una de las razones de esto, debido a su capacidad para crear sabores de grosella, piña, pomelo, maracuyá y cítricos. ^[236] Estos tioles afrutados son en realidad compuestos de azufre. Los compuestos de azufre para la mayoría de los cerveceros probablemente evocan pensamientos negativos de sabores desagradables conocidos de repollo o maíz cocido en DMS o huevos podridos de sulfuro de hidrógeno. ¡Pero con los tioles, estos compuestos de azufre pueden ser potenciadores del sabor!

¿Qué son los tioles?

Los compuestos de azufre del aceite total de un lúpulo son extremadamente bajos en menos del 1%, pero los valores de promedio de sabor bajos los convierten en una variable de sabor interesante. Estos compuestos de azufre pueden dividirse en cuatro grupos: 1) alquilsulfuros y polisulfuros 2) tioésteres 3) terpenoides que contienen azufre; y 4) tioles polifuncionales.

Los alquilsulfuros y los polisulfuros se producen por la degradación de las proteínas y huelen a azufre como el repollo, la cebolla y las verduras hervidas, quizás los aromas más adecuados para un hot dog que una cerveza. Los tioésteres están formados por la vía de biosíntesis de los alfa-ácidos y probablemente sean el resultado del metabolismo de los ácidos grasos. También se consideran negativos en la cerveza. [\[237\]](#) Cuando pensamos en lúpulo envejecido que tiene un carácter con olor a queso o mohoso, estos aromas probablemente son el resultado de estos tioésteres. Aunque negativos en el adicion en frio de la elaboración de la cerveza, estos tioésteres pueden convertirse durante la fermentación para actuar como precursores de ésteres más frutales con bajos promedios de sabor. [\[238\]](#)

Los tioles polifuncionales son la parte de los compuestos de azufre de un lúpulo que pueden ser deseables en la cerveza debido a su potencial para obtener sabores frutales intensos. Los tioles polifuncionales poseen un grupo sulfhidrilo junto con otra función química como aldehído, cetona, ácidos o ésteres. En lo que respecta a la cerveza, la mayoría de estos tioles volátiles se originan a partir del lúpulo, tanto en estado libre como en forma ligada. La diferencia está en un estado

libre, los aromáticos del tiol se pueden liberar naturalmente al ser introducidos en la cerveza a través de la adición de lúpulos tardío (al final de la ebullición)* y el dry hopping. La forma ligada de un tiol debe liberarse para tener un impacto en el sabor y el aroma. Esto es muy similar a los terpenos libres y unidos discutidos anteriormente.

La liberación de tioles unidos se realiza a través de una enzima llamada β -liasa, que es producida por la levadura donde el enlace de carbono del conjugado de S-cisteína se escinde para liberar el tiol libre. [\[239\]](#) Del tiol polifuncional del lúpulo, alrededor del 10 al 20% están unidos a la cisteína y necesitan que esta enzima se libere durante la fermentación (#freethiols). [\[240\]](#) Debido a su baja concentración en lúpulo y bajos promedios, puedes ver cómo las cepas de levadura que producen esta enzima serían beneficiosas para mejorar un lúpulo ya afrutado al liberar los tioles típicamente unidos.

Algunos de los tioles afrutados más investigados son 4MMP (también conocido como 4MSP) que tiene descriptores de árbol de caja, costillas y grosellas negras. El segundo es 3MHA y tiene descriptores de maracuyá y guayaba y se convierte a partir del tercer tiol a menudo estudiado en la literatura que es 3MH (naranja, grosella espinosa, características de la guayaba). El tiol 3MH tiene un promedio de percepción medido como bajo a 0.06 ppb. [\[241\]](#) El 4MMP negro que se inclina por la corriente tiene uno de los promedios de tiol beneficiosos frutales más bajos medidos tan bajo como 0.00055 ppb. [\[242\]](#) Compare 4MMP con algo como linalool, que tiene un promedio de 2.2 ppb, [\[243\]](#) y puede ver claramente que solo un poco del tiol 4MMP puede desempeñar un papel importante en el sabor de una cerveza. Algo así como un poco de wasabi en sushi.

4MMP en lúpulo

En términos de dónde reside 4MMP en el lúpulo, se ha determinado que al menos el 82% del tiol se encuentra en la glándula de lupulina y el 18% restante en el material de la hoja podría provenir del contacto de la hoja con la glándula de lupulina. Esto sugiere que los nuevos productos de lúpulo como YCH Hops Cryo LupulN2®, que elimina la mayor parte del material vegetal, probablemente aún contengan algunos tioles aromáticos, pero menos que pellets o lúpulo de hoja entera.

En una prueba, se descubrió que el secado del lúpulo fresco mediante la cocción (de Cascade y Mandarina Bavaria) conduce a un aumento de 4MMP, lo que, según los autores, podría ser una liberación de los precursores de tiol durante el proceso. La granulación, por otro lado, no parecía desempeñar un papel importante en la influencia de la cantidad de 4MMP. Otra variable que puede tener un impacto en 4MMP es el almacenamiento. Como sospecharías, cuanto más frío se almacena el lúpulo, más retiene el lúpulo el tiol.^[244]

Un estudio examinó las concentraciones de 4MMP en diferentes muestras de lúpulo y descubrió que las variedades estadounidenses y australianas y neozelandesas tenían mayores cantidades de tiol potente. Esto podría explicarse por el uso de sulfato de cobre como fungicida en Europa, ya que el cobre puede absorber los tioles. Una muestra de Citra, por ejemplo, superó el valor perceptible de 114 ppb. Esto fue seguido por Eureka (59.1 ppb), Simcoe (51.2 ppb), Apollo (28.6 ppb), Cluster (9.84 ppb) y Zeus (8.48 ppb).

Otros lúpulos probados que cayeron en el rango medio de concentración de 4MMP fueron Amarillo, Cascade, Chinook, Denali y Nugget. El nivel más bajo de concentración se encontró en Bravo, Calypso, Galena, Lemondrop, Super Galena y Willamette. Otros estudios también han encontrado altas concentraciones de 4MMP en Simcoe (112 ppb), Summit (88 ppb) y Apollo (61 ppb), y Topacio australiano (48 ppb). [\[245\]](#)

La investigación combinada sugiere lo siguiente para niveles basales de 4 mmp en ciertas variedades de lúpulo. [\[246\]](#)

Niveles altos de 4MMP: Citra, Simcoe, Eureka, Summit, Apollo, Topaz, Mosaic, Ekuanot, Galaxy, Nelson Sauvin.

Niveles significativos de 4MMP: Zeus, Cluster, Chinook, Cascade, Centennial, Amarillo. Northern Brewer alemán, Hallertau Blanc, Cascade Alemana, Mandarina Baviera, Polaris.

Medible pero bajo 4MMP: Bravo, Calypso, Denali, Galena, Lemondrop, Sorachi Ace, Super Galena, Willamette, Hallertau Tradition, Herkules, Perle, Taurus, Tettnanger, Styrian Golding, New Zealand Pacific Gem. Quizás Saaz (encontrado en un estudio, no en otro).

Ninguno: Hallertau Mittelfrüh, Hersbrucker, Hull Melon, Magnum, Saphir, Spalter Select, Bramling Cross, East Kent Golding, First Gold, Fuggle, Pilgrim, Progress, Wye Challenger y Wye Target.

¿Qué tan rápido es la tasa de transferencia de lúpulos ricos en 4MMP a cerveza durante el dry hopping? Un experimento con el lúpulo Eureka en una cerveza estilo Pilsner encontró una extracción rápida. Al probar 4MMP en diferentes días del dry hop, los autores determinaron que la mayoría del 4MMP extraído en la cerveza los primeros dos días de dry hop y muy poco fue extraído entre los días 2-8. Las evaluaciones sensoriales de la cerveza coincidieron con los resultados del trabajo, ya que los puntajes del panelista mostraron un aumento de 4MMP en la nota durante los días 1-2 de dry hopping y poco efecto adicional para los tiempos posteriores de contacto con el dry hopping. [\[247\]](#) Al igual que con otros compuestos de lúpulo, la extracción durante el dry hopping ocurre relativamente rápido.

Indicador de potencia de tiol

Un artículo de 2017 investigó la concentración de tiol de 17 variedades de lúpulo, tanto en forma unida como libre. Luego, los autores elaboraron una ecuación matemática para determinar un "Indicador de potencia de tiol", que incorpora datos químicos, percepciones sensoriales y operaciones estadísticas para ayudar a los cerveceros a tomar decisiones inteligentes al elegir variedades de lúpulo y el tiempo de uso de esos lúpulos.

El documento sugiere que los lúpulos con alto contenido de precursores de tiol unidos deben agregarse durante la fase de lupulado tardío (whirlpool / escalonado) para ayudar a promover estos precursores durante la fermentación. Por otro lado, los lúpulos que son ricos en tioles libres se pueden agregar al dry hop, donde no se requiere actividad enzimática de la levadura para liberar los tioles aromáticos. El tiol 3MH, por ejemplo, es el más adecuado para el lupulado tardío porque más del 99% de 3MH está presente como precursor del tiol en el lúpulo.

Los hallazgos específicos de las 17 variedades de lúpulo analizadas fueron interesantes. Se determinó que Citra es uno de los lúpulos más versátiles, lo que significa que funciona muy bien como un lupulado tardío y un dry hopping porque contiene cantidades similares de tioles libres y unidos. Otras tres variedades que tienen un buen porcentaje de concentraciones libres y unidas de 4MMP son Apollo, Eureka y Simcoe. Cascade, Hallertau, Hallertau Perle, Saaz, Citra y Calypso son excelentes opciones para el lupulado tardío en el mosto caliente (para aumentar los niveles de 3MH) y potencialmente niveles de 3MHA (durante la fermentación). [\[248\]](#) Nuevamente, 3MH (similar a la naranja) se puede convertir en 3MHA (similar

a la maracuyá) durante la fermentación, especialmente en presencia de β -liasa. Aunque no se estudió específicamente en papel, me interesa si el dry hopping con estos lúpulos ricos en 3MH al inicio de la fermentación también podría ser una forma de promover los precursores.

El concepto de apuntar a ciertos lúpulos y su tiempo de adición basado en tioles afrutados libres y unidos sugiere potencial para experimentar de una nueva manera con ciertas variedades. Por ejemplo, Calypso se probó con un 99% de 4MMP unido y un 100% de 3MH unido. Calypso tiene un gran potencial, pero es probable que tenga un bajo rendimiento si se usa como un dry hop tardío, sin dar a la fermentación la oportunidad de liberar los precursores.

El precursor de 3MH (G3MH) medido durante el estudio mostró la mayor concentración en Saaz. A modo de comparación, la cantidad de este precursor en Citra fue de 5.209 ppb y Saaz midió en 20.678 ppb. Otros lúpulos probados con alto G3MH que se pueden convertir a 3MH fueron Calypso, Cascade, Hallertau Tradition y Hallertau Perle, todos con potencial y que podrían experimentarse tarde en la ebullición porque el precursor necesita ser introducido en el mosto antes de fermentación a convertir.

Recuerde que la liberación de tioles unidos se realiza a través de una enzima llamada β -liasa producida por la levadura. La mayoría de las levaduras que han resultado positivas para la β -liasa no son cepas típicas de cerveza, sino cepas de vino, lo que no quiere decir que las cepas típicas de cerveza no produzcan la enzima, pero aún no se han probado. Otra opción para tratar de liberar algunos de estos tioles unidos del lúpulo como Calypso es agregar una enzima directamente a la cerveza al comienzo de la fermentación. Uno de estos productos se llama

RIPA'Sdase Revelation Aroma, que está diseñado para la extracción de precursores de aroma, típicamente tioles para uvas blancas, pero en teoría podría extraer los mismos tioles en el lúpulo. Comenzaría a experimentar con una dosis de 0.5 a 1 gramo por 5-10 galones de RIPA'Sdase Revelation Aroma.

LIBRERO HOP

Tioles, envejecimiento de la cerveza y acondicionamiento de botellas

Un estudio que examinó cómo evolucionan los tioles durante el envejecimiento de una cerveza belga descubrió que después de un año de almacenamiento, los tioles aromáticos activos detectados originalmente (4MMP y 3MH) habían desaparecido por completo. Curiosamente, el estudio también encontró que durante las primeras etapas de almacenamiento, la concentración de estos tioles aromáticos aumentó con un pico durante el segundo y tercer mes. Esto sugiere que los conjugados de S-cisteína pueden degradarse químicamente en la cerveza para liberar estos tioles en la botella, pero no se quedarán con el envejecimiento excesivo. [\[249\]](#)

Mirando más de cerca el papel del envejecimiento de la botella, esta vez se centró específicamente en la derivación de la botella (etapa de carbonatación), un estudio examinó las concentraciones de tiol polifuncionales de lagers embotelladas con azúcar y la cepa de levadura MUCL 34627 y probó la cerveza cada semana. También se utilizó una cerveza de referencia, que no obtuvo levadura ni azúcar, así como una cerveza que solo recibió la cepa de levadura y no azúcar. Después de tres semanas de referencia en las botellas, los autores identificaron 19 tioles que estaban ausentes o presentes en niveles más bajos en comparación con la cerveza de referencia. El mayor pico se produjo durante la segunda y tercera semana de referencia de la botella, probablemente después de que la mayor parte de la fermentación había terminado con el azúcar agregado. Los autores especulan que este aumento durante las etapas posteriores podría deberse a que la autólisis de levadura facilita la síntesis de tiol.

De los tioles que aumentaron durante la referencia fueron 3S4MPA (dulce), 3SHol (exótico / similar al ruibarbo), 3SPA (florido), 4SNol (afrutado) y 4S4M2Pone (árbol de caja). Sin embargo, los autores encontraron que la adición de azúcar no era necesariamente necesaria para mejorar las concentraciones de tiol por encima de los valores promedios. Generalmente estaban en concentraciones más bajas que las botellas con los azúcares añadidos. Un juez capacitado podría identificar las diferencias en una prueba triangular entre el control y la cerveza de tres semanas reacondicionada en botella, donde solo el 30% de los demás catadores podrían notar la diferencia entre la cerveza sin azúcar agregada (solo levadura) después de tres semanas, en comparación a la cerveza con ambos añadidos. [\[250\]](#) Es interesante aquí entonces que la adición de la cepa MUCL 34627 al embotellado afecta los niveles de tioles con el tiempo en la botella, con o sin azúcar.

El hallazgo anterior es divertido cuando se considera agregar una cepa de vino conocida por su capacidad para mejorar los tioles en el envasado de una cerveza lupulada si se va a embotellar y mantener caliente. Vale la pena considerar la experimentación con la adición de estas mismas cepas de vino durante un dry hop posterior a la fermentación, donde puede mejorar estos tioles afrutados (probablemente los tioles libres en esta etapa) del lúpulo. Esto podría evitar los posibles aspectos negativos de la fermentación con cepas de vino como parte de una mezcla, donde las características fenólicas pueden dominar.

Es importante tener en cuenta que no todos los tioles se consideran beneficiosos. Junto con un aumento en los sabores afrutados, también lo hicieron los descriptores de azufre, cebolla y repollo. Aquí es donde puede haber potencial en el uso de cepas de levadura probadas que mejoren específicamente los tioles afrutados durante la re-fermentación. Esto podría ser beneficioso, especialmente al elegir lúpulos con tioles libres y unidos presentes durante la re-fermentación (por ejemplo, lúpulo en un barril durante la preparación natural).

Una posible razón por la cual el acondicionamiento de la botella puede mejorar la conversión de tiol puede provenir de un estudio de vinos que analizó cómo las diferentes temperaturas de fermentación podrían afectar los niveles finales de tioles frutales. En el estudio, los autores encontraron que cuando la temperatura de fermentación aumentó de 55 °F (13°C) a 68 °F (20°C), los niveles finales de 4MMP y 3MH eran más altos. [\[251\]](#) Esta información puede ser importante ya que se relaciona con el acondicionamiento de botellas de cerveza, que se realiza a temperatura ambiente y más caliente que una fermentación primaria normal de cerveza.

Nuevamente, apoyándonos en la investigación del mundo de la vinificación, otra posible explicación para la conversión mejorada de tiol durante el acondicionamiento de la botella podría deberse en parte al diferente entorno de fermentación después de que se complete la primaria. Este estudio de vino en particular analizó cómo el nitrógeno podría desempeñar un papel en la liberación de tioles y descubrió que la adición de DAP (nutriente de levadura con alto contenido de nitrógeno) resultó en una disminución en la producción de tiol. [\[252\]](#) Es lógico ver cómo durante el acondicionamiento de la botella, la mayoría de los nutrientes, incluido el nitrógeno, ya se han

consumido, lo que podría aumentar la liberación de tioles en la botella. Además del contenido de nitrógeno, el oxígeno también es muy bajo durante el embotellado (o debería serlo), el oxígeno puede reducir la intensidad de los olores de tiol. [\[253\]](#) Esto muestra que los tioles parecen ser sensibles al oxígeno y al nitrógeno, que son bajos durante la etapa de refermentación y envejecimiento del embotellado. Potencial de lúpulo de tiol

Un estudio que analizó el potencial de cuatro cultivares diferentes de lúpulo tomó extractos de lúpulo y los incubó con una enzima comercial que exhibe actividad de β -liasa para probar la liberación de cualquier volátil de los conjugados de S-cisteína que pudieran estar presentes en el extracto. Esencialmente, la enzima comercial es la misma que la que pueden producir las cepas de levadura (en cantidades variables de una cepa a otra), pero con la enzima comercial garantizan que esta enzima está presente y en concentraciones específicas.

La prueba analizó a Saaz, Cascade, Tomahawk y Nelson Sauvin, todos de la cosecha de lúpulo de 2011. Los autores encontraron que Cascade tenía el mayor potencial con 14 a 22 veces la cantidad de 3SHol (naranja) que se había encontrado previamente en la variedad cuando no estaba en presencia de la enzima. En otras palabras, cuando Cascade estaba en presencia de la enzima, liberaba 22 veces la cantidad de tiol libre. Sugiriendo que Cascade es probablemente una gran opción de lúpulo en whirpool si un se desea un sabor a naranja (especialmente si se usa una enzima durante la fermentación). Tomahawk, Nelson Sauvin y Saaz liberaron menos que Cascade en términos de 3SHol total, pero aún 29, 23 y 126 veces más de lo que se informó anteriormente en los lúpulos. [\[254\]](#) Eso significa que el tiol de naranja en Saaz experimentó un aumento de 126 veces cuando estaba en presencia de la enzima β -liasa!

Esto tiene sentido, ya que una investigación previa también demostró que Saaz tiene una gran cantidad de tioles unidos. La cepa de levadura que tiene este potencial enzimático (o enzima comercial), puede ver cómo seleccionar cuidadosamente el lúpulo, incluso las variedades que normalmente no se valoran por sus aromáticos, puede mejorar el aroma de una cerveza a través de la biotransformación.

El mismo documento también analizó 4S4MPone (catty, grosella negra) y descubrió que Nelson Sauvin aumentó a 79 veces a un muy alto 598 ug / kg cuando se incubó con la enzima comercial. Tomahawk experimentó un aumento mayor de 87 veces, pero la concentración general fue menor que la de Nelson Sauvin, liberando 122 ug / kg. Es probable que este intenso aroma esté relacionado con otro tiol (MBT), que antes de este estudio de 2011 solo se había asociado con la degradación de isohumulona en la cerveza expuesta a la luz (sabor a mofeta o síndrome de la botella verde). Esta fue la primera vez que se demostró que este tiol también puede provenir de la liberación de una fracción no volátil del lúpulo a través de la β -liasa.

Lo que es particularmente interesante con el presente estudio es que muestra un gran potencial de tioles aromáticos unidos en los lúpulos liberados en presencia de β -liasa, en comparación con el vino, donde solo un número muy pequeño de precursores encontrados en las uvas se convierten en tioles libres durante la fermentación. Por ejemplo, se ha probado que 3SHol de uvas se libera a una tasa de conversión de 3 a 4.4%. [\[255\]](#)

[256] Otro artículo sugiere que en el vino no más del 5% de los precursores cisteinilados contenidos en el mosto se biotransforman en tioles. [\[257\]](#)

La perspectiva emocionante con el lúpulo es que, a diferencia de las uvas para vino donde solo se convierte aproximadamente el 5% de los precursores, el lúpulo puede tener tasas de conversación mucho más altas. Por ejemplo, con 3SHol, uno de los mayores aumentos fue 41% (Tomahawk), 8% (Cascade), 5% (Saaz) y 13% (Nelson Sauvin). [\[258\]](#) Recuerde, los promedios para estos tioles son bastante bajos, por lo que incluso un pequeño aumento podría superar los valores de promedio.

Entonces, aplicando la investigación al IPA moderno, podemos comenzar a experimentar con la enzima β -liasa durante la fermentación para obtener un poco más de sabor y aroma de ciertas variedades de lúpulo, ya sea usando una enzima comercial o mezclando cepas de levadura que pueden producir el enzima. Por ejemplo, usar un lúpulo más barato como Cascade, que tiene un gran potencial de naranja en la adición en whirlpool, y agregar una pequeña dosis de β -liasa (Rapidase Expression) en el fermentador. La enzima también puede ayudar a crear un carácter de lúpulo más complejo cambiando la alteración de las concentraciones compuestas en la cerveza. Incluso puedes experimentar usando menos adiciones cuando se combina con una enzima. Potencialmente, puede mejorar los compuestos más frutales del lúpulo al tiempo que reduce las características astringentes negativas de las altas tasas de lúpulo, como la reducción de los polifenoles.

Lecciones de enólogos

En el caso del vino, los tioles afrutados están presentes en forma de precursores en la uva misma, que residen en la capa externa de la fruta (exocarpio). Para las cepas de vino, esta capacidad de sabor biológico está relacionada con la actividad metabólica de las levaduras, que es necesaria para promover los precursores conjugados con cisteína en las uvas. ^[259] La liberación de estos tioles volátiles varía con diferentes cepas, lo que significa que algunas levaduras de vino han demostrado tener una mejor capacidad para liberar sabores que otras. ^[260] Esta sección revisa algunas de las diversas cepas de vino probadas que pueden ser opciones para que los cerveceros experimenten para mezclarse con sus cervezas lupuladas para fomentar la biotransformación de tioles unidos similares que residen en el lúpulo.

El proceso de bioflavoring de tiol es similar a la forma en que la actividad de la β -glucosidasa puede liberar compuestos saborizantes unidos a glucosídicos en uvas y lúpulo. La diferencia con los tioles, no son los sabores unidos glucosídicamente, sino los precursores de tiol (dos vías separadas para la biotransformación). Aunque la investigación en esta área todavía es relativamente nueva, está trazando un camino prometedor para comprender y desbloquear potencialmente aromas sin explotar que actualmente permanecen inactivos en el vino fermentado y la cerveza con énfasis en el lupulado.

Los estudios han demostrado que la mayor cantidad de cisteína conjuga los precursores de tiol en el mosto, las mayores concentraciones de tiol en el vino final, pero puede ser tan solo el 3.2% del precursor que se libera durante la fermentación. ^[261] Esto puede hacer que la

investigación sobre los tioles parezca trivial, pero recuerde que estos tioles tienen bajos promedios de sabor, por lo tanto, son extremadamente potentes, por lo que no se necesita mucho para tener un impacto.

Los tres tioles principales en el vino son 4-mercaptopentan-2-ona (4MMP, caja de árbol, grosella negra), 3-mercaptophexan-1-ol (3MH) y acetato de 3-mercaptophexilo (3MHA). Estos tioles son extremadamente potentes, lo que se demuestra por sus bajos promedios de percepción: 0.0008 ppb (4MMP), 0.06 ppb (3MH-naranja, maracuyá) y 0.004 ppb (3MHA-boxtree, maracuyá). [\[262\]](#) El tiol 4MMP tiene el promedio más bajo, pero a altas concentraciones puede aparecer como orina de gato y sudoroso. [\[263\]](#)

Se estudió un estudio que probó la capacidad de diferentes cepas de levadura para promover la liberación de estos tioles volátiles con las cepas VL1 y VL3 disponibles comercialmente. En el estudio, VL3, que es una cepa de Sauvignon Blanc, lanzó más tioles que VL1, que también se considera un productor alto de enzima β -glucosidasa. [\[264\]](#) En las pruebas con la cepa Zymaflore VL3, nuevamente, VL3 superó a otras dos cepas cuando se trataba de liberar tioles.

Otro estudio examinó siete cepas de vino por su capacidad para liberar tioles volátiles, incluidas las cepas L2056, NTII6, VIN7, VIN13, VL3, X5 y QA23. Los resultados mostraron que VIN13 lanzó la mayor cantidad de 3MH, VIN7 tuvo la segunda mayor cantidad, y VIN7 lanzó mucho más 4MMP (árbol de caja) y 3MH (maracuyá, naranja, grosella espinosa y guayaba) que las otras cepas. VIN7 tenía la concentración más alta de 3MHA, que se convierte de 3MH. Sin embargo, QA23 mostró la mayor capacidad de conversión. Para convertir a la maracuyá tiol 3MH, se debe liberar 3MHA, lo que

tiene sentido por qué VIN7 tendría mayores cantidades en el vino final porque había más 3MH para convertir en primer lugar. [\[265\]](#)

Los resultados de estas diferentes cepas de vino que muestran su capacidad para liberar tioles afrutados son de interés para los cerveceros con lúpulo porque estos mismos tioles probados en las fermentaciones de vinos anteriores también se encuentran en el lúpulo. Entonces podría haber algún potencial en incorporar una cepa de vino como VIN7 en una fermentación de cerveza como parte de la inoculación de levadura si está tratando de aumentar los sabores de maracuyá convertidos del tiol 3MH de un lúpulo como Cascade, por ejemplo.

El análisis sensorial de los vinos probados anteriormente también sirve para experimentar con VIN7, ya que los catadores lo prefirieron significativamente a los otros vinos, probablemente debido a los aromas más fuertes de maracuyá. Los resultados de Vin7 parecen confirmar la descripción comercial de la cepa VIN7: "VIN 7 libera aromas y sabores de maracuyá, pomelo, grosella espinosa y guayaba de sus precursores no aromáticos en el mosto". [\[266\]](#) De acuerdo, las fermentaciones de vino son completamente diferentes a las fermentaciones de cerveza.

Tiene sentido ver estos resultados y sentir curiosidad por mezclar diferentes cepas de vino para obtener los mejores resultados. Por ejemplo, si sabe que cierta cepa es excelente para liberar 3MH y otra es excelente para convertir 3MH en 3MHA, ¿por qué no mezclar las dos para obtener lo mejor de ambos mundos? El Australian Wine Research Institute (AWRI) ha hecho exactamente esto. Ofrecen una mezcla de cepas llamada Alchemy II, que es una mezcla formulada científicamente de cepas de levadura de vino diseñada para fomentar la acción sinérgica de las cepas de levadura específicas que liberan y

convierten los tioles volátiles para mejorar los tioles volátiles (madera de caja, maracuyá, pomelo) , aromas de grosella espinosa y guayaba) en vinos blancos ". [\[267\]](#) No es sorprendente que Vin7 sea una de las cepas anunciadas en la mezcla.

El concepto de producir aromas y sabores complejos a través de la mejora del tiol mediante la combinación de más de una cepa (coinoculación) ha sido probado como una buena idea. Un estudio analizó tres cepas de vino fermentadas por separado y nuevamente cuando se fermentaron juntas (las cepas fueron Vin7, QA23 y Vin13) y midió las concentraciones de tiol en cada fermento. En términos de tioles medidos, los tratamientos de vino coinoculado contenían mayores cantidades de concentraciones de 3MH (naranja y maracuyá) que las fermentaciones de una sola cepa.

Los vinos coinoculados con Vin7 / QA23 fueron más altos en concentraciones de 3MHA (Sauvignon y maracuyá) que la cepa simple. [\[268\]](#) El resultado aquí concuerda con un estudio previo de que mezclar cepas producirá un vino que no se puede duplicar al mezclar vinos separados, de una sola cepa. [\[269\]](#)

Otra cepa de levadura de vino llamada *Pichia kluyveri* merece atención por su capacidad de saborizante biológico. La cepa se cosechó naturalmente del jugo de uva de Nueva Zelanda. *Pichia kluyveri* es una levadura no *Saccharomyces* que se ha probado para aumentar los sabores frutales al mejorar los precursores de tiol en las pieles de uva durante la fermentación, específicamente los sabores tropicales, de maracuyá y grosella negra. Se anuncia como la levadura no *Saccharomyces* que produce tiol más potente del mercado. Si obtiene *Pichia kluyveri*, tenga en cuenta que no puede fermentar más del 4 al 5% de alcohol, se debe lanzar una segunda cepa de levadura

para garantizar una fermentación completa. [\[270\]](#)

Pichia kluyveri se ha puesto a prueba con fermentación de cerveza con cierto éxito. Específicamente, los fermentos iniciales con *P. kluyveri* produjeron altas cantidades de acetato de isoamilo (afrutado, plátano), pero también un ésteres desagradable de acetato de etilo. Los autores describieron a *P. kluyveri* como un "potencial único para mejorar la fructificación en la cerveza". Cuanto más tiempo se fermenta *P. kluyveri* como cepa solitaria, mayor será el sabor desagradable de acetato de etilo, similar al solvente. Un tono de seguimiento con una cepa de *S. cerevisiae* después de un día o dos podría ayudar a "detener" esta producción excesiva de sabor solvente. [\[271\]](#)

Debido a que *Pichia kluyveri* puede trabajar para mejorar algunos tioles polifuncionales frutales deseables del lúpulo, pero también puede producir acetato de isoamilo intenso, probablemente sea mejor usarlo como un pequeño porcentaje de una mezcla de levadura. Comenzaría tan bajo como solo el 5% y comenzaría a trabajar con lotes posteriores. También puede valer la pena lanzarlo cerca del final de la fermentación durante el dry hop y el acondicionamiento.

Mis experimentos con levadura de vino en cerveza lupulada

Es genial profundizar en toda la investigación sobre el potencial de las cepas de vino y mejorar los tioles y los compuestos volátiles unidos glucosídicamente en el lúpulo, ¡pero es más divertido preparar algunas cervezas con las cepas y enzimas estudiadas! He tenido resultados mixtos jugando con las cepas como parte de mezclas y fermentos en solitario en cervezas lupuladas.

La cepa de vino 58W3, que se puede comprar fácilmente en cervecerías caseras y en tiendas de vinos en paquetes de 8 gramos (algunas de las cepas de vino requieren tonos de tamaño comercial) es una cepa divertida para jugar, ya que se ha probado para liberar terpenos unidos en las uvas mediante pruebas positivo para actividad de β -glucosidasa. La cepa también se anuncia para crear una sensación en boca rica en vino, una característica de Hazy IPA. Experimenté fermentando una Hazy IPA con 100% de 58W3 con una base de 65% de 2 hileras, 20% de maltas Chit y 15% de trigo malteado. El lupulado tardío en caliente se realizó con Mosaic y Columbus, y realizó un dry hop con Medusa, Simcoe y Citra.

De las cepas de vino que he usado en fermentos de cerveza, esta tiende a dejar la mayor densidad de acabado 1.022 (comenzando con una lectura de densidad de 1.060). A pesar de las grandes esperanzas para la cerveza, la cepa creó un fuerte carácter fenólico ahumado y plástico que enmascara cualquier sabor biológico que tenga lugar. Todavía había un agradable sabor a fruta tropical de piña y lima, pero los sabores fenólicos eran demasiado dominantes. En cuanto a la boca, la mayor densidad de

acabado y los niveles probablemente más altos de glicerol que las cepas típicas de ale crearon una sensación cremosa completa.

La 58W3 podría usarse como un pequeño porcentaje de un tasa de inoculación, posiblemente mezclándose con S-04 (es fácil mezclar levadura seca por peso). Usar tan poco como el 5-10% de una cepa en una mezcla puede tener un gran impacto aún en los sabores finales de la cerveza, la esperanza aquí es que sea suficiente para que las enzimas de bioflavoring pasen de 58W3 a trabajar en el lúpulo sin una gran característica fenólica.

Un método para tratar de manipular un carácter fenólico al tomar una cerveza de lupulada con una cepa como 58W3 es experimentar con la eliminación del trigo del grano. El análisis del trigo ha demostrado que los niveles de contenido de ácido fenólico son en general más altos que la cebada, la particularidad de los ácidos disponibles, el ácido ferúlico es del 70 al 90%. El trigo malteado cultivado orgánicamente puede tener niveles más altos de ácido ferúlico que el trigo convencional. [\[272\]](#) Esto es importante porque el carácter fenólico en Weissbier se crea en parte por el metabolismo del ácido ferúlico extraído del trigo por una cepa de levadura POF +, creando 4-vinilguaiacol (aroma a clavo picante). Suponiendo que la cepa del vino es POF +, el uso de menos malta de trigo en la molienda dejará que se convierta menos ácido ferúlico durante la fermentación, lo que finalmente reducirá sabores fenólicos de 4-vinilguaiacol que permiten que el personaje del lúpulo se presente.

Otro experimento de cepa de vino lupulado que intenté fue dividir un lote de tres maneras solo cambiando la cepa de levadura de vino utilizada para fermentar cada cerveza. Las tres cepas utilizadas (QA23, 71B-112 y 58W3) han sido probadas como productoras positivas de β -

glucosidasa. La base era 60% de 2 hileras, 20% de avena en hojuelas y 20% de trigo malteado con Columbus como en whirlpool y en dry hop durante la fermentación activa con Nelson Sauvin. La 71B-1122 fue la más agresiva de las tres cepas en términos de fermentación, llegando a una densidad final de 1.010 (también fue la más rápida para terminar la fermentación). QA23 terminó en 1.016 y 58W3 terminó en 1.017.

QA23 fue la menos aromática de las tres cervezas y, a pesar de la densidad final de 1.016, todavía sabía seca y tenía un poco de calor del alcohol. La cerveza 58W3 era la más tropical de las cervezas y tenía la mejor sensación en boca (también era la más turbia de las tres), pero como en otras cervezas que fermentaba con ella, había un carácter fenólico que competía con los aromas frutales. La cerveza fermentada con 71B-1122 tenía la intensidad de aroma más general que era muy parecida a la naranja, pero con una característica picante que normalmente no desearía en un IPA.

El uso de la levadura de vino como fermentador primario dio como resultado algunas cervezas interesantes, pero ninguna que gritara Hazy IPA y afrutada, los fenoles y los ésteres creados con ellos fueron suficientes para dominar cualquier impulso sutil del saborizante biológico a través de su actividad de β -glucosidasa. Entonces, decidí llevar la experimentación un paso más allá y fermentar un Hazy IPA con solo 10% de 71B-1122 y 90% de S-4 con la esperanza de obtener la actividad enzimática necesaria de la levadura de vino pero manteniendo un perfil de fermentación de cerveza más neutral. También dividí el lote para ver cómo se compararía el 10% de Alchemy II (la mezcla de levadura de vino formulada científicamente y diseñada para bio-sabor) y el 90% de S-04.

Otra vez fui con un grano de 60% de 2 hileras, 20% de avena en hojuelas y 20% de trigo malteado (desearía haber omitido el trigo) para este experimento, haciendo whirlpools con chinook, que se probó que tenía una gran cantidad de glucosídica potencial de geraniol ligado que con suerte las levaduras de vino pueden desbloquear. La cerveza se le realizó un dry hop con una de mis combinaciones favoritas de Simcoe y Citra temprano en la fermentación para tratar de aumentar la actividad de la enzima de la levadura con el lúpulo.

Lo que más me sorprendió de este experimento fue lo diferente que puede ser una cerveza con solo el 10% de la tasa de inoculación de la levadura (medido en peso) puede afectar los sabores en general. En este caso, el S-04 y el 71B-1122 tenían un perfil de sabor mucho más nítido que era tropical del dry hop Simcoe y Citra, pero tenían un notable sabor y aroma a lima / kiwi. Este sabor a fruta verde puede haber sido impulsado en parte por los precursores de geraniol unidos a chinook que fueron liberados por el levadura de vino que resulta en más geraniol disponible para convertir a citronelol durante la fermentación. La cerveza Alchemy II y S-04 tenía un aroma de fruta más redondo, que era un poco gelatinoso. ¡Noté que me recordó un poco a la gelatina dentro de una rosquilla! Los aromas de albaricoque y durazno confitado fueron las características frutales más destacadas. Pero, al igual que con 58W3, había un aroma fenólico de plástico / pimienta que distraía, lo que era una distracción para un IPA por lo demás afrutado.

En el caso de Alchemy II, probablemente reduciría la cantidad en la mezcla a solo 3-5% y eliminaría el trigo malteado del grano para tratar de mantener el carácter fenólico bajo y, con suerte, aún obtendría la actividad

enzimática para aumentar las características afrutadas.

Esperemos que se realicen más investigaciones con mezclas como esta, pero en lugar de solo mis notas de cata, irán acompañadas de pruebas de laboratorio para ver si las enzimas de la levadura del vino están aumentando los compuestos frutales del lúpulo. En última instancia, infiltrarse en cepas de vino con enzimas positivas como parte de una mezcla es un mejor lugar para comenzar la experimentación que los fermentos de vino en solitario basados en mi experiencia.

Cobre y Tioles

Debido a que el cobre puede absorber los tioles, es interesante combinar esta información con la investigación discutida en la discusión sobre la estabilidad de la cerveza (Capítulo 14) donde aprendemos que los alfa-ácidos del lúpulo son efectivos para formar complejos de iones de cobre del mosto, especialmente en condiciones de pH de macerado más alto. La investigación sugiere que agregar lúpulo en el macerado y periódicamente en ebullición puede eliminar los iones de cobre. Quizás valga la pena experimentar con adiciones de macerado de lúpulo con lúpulo alto en alfa-ácidos si el objetivo es impulsar los tioles afrutados deseables en el lúpulo estadounidense. Las adiciones periódicas de amargor también pueden funcionar para eliminar aún más los iones de cobre. ¡El objetivo sería obtener los niveles de Cu lo más bajos posible antes de una gran adición en whirpool aromatizante donde cualquier solución de cobre podría absorber potencialmente los tioles de lúpulo afrutados!

Me puse en contacto con Kiyoshi Takoi, autor del estudio y le pedí su opinión sobre los equipos de cobre utilizados en el proceso de elaboración de la cerveza y el potencial para eliminar los tioles volátiles. Por ejemplo, a nivel de elaboración casera, típicamente enfrié mi mosto con un enfriador de cobre, pero me pregunto si es suficiente exposición al cobre para eliminar un tiol afrutado como 4MMP. Según Kiyoshi Takoi, el cobre oxidado es un absorbente más eficaz de tioles que los no oxidados, por lo que es posible que un equipo de cobre bien utilizado pueda, de hecho, absorber tioles. Entre varios tioles, 4MMP es más sensible al cobre que 3MH. De

hecho, una prueba encontró que si se agregaban 50 g de pellets de cobre a 250 ml de cerveza y se saltaban con Apollo y Simcoe y se dejaban durante la noche a aproximadamente 40°F (4°C), el contenido de 4MMP disminuía en un 50%. Mientras que 3MH y 3MHA permanecieron sin cambios. [\[273\]](#) Debo señalar que 50 gramos de pellets de cobre en solo 250 ml de mosto serían como agregar 8 libras de pellets de cobre a un lote de 5 galones, que es una cantidad increíble de cobre.

Kiyhoshi continuó diciéndome que, aunque el cobre puede absorber los tioles generados a partir de un lúpulo como 4MMP en Simcoe, es su opinión que la generación de tioles a partir de precursores durante la fermentación podría ser más efectiva que la de ebullición en términos de aroma y valor de sabor.

Aunque Kiyhoshi tenía la seguridad de que mi enfriador de cobre probablemente no estaba causando demasiado daño al quitar los tioles del whirlpool por debajo de sus promedios, quería estar seguro. Me puse en contacto con Jaded Brewing LLC para ver si estarían dispuestos a enviarme dos enfriadores idénticos, uno de cobre y otro de acero inoxidable para probar la investigación sobre tioles y cobre. Afortunadamente, Jaded estuvo de acuerdo y me envió dos enfriadores.

Preparé una cerveza con énfasis en el lupulado de 10 galones, dividida y hervida en calderas separadas para que una caldera se pudiera enfriar con el enfriador de cobre y la otra con el acero inoxidable.

Para ayudar a aumentar el potencial de tiol, utilicé una gran dosis de Citra, Columbus y Simcoe en la adición en whirlpool. Elegí no realizar dry hopping estas cervezas para no introducir otra variable. Las cervezas se fermentaron con 90% de S-04 y 10% de Alquimia II, medidas en peso con levadura seca.

Sorprendentemente, no pude localizar un laboratorio en los Estados Unidos que haga pruebas de tiol, así que contacté a un laboratorio de vinos en Francia, el Laboratoire SARCO, que aceptó hacer las pruebas de tiol. Como puede ver en los resultados de la prueba a continuación, la cerveza enfriadora de cobre tenía 26 ng/L más medidos 3MH que la cerveza fermentada de acero inoxidable. En lo que respecta a estos resultados, no debería haber ninguna razón para que los cerveceros caseros se preocupen por sus enfriadores de cobre que eliminan 3MH.

Cerveza	4-MMP (ng/L)	3MH (ng/L)
Cooper Chiller	No detectado	111
Enfriador de acero inoxidable	No detectado	85

Mirando los resultados de la prueba de tiol un poco más cerca, el nivel de 3MH está por encima del promedio establecido de 60 ng/L, lo que probablemente contribuyó al carácter similar a la naranja. También es interesante la ausencia de 4MMP, particularmente desde que se usó Simcoe. Esto podría sugerir la volatilidad del 4MMP durante el proceso en whirpool, que se analiza con más detalle a continuación.

Un estudio que analizó cómo se retienen los tioles durante el proceso de elaboración de la cerveza se centró en dos tioles que se pueden encontrar potencialmente en la cerveza. Usando adiciones Simcoe para la prueba, los autores encontraron que durante un hervor de 60 minutos a 212°F (100°C), el contenido de 4MMP disminuyó 91% y 23% después de calentar a solo 194°F (90°C) Por otro lado, 3MH aumentó tres veces a 212°F (100°C) que a 90°F

(32°C), lo que sugiere que este tiol afrutado no solo se conserva durante la ebullición sino que se mejora.

Pasando a la etapa de fermentación, 3MH y 4MMP aumentaron durante la fermentación y alcanzaron su punto máximo de concentración alrededor de los días cinco o seis. El tiol 3MHA no estaba presente en el mosto pero estaba en la cerveza después de la fermentación, lo que significa que la levadura convirtió los 3MH disponibles en 3MHA. Por lo tanto, esto significa que podría aumentar la fructificación de su cerveza al elegir cepas de levadura que tengan una buena capacidad de biotransformación, específicamente de 3MH en 3MHA y principalmente estudiadas en cepas de levadura de vino. Como parte del estudio, se analizaron múltiples pellets de lúpulo para determinar el contenido de 3MH. Simcoe tuvo la mayor concentración, seguido de Topaz, Fuggle y Cascade. [\[274\]](#)

Quizás la noción de que la selección de la adición de lúpulos amargo no importa puede tener que ser reexaminada. Cuando el foco estaba estrictamente en los aceites de lúpulo, que se evaporan principalmente durante el proceso de ebullición, tiene sentido suponer que lo que pones en la olla durante un hervor de 60 minutos no es tan importante. Sin embargo, si está eligiendo un lúpulo de amargor que sea alto en 3MH, el aumento potencial durante la ebullición es una perspectiva interesante si el objetivo es aumentar el aroma a naranja de una cerveza o aumentar los niveles de 3MH para convertirlos en la maracuyá 3MHA.

Recuerde que los lúpulos que son bajos en α -humuleno y β -cariofileno son mejores cuando se usan para lúpulos amargos para evitar el aroma a caldera más leñosa.

Por lo tanto, parece que vale la pena experimentar con adiciones amargas con lúpulos altos en 3MH y bajos en α -humuleno y β -cariofileno en Hazy IPAs de fruta hacia adelante.

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

Tioles derivados de malta

El lúpulo puede no ser la única fuente de tioles, ya que Kishimoto descubrió que se detectó 3MH en la cerveza sin dry hop, pero no en el mosto sin dry hop. Esto sugiere que el precursor de 3MH derivado de malta debe hervirse para ser liberado. Por lo tanto, tanto el lúpulo como la malta pueden ser una fuente de 3MH similar a la naranja. ¡Es interesante que haya potencial para obtener 3MH de maltas que podrían convertirse en 3MHA (maracuyá) con la selección correcta de cepas de levadura! [\[275\]](#)

Fascinado con la idea de que existen precursores de tiol en la malta que podrían desempeñar un papel en el desarrollo de sabores afrutados, investigué la literatura para obtener más información. Se realizó un estudio en Francia donde los autores investigaron precursores de tiol 3MH y 4MH en muestras de cebada malteada y no malteada de seis filas. Descubrieron que G3MH (un precursor de 3MH) era más alto en cebada malteada que no malteada, lo que sugiere una formación in situ durante el malteado. Esto es importante porque sugiere que los granos malteados pueden ser beneficiosos cuando se trata de alentar el proceso de sabor biológico (3MH a 3MHA). En comparación con el uso de grandes porcentajes de granos no malteados, los aumentos de 3MH en la ebullición, con los tioles de la malta jugando un papel más importante de lo que pensamos. El estudio actual plantea la hipótesis de que, debido a la evolución durante la preparación (la ebullición), ¡menos del 3% de los precursores de tiol contenidos en las maltas podrían conducir a más del 64% de 3MH en la cerveza final! [\[276\]](#)

Los tioles pueden no ser el único compuesto similar al lúpulo que se encuentra en los granos malteados. Un estudio que estudiaba el lúpulo y sus diferentes compuestos encontró concentraciones de sesquiterpenos, hidrocarburos, α -humuleno y β -cariofileno (picante), así como monoterpeno, hidrocarburo, β -mirceno, en el mosto. Curiosamente, estos compuestos no se detectaron en todas las muestras no recogidas en su estudio. Los autores sugirieron que quizás las variaciones dependen de la calidad de la malta utilizada. [\[277\]](#) Aunque, el área de hidrocarburos es extremadamente volátil y tendría sentido que la mayoría, si no todos, se eliminarían del mosto después de la ebullición.

Sinergia de tiol y ésteres derivados del lúpulo

Otra razón por la que un cervecero puede querer aumentar las concentraciones de tioles en la cerveza, ya sea mediante la adición directa de lúpulo o el bioflavor de la levadura, se debe a la mejora del sabor del tiol mediante la sinergia. Un artículo que analiza específicamente a Nelson Sauvin, que es único en el sentido de que es rico en tiol 3-sulfanil-4-metilpentan-1-ol 3S4MP, probó los posibles efectos sinérgicos del tiol cuando se dosifica con otros compuestos de lúpulo conocidos. Específicamente, se comparó una solución con 40 ng/L (el promedio) de 3S4MP con soluciones con la misma cantidad de 3S4MP además de otros compuestos (linalool, 2MIB y geraniol), algunos por debajo de sus promedios.

Al observar los resultados de linalool y geraniol, cuando se combina con el tiol 3S4MP, los autores descubrieron que 3S4MP mejoraba los sabores de ambos alcoholes terpénicos. Geraniol se dosificó en la solución a niveles inferiores a su promedio de sabor, lo que sugiere que los efectos sinérgicos con el tiol son potentes. Citronellol también se probó en combinación con 3S4MP pero no se encontró que aumentara el sabor.

En el caso de un ésteres 2MIB (isobutirato de 2-metilbutilo) que tiene sabor a manzana verde y albaricoque, [\[278\]](#) los autores encontraron que la presencia del tiol Nelson Sauvin 3S4MP mejoró los sabores de 2MIB, aunque 2MIB se dosificó por debajo del promedio. Esta mejora del sabor a través de la sinergia es interesante porque sugiere que 3S4MP está actuando como un potenciador del sabor de 2MIB, de una manera que aumenta su potencial de sabor por encima de la

concentración real. [\[279\]](#)

Aunque se estudió un poco menos, varios ésteres del lúpulo (como con el 2MIB anterior) también pueden afectar los sabores y aromas finales de la cerveza al igual que con los tioles y los terpenoides. Un artículo estudió cómo estos ésteres derivados del lúpulo se ven afectados durante la fermentación en 42 variedades diferentes de lúpulo. [\[280\]](#) El estudio se centró en los ésteres isobutíricos de manzana verde y albaricoque (isobutirato de isobutilo, isobutirato de isoamilo y isobutirato de 2-metilbutilo) y ésteres de etilo de ácidos grasos de cadena ramificada (isobutirato de etilo, isovalerato de etilo y 2-metilbutirato de etilo).

Los autores encontraron que todos los ésteres isobutíricos disminuyeron gradualmente durante la fermentación, sin embargo, los ésteres etílicos de los ácidos grasos de cadena ramificada estuvieron casi ausentes en el mosto pero aumentaron durante la fermentación. Esta esterificación durante la fermentación es otro ejemplo de biotransformación de lúpulo, probablemente por actividad de esterasa derivada de levadura y esterificación química.

La variedad de un lúpulo que se destacó en esta área fue Huell Melon, una variedad descrita como que tiene sabores de melón hacia adelante. En las pruebas, el mosto hecho con Huell Melon fue el único que contenía isobutirato de etilo y 2-metilbutirato a niveles relativamente altos. En cuanto a los niveles de isobutirato de etilo con Huell Melon hecho mosto, las concentraciones aumentaron durante la fermentación, muy por encima del promedio de sabor (incluso antes de la fermentación los niveles estaban cerca del promedio de sabor). Las concentraciones de 2-metilbutirato de etilo también estuvieron por encima del promedio después de

la fermentación, lo que sugiere que estos dos ésteresos etílicos de ácidos grasos de cadena ramificada probablemente contribuyan al sabor del lúpulo. [\[281\]](#)

Por lo tanto, una forma de aumentar potencialmente el sabor similar al melón de una cerveza sería usar el lúpulo Huell Melon durante la etapa escalonada en hervor o en whirlpool (el estudio se dosificó a una tasa que corresponde a solo 0.20 lbs./bbl). Estos sabrosos ésteresos derivados del lúpulo pueden sobrevivir en whirlpool y probablemente aumentarán durante la fermentación por encima de los promedios de sabor. Por lo que vale, volví a mirar la cerveza con la que hice un whirlpool con Huell Melon después del hervor y describí el sabor de la cerveza como melón.

La otra variedad de lúpulo que con un comportamiento único en los ésteresos etílicos de las concentraciones de ácidos grasos de cadena ramificada durante la fermentación fue Ekuanot (HBC366). Todos los ésteresos etílicos estaban casi ausentes en el mosto hecho con Ekuanot, pero las concentraciones de los tres ésteresos etílicos estaban por encima de sus promedios después de una semana de fermentación. Al igual que con el Huell Melón, estos ésteresos son probablemente responsables en parte del carácter único del lúpulo en la cerveza, pero para Ekuanot tiene más que ver con la biotransformación durante la fermentación. Los resultados sugieren que el uso de Ekuanot durante el whirlpool podría dar como resultado los precursores necesarios para la cerveza con ésteresos etílicos por encima de los promedios de sabor.

Volviendo a 2MIB, que se ha determinado que tiene un promedio de 78 ug /L. Un papel preparó cervezas de un solo lúpulo, para determinar las concentraciones de 2MIB (para adiciones tardías de lúpulo). Solo una variedad probada por encima del promedio, Southern Cross. Otras

variedades que estaban por debajo del promedio, pero que aún tenían niveles relativamente altos de 2MIB, fueron (en orden del más alto) Pacific Jade, Polaris, Hull Melon, Riwaka y Waimea. [\[282\]](#) Es interesante considerar combinar Nelson Sauvin (tiol 3S4MP) con algunos de estos lúpulos 2MIB más altos, para obtener el efecto sinérgico que conduce a la mejora del sabor de este ésteres isobutírico afrutado.

Las cepas de levadura también pueden desempeñar un papel en el potencial de ésteres del lúpulo, ya que un estudio analizó 2 MB en una fermentación de cerveza y cerveza. Los resultados mostraron que Pilsner fermentó con una "cepa de levadura lager estándar", dio como resultado un poco más de 2MIB que la cerveza, que se fermentó con una cepa inglesa. Aunque el aumento no fue masivo, las cervezas tuvieron el mismo dry hopping y la cepa lager resultó en un aumento de aproximadamente el 17%. [\[283\]](#)

Mirando más a fondo el papel de las cepas de levadura y los tioles individuales, un artículo de BrewingScience 2018 analizó el papel de dos cepas de levadura diferentes (WLP001 California Ale y WLP029 German Ale / Kolsch) y las concentraciones de terpenos, ésteres y tioles combinados con fermentación temprana en seco. Dry hopping con Cascade y Hallertau Mittelfrüh en el tercer día de fermentación, los autores encontraron que WLP001 produjo cervezas con más de 3MH (naranja) de tiol y más alcoholes monoterpenos afrutados (geraniol y citronelol) que WLP029, a pesar de las mismas tasas de lúpulo. [\[284\]](#)

Los resultados anteriores sugieren que WLP001 puede tener una mayor capacidad que WLP029 para liberar más terpenos unidos glucosídicamente, pero el lúpulo debe contener los precursores necesarios. El documento

encontró que Cascade contiene estos terpenos y Hallertau Mittelfröh no. Investigaciones anteriores discutidas en el libro también encontraron que Cascade es un lúpulo rico en precursores. Entonces, aunque la investigación solo está analizando dos cepas de levadura diferentes, es emocionante que el enfoque de la investigación de la cerveza comience a emular los estudios del vino para ver cómo las cepas de levadura individuales pueden afectar el sabor de la cerveza a través de la biotransformación. Nuevamente, en este caso, la levadura American Ale superó a una cepa Ale / Kolsch alemana, sin embargo, la cepa lager en el estudio anterior superó a una cepa ale en concentraciones de 2MIB, lo que sugiere que todavía hay mucho por aprender.

Es divertido dar un paso atrás e intentar comenzar a unir toda la investigación para experimentar aún más. Sabemos por otras investigaciones que las cervezas hechas con Southern Cross, Pacific Jade, Polaris, Hull Melon y Riwaka probaron altas en 2MIB. Si este potencial sabor a albaricoque es deseable, podría considerar agregar estos lúpulos y fermentar con una cepa lager para aumentar la concentración del ésteres en la cerveza terminada. Luego, también puede combinar el lúpulo con una variedad rica en tiol 3S4MP como Nelson Sauvin para obtener una mejora aún mayor del sabor del ésteres a través de la sinergia. ¡Suena como un divertido experimento de India Pale Lager!

Un experimento divertido en este sentido sería preparar una India Pale Lager con un pequeño porcentaje de una cepa de vino (como Vin 7) para aumentar 2MIB y alejar el bio-sabor de los tioles y glucósidos. Adiciones tardías con cetonas altas de 2MIB como Southern Cross, Pacific Jake o Vic Secret, y dry hopping con Nelson Sauvin para impulsar el impacto sinérgico de 3S4MP y 2MIB. Un

beneficio adicional para el co-pitch de lager con Vin7 serían las temperaturas de fermentación más bajas, ya que a la cepa le gusta fermentar alrededor de 58°F (14°C)

Este experimento de levadura de cerveza / vino se vuelve aún más intrigante cuando se observa una investigación centrada en las temperaturas de fermentación y las concentraciones de tiol. Un documento que examinó si las concentraciones de tiol aumentan o disminuyen en función de la temperatura de fermentación dosificada en cervezas de prueba con lúpulo Mosaic al inicio de la fermentación (dry hopping temprano) y midió los tioles 3MH y 3MHA. Los autores encontraron que se midió casi el doble de la cantidad de 3MHA en la cerveza fermentada a 59°F (15°C) en comparación con la cantidad a 71°F (21°C) con una levadura de cerveza de trigo (Tum 68) [\[285\]](#). Específicamente, el tropical y deseable 3MHA (que es convertido de 3MH) pasó de 4 ng/L a 8 ng/L a la temperatura más baja. Esto puede no parecer mucho, pero con un promedio bajo para 3MHA (9 ng/L), puede ver por qué es importante. Además, debido a que 3MHA se convierte de 3MH, es igualmente importante que la concentración de 3MH también aumente cuando se fermenta a una temperatura más fría que va de 31 ng/L a 37 ng/L. Obviamente, cuanto más empuje el 3MH, mayor será el potencial para 3MHA (especialmente con la cepa de levadura adecuada o con una enzima comercial).

Los resultados anteriores pueden explicarse de alguna manera en un artículo de 2011 que se centra en los compuestos aromáticos de la cerveza de trigo cuando se inyecta CO2 en diferentes temperaturas (que simulan la fermentación). Los autores encontraron que la polaridad de los compuestos jugó un papel en la pérdida potencial durante la fermentación. Cuanto más hidrofóbico (menos volátil) sea un compuesto, es más probable que

permanezca en la solución durante la fermentación y se vea menos afectado por los aumentos de temperatura. [\[286\]](#) Esto tiene sentido ya que los estudios han demostrado que en los mostos de cerveza y vino las fermentaciones de compuestos volátiles son parcialmente transportados a la superficie por CO₂ y liberados en la fase gaseosa. [\[287\]](#)

Debido a que los tioles tienen puntos de ebullición más bajos y son menos solubles en agua que otros solventes como los alcoholes, puede ver por qué pueden verse más afectados por el aumento de las temperaturas de fermentación. También es probable que esto sea cierto para los hidrocarburos y los alcoholes monoterpenos de los lúpulos introducidos durante el whirlpool o del dry hopping temprano. Cuanto más cálida sea la temperatura de fermentación, más probable es que se eliminen los hidrocarburos (compuestos leñosos, picantes y resinosos) en comparación con los alcoholes monoterpenos más frutales.

Volviendo al lúpulo el impacto sinérgico de los tioles, un ensayo puso a prueba 4MMP (grosella negra) tiol con alcoholes monoterpenos (linalool, geraniol y β-citronelol). Los resultados mostraron que 4MMP tuvo un impacto aditivo con los alcoholes monoterpenos y que solo se necesitaban 1,2 ng/L para que se produjera este efecto, que es ligeramente más alto que su valor perceptible. Específicamente, la sinergia entre 4MMP y linalool, geraniol y β-citronelol aumentaron las características tropicales. El uso de lúpulo rico en 4MMP y estos alcoholes monoterpenos podría dar como resultado un sabor tropical intenso más percibido.

El mismo estudio también analizó los efectos de la mezcla de diferentes variedades de lúpulo y el impacto sinérgico entre los alcoholes monoterpenos sin la

presencia de tioles. Para hacer esto, optaron por mezclar una pequeña cantidad de Bravo (debido a su alto contenido de geraniol) a Simcoe (menor en geraniol) y Apollo (también alto en geraniol) por separado. Agregar el Bravo rico en geraniol a ambas variedades aumentó los puntajes cítricos y florales que las soluciones sin.

Puede comenzar a ver por qué seleccionar cuidadosamente una combinación de variedades de lúpulo por sus niveles de monoterpeno y tiol podría ser beneficioso. Sabemos que al usar el lúpulo rico en monoterpeno podría mejorar las cualidades cítricas de la cerveza. También sabemos que si combinamos estos mismos lúpulos ricos en monoterpeno con tioles como 4MMP, podríamos mejorar aún más las percepciones frutales a través de la sinergia. A continuación se presentan ejemplos de lúpulos con alto contenido de 4MMP y alcoholes monoterpenos que podría experimentar al mezclarlos en adiciones en whirpool para promover este efecto potenciador del sabor. Nuevamente, tratar de aumentar aún más los alcoholes monoterpenos desbloqueando glucósidos y tioles unidos con cepas de levadura probadas para la enzima apropiada (β -glucosidasa para glucósidos y β -liasa para tioles) es solo otra ruta para aumentar aún más los sabores del lúpulo.

Adiciones ricos en 4MMP :

Niveles altos: Citra, Simcoe, Eureka !, Summit, Apollo, Topaz, Mosaic, Ekuanot, Galaxy y Nelson Sauvin.

Niveles significativos: Zeus, Cluster, Chinook, Cascade, Centennial, Amarillo. Northern Brewer alemán, Hallertau Blanc, Cascade Alemana, Mandarina Baviera, Polaris. [\[288\]](#)

Rico en geraniol: Brewers Gold, Centennial, Olympic, Cluster, Simcoe, Mosaic, Chinook, Cristal, Bravo y Galena.

Linalool-Rich: Ultra, Liberty, Nugget, Crystal, Mt. Hood, Triple Pearl, Mount Rainier, Santiam, Fuggle, Meridian, Golding, Tettnang y Citra. [\[289\]](#)

Resultados clave

- Los principales tioles estudiados en lúpulo y uva son 4MMP (grosellas negras), 3MH (naranja, grosella, guayaba) y 3MHA (maracuyá y guayaba). El tiol 3MHA se convierte de 3MH.
- Los tioles del lúpulo pueden contribuir a la fructificación de la cerveza debido a sus bajos promedios de sabor y se pueden encontrar tanto en formas libres como unidas. La liberación de tioles unidos se realiza a través de una enzima llamada β -liasa de la levadura (se ha encontrado que ciertas cepas de vino son las más efectivas) o un producto enzimático comercial.
- Se deben agregar lúpulos con alto contenido de precursores de tiol durante la fase de lupulado tardío para ayudar a promover estos precursores durante la fermentación. Por otro lado, los lúpulos que son ricos en tioles libres se pueden agregar al dry hop, donde no se requiere actividad enzimática de la levadura para liberar los tioles aromáticos.
- El lúpulo cultivado en América tiende a tener más tioles beneficiosos. El precursor de tiol 3MH se encontró en concentraciones más altas en cebada malteada frente a cebada no malteada, lo que sugiere que todo el molido de malta podría ayudar a promover la conversión de 3MH a 3MHA.
- Los tioles del lúpulo pueden tener un impacto sinérgico positivo en los sabores frutales de la cerveza.

Capítulo 12: Lupulina concentrada

Desarrollado por Yakima Chief, Hopunion Cryo Hops® (LupuLN2) está diseñado para que los cerveceros produzcan cervezas extremadamente aromáticas, pero con sabores menos astringentes. Esto se debe a que los lúpulos Cryo son la lupulina concentrada del lúpulo en flor que contienen aceites aromáticos de lúpulo pero con menos material vegetativo. Según el jefe de Yakima, así es como describen el proceso de Cryo.

Los conos de lúpulo enteros se separan en lupulina concentrada y brácteas a temperaturas extremadamente bajas, preservando cada componente del lúpulo; nada es aplastado LupuLN2 ofrece a los cerveceros aproximadamente el doble de la concentración de contenido de resina de los pellets de lúpulo T90 tradicionales y debe dosificarse a aproximadamente la mitad de la cantidad en peso. Los cerveceros deben tener en cuenta que LupuLN2 creará un intenso sabor y aroma a lúpulo con una contribución reducida de sabor vegetal y de polifenoles porque se ha eliminado el material vegetal. El perfil de sabor de LupuLN2 es específico de la variedad, pero más pronunciado debido a la concentración. LupuLN2 está disponible en polvo de lúpulo y en pastillas de lúpulo. Se puede aplicar en cualquier lugar de la cervecería, pero no se recomiendan en el hervor por el riesgo de evaporar el aroma intenso.

Experiencias cerveceras con Cryo

Para obtener más información sobre cómo elaborar cerveza con Cryo, le pregunté a dos cerveceros profesionales en Austin, Texas, sobre su experiencia con el nuevo producto. Ambos recibieron muestras tempranas de Cryo y realizaron sus propios experimentos de elaboración, tanto sensoriales como con resultados de laboratorio.

- Joe Mohrfeld, director de elaboración de cerveza en Pinthouse Pizza Brewpub, y anteriormente de Odell Brewing.
- Josh Hare, fundador y cervecer de Hops and Grain Brewing.

Después de varias cervezas de prueba, al lúpulo y al grano les han gustado más sus resultados al usar el 40% de la carga total de dry hop en Cryo para Citra y Mosaic y un porcentaje ligeramente mayor de Cryo cuando se usa Simcoe. Al hacer experimentos codo a codo con Cryo contra las cervezas de pellet tradicionales (del mismo lote de lúpulo), su panel sensorial capacitado y los consumidores que dieron retroalimentación prefirieron las cervezas Cryo como las que más les gustaban.

A Pinthouse Pizza le gustaron sus experimentos con Cryo, pero especialmente los mayores rendimientos que experimentaron. Cuando Pinthouse Pizza reemplazó la mitad de sus lúpulos por Cryo en comparación con los pellets tradicionales, produjeron tanto como un barril de cerveza adicional en un lote de 15 barriles. Esto se debe a que el material vegetal que se eliminó para crear Cryo ya no está disponible para absorber la cerveza durante el dry hopping. Esto es especialmente cierto si usa Cryo a la mitad de la cantidad que usaría los pellets tradicionales, lo

cual es recomendado por Yakima Chief. ¡Este rendimiento adicional es equivalente a 248 pintas adicionales por lote!

Joe Mohrfeld descubre que cuando el dry hopping con lúpulo Cryo en comparación con los pellets tradicionales da como resultado una cerveza notablemente diferente. El lúpulo Cryo parece dar un aroma específico más intenso y más verdadero, que recuerda a "estar en la sala de fianzas". Entonces, si los lúpulos Cryo son tan geniales, ¿por qué no solo usarlos? Al realizar un dry hopping con Cryo al 100%, Pinthouse Pizza no estaba entusiasmado con los resultados. En estas cervezas, la intensidad del aroma del lúpulo estaba allí, pero carecía de profundidad, lo que significa que era una pequeña nota. El punto ideal para ellos parece ser el dry hopping con 30-50% con Cryo y el resto en pellets. Esta proporción parece cerrar la brecha de los aromáticos de frutas más suaves de los pellets con un aroma más brillante, más redondeado e intenso proveniente del Cryo. También descubrieron que el Cryo parecía reducir la dureza astringente que se puede obtener con adiciones pesadas de pellets.

Elaboración de la cerveza con lúpulo Cryo

A diferencia de los pellets, que tienden a asentarse en la parte superior de la cerveza fermentada durante un corto período de tiempo, pero se suspenden gradualmente, el polvo de Cryo puede permanecer más tiempo de lo que la mayoría de los cerveceros están acostumbrados. En mi experiencia en un dry hop de 5 galones con lupulina en polvo, le di al fermentador un pequeño whirpool para alentar al polvo a que se suspendiera después de unas horas de agregarlo. A escala comercial, la primera vez que Pinthouse Pizza realizó un dry hop con polvo de Cryo, regresaron dos días más tarde mentalizados para sacar una muestra y descubrieron que la cerveza no tenía ningún aroma. Después de mirar en el tanque, pudieron ver que el polvo todavía estaba encima de la cerveza y aún no se había suspendido.

Si está fermentando con una cepa de cultivo superior, el grueso krausen que se encuentra en la parte superior de la cerveza puede amplificar este problema. Para poner el Cryo en polvo en suspensión, una cervecería puede necesitar recircular la cerveza o hacer estallar C02 a través del cono para alentar el movimiento de polvo. Principalmente para facilitar su uso, la forma de pellets de Cryo parece ser lo que la mayoría de los cerveceros prefieren, principalmente porque puede usarlos como lo haría con los pellets normales.

El lado positivo, sin embargo, es que una vez que ingresas el polvo en la cerveza, no parece querer retirarse. A diferencia de los pellets, que se hundirán lentamente en el fondo del fermentador, el polvo Cryo tiende a permanecer en suspensión. Esto podría explicar los tiempos de extracción más rápidos que algunos

informan cuando usan polvo Cryo. Si el polvo de lúpulo permanece en suspensión, esto elimina teóricamente la necesidad de agitar o hacer circular la cerveza para estimular la extracción y debería acortar y mejorar la extracción. Pinthouse Pizza descubrió que después de 30 minutos de recirculación, tenían lo que parecía ser una extracción casi completa. Hops and Grain también mencionó que cuando se usaba Cryo en polvo, el tiempo de contacto necesario para la extracción era mucho menor.

Hops and Grain descubrieron que una desventaja potencial del uso de grandes cantidades de polvo Cryo sin pasarlo por su centrífuga resultó en una cerveza con una sensación en la boca arenosa. No experimenté esto en mi cerveza que se describe a continuación, sin embargo, utilicé un filtro de 300 micrones alrededor del tubo de inmersión (espadín) en el barril, lo que puede haber ayudado con esto.

Para probar los beneficios anunciados de Cryo, preparé un NEIPA de lote dividido de 10 galones. Una de las mitades de 5 galones se lupularía con lúpulo Mosaic Cryo y la otra con pellets Mosaic tradicionales para ver por mí mismo cómo difiere el dry hopping entre ellos. Específicamente, el calendario de dry hopping para las cervezas fue el siguiente:

Dry hop:

- 1 onza de Mosaic Cryo Powder en el día 4 de fermentación y 1 onza de Mosaic Cryo Powder en el barril para servir.
- 2 onzas de pellets de Mosaic en el día 4 de fermentación y 2 onzas de pellets de Mosaic en el barril para servir.

No me fue difícil distinguir estas cervezas. Aunque los lúpulos de Mosaic utilizados tanto para el polvo de lupulina como para los pellets eran de diferentes lotes de lúpulo, que pueden tener fluctuaciones de aceite. Para mí, la cerveza en polvo de dry hop produjo grandes aromas de pino, savia, cannabis, resina y pimienta, con algunas notas tropicales adicionales. Me recordó a una cerveza que hice con lúpulo Eureka, que también tenía fuertes características resinosas con algo de frutosidad de cereza. El aroma de dry hop de pellet Mosaic era mucho menos intenso y tenía un borde más suave. Los pellets todavía producían una cerveza con algo de esa calidad de Mosaic húmedo pero con aromas de fruta dulce más pronunciados.

El sabor nuevamente mostró cuán diferente se comporta el polvo en comparación con los pellets. El dry hop de pellet Mosaic era mucho más astringente y vegetal en el paladar, lo que parecía ocultar algo de sabor saturado de lúpulo. Esto podría explicarse por investigaciones que indican que el aumento de la amargura y la astringencia que se encuentra en las cervezas de dry hop se correlaciona con el contenido total de polifenoles, [\[290\]](#) pero esto supone que el polvo Cryo tiene menos polifenoles porque tiene menos material vegetal. Josh de Hops and Grain también sugirió que el aumento de los polifenoles, cuando se usan pellets, parece "silenciar" el sabor deseado del lúpulo. Aunque otras pruebas de laboratorio descritas más adelante aún muestran un alto contenido de polifenoles en la cerveza hecha con lúpulo Cryo.

Un resultado inesperado en mi experiencia fue la notable diferencia en la claridad entre las dos cervezas. La cerveza de lupulada de lúpulo, que tenía el doble de la cantidad de material de lúpulo en peso, era

significativamente más turbia y tenía más de ese aspecto NEIPA turbio donde la cerveza en polvo tenía más brillo de lúpulo.

Interesado si el contenido de polifenoles en el polvo de Cryo es en realidad menor que los pellets tradicionales (potencialmente ayudando a aumentar la claridad), examiné los resultados de laboratorio de Hop and Grains cuando usé Cryo. En un experimento separado, dividieron 15 barriles de cerveza en dos fermentadores de 7 barriles y usaron la misma cepa de levadura y tasa de paso. Un lote de 7 barriles se realizó un dry hop con Cryo en polvo y el otro con pellets Ambos tanques fueron lupados y recirculados con Ekuanot™ Cryo o Ekuanot™ en forma de pellets y enviados a un laboratorio para pruebas de IBU y recuentos de polifenoles. La mitad de la cantidad de Cryo se usó en comparación con los pellets, según la recomendación del Jefe de Yakima.

Resultados de IBU:

Polvo # 1: 31.9

Polvo # 2: 37.86

Polvo # 3: 36.25

Pellet # 1: 59.02

Pellet # 2: 58.11

Pellet # 3: 57.62

Polvo AVG IBU: 35.5

Pellet AVG IBU: 48.0

Como puede ver en los resultados de IBU anteriores, la cerveza que se realizó un dry hop solo con pellets tuvo un aumento de aproximadamente el 35% en los IBU medidas en comparación con los lúpulos Cryo. Aunque la prueba de IBU tiene sus desventajas, como no poder distinguir

entre los ácidos amargos, el aumento medido en los IBU del dry hopping con pellets en comparación con Cryo es sustancial.

Afortunadamente, Hops and Grain también probaron sus cervezas a través de HPLC, que también puede determinar los niveles de humulinonas. Como se esperaba, en parte debido a que se cree que se forman humulinonas durante el proceso de granulación cuando la glándula de lupulina está expuesta, las cervezas de dry hop Cryo tenían menos humulinonas amargas que la cerveza granulada. Específicamente, la cerveza con dry hop de pellets tenía aproximadamente 3,5 veces más humulinonas.

También interesante dentro de los resultados de HPLC es que la cerveza con dry hop Cryo tenía aproximadamente un 31% más de iso alfa-ácidos que la cerveza con dry hop de pellets. La mayor concentración en iso-alfa-ácidos con Cryo se explica muy probablemente por la reducción en el material vegetal, que puede sacar el amargor en caliente. Finalmente, el dry hopping con lúpulo Cryo produjo más iso-alfa-ácidos (que retienen más del amargor en caliente) y menos humulinonas amargas en comparación con el dry hopping con pellets. Esto podría significar que si se lupula con Cryo a la mitad de la cantidad de pellets, es posible que desee retroceder ligeramente los IBU en caliente para evitar que la cerveza tenga un sabor demasiado amargo.

También interesante a partir de estos resultados es que la cerveza de lupulada de pellets tenía un pH de cerveza final medido más alto (+0.07), lo que tiene sentido teniendo en cuenta que cuanto más cerveza es

“dry hopeada”, más aumentará el pH. Debido a que la mitad de la cantidad de Cryo se usó, el aumento de pH del dry hopping en teoría debería ser menor. Esto juega un

papel importante porque a medida que aumenta el pH, también puede hacerlo la amargura sensorial.

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

Polifenoles y Lúpulo Cryo

Estos son los resultados de laboratorio de Hop's and Grains de un lote de cerveza de 30 barriles donde se tomaron lecturas de polifenoles al final de la fermentación (antes del dry hop), después de un dry hop en polvo Cryo al 100% y después de un segundo dry hop con pellets 100% de la misma variedad al doble de la cantidad de lupulina en polvo utilizada. (medidos mediante el método ASBC Beer-35).

Polifenol total (pre-dry hop):

1: 227.55

2: 134.44

3: 166.54

AVG: 176.18

Polifenoles totales (post cryo dry hop):

1: 301.33

2: 258.76

3: 340.05

AVG: 300.05 (+123.87 de Pre-Dry Hop)

Polifenoles totales (post dry hopping y recirculación con pellet):

1: 402.83

2: 482.95

3: 334.03

AVG: 406.6 (+106.55 de Post-Cryo Dry Hop)

Sorprendentemente, el aumento de polifenoles del dry hop de polvo Cryo fue ligeramente mayor que el del dry hop de pellets. Aunque es un tamaño de muestra pequeño, los resultados indican que cuando se trata de polifenoles, el aumento medido al usar la mitad de la cantidad como lo haría en forma de pellets todavía resulta en aumentos sustanciales. Me interesaría realizar más pruebas donde se separaron las cervezas, y una recibe polvo de Cryo y los otros pellets (no se agrega a la misma cerveza que se hizo aquí). Me pregunto si es posible que Cryo en polvo tenga una mejor extracción de los polifenoles que tiene disponibles (incluso si son menos que pellets) porque tienden a permanecer en suspensión por más tiempo (especialmente el polvo).

Para resumir los hallazgos del lúpulo y el grano, cuando haga dry hopping con la mitad del volumen de cryoglas a pellets:

- **Dry hop de pellets:**IBU medidos más altos, iso alfa-ácidos más bajos, humulinonas más altas, pH más alto y polifenoles aumentados.
- **Cryo Dry Hop:**IBU más bajas, iso alfa-ácidos más altos, humulinonas más bajas, pH más bajo, aumento de polifenoles

La investigación sugiere que la tasa de extracción de polifenoles se reducirá una vez que se haya alcanzado un promedio en las adiciones en whirpool y dry hop. Por ejemplo, en un estudio, se compararon quince cervezas comerciales antes y después del dry hop para el contenido de polifenoles. Los autores encontraron que cuando la concentración inicial de polifenoles ya era alta, la eficiencia

de extracción de los polifenoles añadidos se redujo durante el dry hopping. El contenido promedio de polifenoles de estas cervezas comerciales de dry hop se midió a 247 mg /L.

Para poner en perspectiva los resultados del polvo Cryo del lúpulo y el grano, el mismo estudio mencionado anteriormente también probó polifenoles en el mosto no cortado y luego barriles de 5 galones de dry hop a 4 g/L (citado como el promedio de la industria) y 16 g/L (aproximadamente 10 onzas para un lote de 5 galones) con pellets Chinook. Probado a duraciones de dry hop de 24 y 72 horas sin agitación. Los resultados mostraron que la concentración de polifenoles alcanzó su punto máximo a 211 mg/L con la mayor carga de dry hop de 16 g/L a las 72 horas de tiempo de contacto. Comparando estos resultados, la tasa de dry hop con pellets, el aumento de polifenoles fue de aproximadamente 100 mg/L después del dry hop. ^[291] El lúpulo y el grano promediaron un aumento de aproximadamente 124 mg/L con el polvo de Cryo, lo que sugiere que Cryo aún puede ser una fuente importante de polifenoles. Sin embargo, una advertencia es que el lúpulo y el grano recircularon sus lúpulos secos, lo que podría aumentar la extracción general.

La prueba de pellets Chinook anterior mostró que, en general, la concentración de los componentes del lúpulo extraídos (incluidos los polifenoles y las humulinonas) aumentaba con la dosis y el tiempo. Sin embargo, los niveles de aumento más altos y segundos más altos se encontraron en el dry hop de 16 g/L de seis horas y el dry hop de 4 g/L de 24 horas. Esto sugiere que la dosis y el tiempo no son necesariamente una regla difícil y rápida para determinar las tasas de extracción. Curiosamente, la concentración de humulinona en las cervezas probadas fue bastante baja, alcanzando un máximo de 6.8 mg/L en

un lote de 5 galones. Tuve una cerveza probada con aproximadamente 10 onzas de dry hop también y volvió a 24.3 mg /L. La mayor diferencia, aparte de las diferentes variedades de lúpulo, fue el momento de las adiciones. En mi caso, el lúpulo había extendido el tiempo en la cerveza en el barril de servir.

LIBRERO HOP

Resultados clave

- Los lúpulos Cryo, desarrollados por el jefe de Yakima, Hopunion, están diseñados para que los cerveceros obtengan aproximadamente el doble de concentración de contenido de resina de los pellets de lúpulo T90 Traditionales pero con menos material vegetal de hoja.
- Una recomendación es reemplazar aproximadamente el 30-50% de una carga de dry hop con Cryo y el resto en pellets tradicionales. Esta proporción parece cerrar la brecha de aromáticos de frutas más suaves de los pellets con un aroma más brillante, más redondeado e intenso de Cryo.
- El cryo (especialmente cuando está en forma de polvo frente a pellets) tiende a flotar en la parte superior de la cerveza y debe agitarse en solución mediante recirculación o estallido de CO2 (o agitación del fermentador).
- Cryo puede dar como resultado tiempos de extracción de lúpulo más rápidos porque es más probable que permanezca en suspensión que los pellets y tiene menos material vegetal que puede retrasar la extracción.
- Las cervezas de dry hop cryo probablemente darán lugar a una menor extracción de humulínonas y no eliminarán tantos iso-alfa-ácidos debido a la menor cantidad de material vegetal. En otras palabras, las cervezas de dry hop Cryo dejarán en su lugar una mayor cantidad de amargor en caliente y no transmitirán tanta amargura del adición en frío a través del dry hopping.

- A pesar de tener menos material vegetal, las cervezas de lupulada Cryo se probaron para impartir una cantidad significativa de polifenoles, comparable a una adición posterior de dry hop.

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

Capítulo 13: ¿Qué está causando la turbidez?

¿Qué está causando exactamente la turbidez en las IPA'S de estilo de Nueva Inglaterra? Es una pregunta que puede irritar a la gente. Algunos piensan que sus malos hábitos cerveceros. Otros piensan que es la magia de la biotransformación. Al observar la literatura sobre cómo las altas tasas de lúpulo, el alto nivel de proteína, el dry hopping temprano y la interacción entre los polifenoles y las proteínas pueden afectar la turbidez, podemos obtener una mejor comprensión de cómo crear y controlar los niveles de turbidez.

LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP

Fermentación Dry hopping

Se dice que alrededor del 80% de los polifenoles en la cerveza provienen de la malta, con un 20% del lúpulo. Es seguro asumir que la proporción de polifenoles provenientes del lúpulo ha aumentado en los últimos años a medida que las adiciones en whirpool y dry hop crecieron rápidamente. El aumento de polifenoles en las cervezas hop-forward es importante para comprender la turbidez porque cuando los polifenoles polimerizados (oxidados) reaccionan con proteínas, las uniones entre proteínas y polifenoles son irreversibles, lo que resulta en una turbidez permanente. [\[292\]](#)

Esto se muestra en un estudio en el que un extracto polifenólico de lúpulo decantado se dosifica en cerveza y se evalúa para determinar los niveles de turbidez. Después de la adición de polifenoles a la cerveza base, se formaría una turbidez. El análisis sensorial de las cervezas con mayor contenido de polifenoles tuvo una calificación más alta para los sabores fuertes, medicinales y metálicos. [\[293\]](#) Esta investigación es importante porque sabemos que del 50 al 60% de los polifenoles se extraen durante el dry hopping y aproximadamente el 25% se están retirando, dejando aproximadamente el 35% de los polifenoles disponibles del dry hop en la cerveza terminada. [\[294\]](#) Entonces, a tasas más altas de dry hopy whirpools, la concentración de polifenoles de lúpulo disponibles para las proteínas es alta.

Una práctica común al preparar Hazy IPAs es realizar un dry hop temprano en la fermentación, a veces incluso en el día de preparación, pero generalmente entre los días dos y cuatro. Esto es más común en el nivel de elaboración casera, ya que la mayoría de las cervecerías comerciales

secan el lúpulo después de que se completa la fermentación primaria para que puedan cosechar y volver a lanzar levadura sin lúpulo. Esta acción del dry hopping temprano puede ser importante en lo que se refiere a proteínas y polifenoles. Un estudio que analizó cómo el contenido de proteínas en los cambios de cerveza durante la fermentación activa examinó el impacto de dos cepas de levadura diferentes (WLP001 y KVL011). Encontraron que con ambos, el contenido de proteína disminuyó durante la fermentación, probablemente se degradó proteolíticamente por la levadura o se precipitó con la suspensión de levadura. Específicamente, WLP001 tuvo una disminución del 16% y KVL001 disminuyó un 42%. [\[295\]](#)

Basado en el estudio anterior, especulo que la fermentación temprana en seco podría exponer los polifenoles derivados del lúpulo extraídos de las adiciones tempranas del dry hop a una mayor cantidad de proteínas disponibles en el mosto, lo que aumenta las interacciones de polifenoles y proteínas y podría conducir a una turbidez permanente. . El dry hopping después de que se complete la fermentación debe ser un ambiente ligeramente menos rico en proteínas, lo que lleva a una menor formación de turbidez. Se necesitan más pruebas, pero es probable que a medida que la levadura floacula (dependiendo de la cepa) puedan eliminar algunas proteínas que forman turbidez de la cerveza y hacer que esté menos disponible para el polifenol.

Interacción. Cuando estos polifenoles del lúpulo están presentes durante la fermentación temprana y antes de cualquier floculación de la levadura, deberían tener lugar más complejos formadores de turbidez.

Turbidez y pH

Otro factor que juega un papel en la turbidez es el pH de la cerveza durante el dry hop. Las proteínas y los polifenoles se unen de manera diferente a diferentes pH, pero un pH de alrededor de 4.2 (pH final normal de la cerveza) es el más ideal para la turbidez inducida por proteínas y polifenoles. Los cambios en el pH en el rango de 3.7 a 4.2 son insignificantes en lo que respecta a la turbidez. Sin embargo, cuanto más bajo sea el pH, se formará menos turbidez a partir de las reacciones de proteínas y polifenoles. El cambio en el potencial de turbidez se debe a que el pH afecta el comportamiento de las proteínas en la carga neta de las moléculas. [\[296\]](#) Esta investigación está respaldada por otro estudio que también encontró que el rango de pH de 3.8 a 4.3 resultó en la turbidez más alta. [\[297\]](#)

En este caso, el dry hopping posterior a la fermentación probablemente se realiza alrededor del punto dulce de pH para la turbidez inducida por proteínas y polifenoles. Por lo tanto, el dry hopping de fermentación temprana (donde hay más proteínas disponibles) combinado con el dry hopping posterior a la fermentación (en el pH máximo de turbidez) debería aumentar aún más el potencial de turbidez.

Nivel ABV y turbidez

Es posible que haya notado que algunas IPA dobles tienden a tener más turbidez que una Session IPA. El nivel de alcohol afecta la turbidez en parte porque se ha demostrado que el etanol disminuye la precipitación de proteínas y polifenoles. ^[298] Esto significa que a niveles más altos de ABV, las proteínas y los polifenoles tienen más probabilidades de permanecer suspendidos y causar turbidez en comparación con las cervezas de menor concentración.

Granos malteados vs granos no malteados

Parece que uno de los factores más importantes en la turbidez es la cantidad de proteínas y el tipo de proteínas que están llegando a las IPA. El proceso de malteado de granos y el impacto en las proteínas pueden influir en las interacciones de polifenoles y proteínas. Un estudio que analizó la turbidez de la cerveza elaborada a partir de un control de cebada malteada al 100% en comparación con dos cervezas con 20% y 40% de la cebada reemplazada por trigo sin maltear descubrió que cuanto mayor era la adición de trigo sin maltear, la turbidez es menos permanente. La cerveza con 40% de trigo sin maltear tenía una turbidez significativamente menos permanente que la cerveza con 100% de cebada. Los autores también probaron polifenoles en las cervezas y descubrieron que cuanto mayor era el porcentaje de trigo no malteado en la cerveza, menor era el número de polifenoles medidos en la cerveza.

La modificación de proteínas durante el malteado es un factor importante en el potencial de turbidez porque a medida que las proteínas se maltean, la proteólisis (descomposición) de estas proteínas puede aumentar la turbidez. [\[299\]](#) La degradación de la proteína en la malta de trigo, por ejemplo, produce menos precipitado de proteína durante el proceso de elaboración. Esto se debe a que la malta conduce a proteínas de menor peso molecular que tienen más probabilidades de permanecer suspendidas en la cerveza, en comparación con las proteínas más pesadas y sin maltear. En general, aproximadamente un tercio de las proteínas introducidas en el mosto llegan a la cerveza final. [\[300\]](#)

El paso de germinación de la malta es donde las proteínas se degradan y aumenta la posibilidad de turbidez. Un estudio encontró que cuanto más largo es el período de germinación en la malta, la turbidez es más permanente en las cervezas. Curiosamente, este mismo estudio encontró que el uso de malta de trigo en más del 15 al 20% de la molienda total redujo la turbidez. [\[301\]](#) Aunque no se discute, es posible que demasiadas de estas proteínas en suspensión puedan hacer que interactúen y abandonen.

Una buena manera de estimar cuánto tiempo ha germinado un grano y obtener una pista de su potencial inductor de turbidez es mirar el porcentaje del índice de Kolbach. A medida que aumenta el tiempo de germinación, también lo hace el porcentaje del índice de Kolbach medido. Comparando las maltas de trigo, por ejemplo, una opción con un mayor porcentaje de Kolbach puede impartir una turbidez más permanente en una cerveza muy lupulada. Si está buscando tener más turbidez en una cerveza lupulada, el uso de trigo malteado del 10 al 20% en la molienda (incluso mejor con un índice de Kolbach alto) puede obtener una turbidez más permanente. Combine esto con muchos lúpulos, incluido el dry hopping temprano, y podría aumentar la turbidez aún más.

¿Qué sucede exactamente durante el malteado, específicamente el período de germinación y degradación de proteínas, eso es alentar la formación de turbidez? Las proteínas de gluten (proteínas de almacenamiento) representan aproximadamente el 60% del contenido de proteína de trigo. Estas proteínas del gluten se pueden dividir en dos grupos principales de gliadinas y gluteninas. La elasticidad de las proteínas proviene principalmente de la fracción de glutenina, y la viscosidad

proviene principalmente de la gliadina. [\[302\]](#) Las proteínas sin gluten son aproximadamente del 15 al 20% de la semilla de trigo, son más livianas en peso molecular e incluyen enzimas activas e inhibidores de la proteasa, incluidas las proteínas de transferencia de lípidos.

Durante el malteado, el mayor cambio que ocurre en las proteínas es la degradación enzimática del endospermo del cereal y su conversión en péptidos solubles y aminoácidos. [\[303\]](#) Esta degradación enzimática en péptidos y aminoácidos es crítica, ya que se relaciona con el potencial de turbidez de las proteínas. Se cree que las combinaciones de proteínas y polifenoles resultan del enlace hidrofóbico entre aminoácidos hidrofóbicos como prolina, triptófano, fenilalanina, tirosina, leucina, isoleucina y valina. [\[304\]](#)

Un estudio que analizó la descomposición de las proteínas de almacenamiento en aminoácidos durante el malteado del trigo encontró un aumento significativo en los aminoácidos mencionados anteriormente que son capaces de unirse a los polifenoles y conducir a la turbidez. Por ejemplo, la tirosina aumentó en un factor de 19, la valina en un factor de 9, la fenilalanina en un factor de 19 y la leucina en un factor de 9. Estos aminoácidos potenciales formadores de turbidez vieron un aumento masivo después de la malta. De hecho, debido a que la hidrólisis enzimática continúa durante la germinación, las concentraciones de aminoácidos aumentaron cada día que el trigo pasó a germinar. [\[305\]](#)

También se ha demostrado que ciertas proteínas tienen una mayor afinidad para unirse con polifenoles ricos en prolina. Un ejemplo de una proteína rica en prolina unida a la unión de polifenoles son las hordeinas (que se encuentran en la cebada) y las gliadinas (que se encuentran en el trigo). [\[306\]](#)

Tanto las hordeinas como las gliadinas son proteínas de gluten, por lo que algunos estudios útiles provienen de estudios que investigan la fabricación de cervezas sin gluten. De hecho, White Labs tiene un producto llamado Clarity Ferm que reduce el contenido de gluten en la cerveza y aumenta la claridad. [\[307\]](#) A medida que aumenta el contenido de proteínas en un grano, también lo hacen las hordeinas y las gliadinas, que pueden unirse a los polifenoles.

Un estudio que analizó la diferencia entre los granos sin maltear y los malteados encontró que la malta de cebada ha medido la concentración de prolina a 1,421.6 ppm [peso seco]), mientras que la cebada no malteada está a solo 203.8 ppm. [\[308\]](#) Esto sugiere que la cebada malteada tiene aproximadamente siete veces la cantidad de prolina que la cebada no malteada y debido a que el potencial de turbidez de las proteínas es proporcional a la cantidad de prolina, se puede ver por qué los granos malteados son mejores para inducir la turbidez. De hecho, una referencia sugiere que solo las proteínas que contienen prolina se unen a los polifenoles. [\[309\]](#)

No relacionado con la malta Chits, pero relevante para la prolina, es el uso de lactosa en IPAs. Algunos cerveceros han experimentado con la adición de lactosa a sus IPA, que también puede tener un impacto en la claridad. Si bien el potencial de turbidez de las proteínas es proporcional a la cantidad de su prolina, un aminoácido, la lactosa, contiene caseína, que representa aproximadamente el 80% de la proteína en la leche de vaca y tiene más prolina que la mayoría de las proteínas. [\[310\]](#) El alto contenido de prolina en la leche probablemente favorecería la formación de turbidez con polifenoles. Como un estudio encontró que la proporción de prolina en el grano de cebada se correlacionó

positivamente con el potencial de turbidez de la proteína, [\[311\]](#) lo que sugiere que los granos de proteínas más altos (como el trigo malteado o trigo espelta) alentaría la turbidez debido al aumento de la prolina.

Por lo tanto, el potencial de turbidez en las cervezas aumenta cuando los granos se maltean no solo debido a la reducción en el peso molecular de las proteínas, sino también debido a los cambios de proteínas resultantes de estas reducciones (proteínas de almacenamiento en aminoácidos). El contenido total de proteínas por sí solo probablemente tampoco sea la mejor manera de determinar el potencial de turbidez. Por ejemplo, las proteínas de cebada están formadas por un porcentaje más alto de la fracción de proteína de hordeína (proteína de almacenamiento principal), lo que también significa niveles más altos de prolina. [\[312\]](#) Aunque otros granos tienen un mayor contenido de proteína total, podrían contribuir menos a la turbidez debido a sus menores cantidades de prolina. El trigo sarraceno malteado y la quinoa tienen una proteína total más alta que la malta de cebada, pero la mitad de la prolina total, porque sus proteínas son principalmente globulinas y albúminas, mientras que la cebada tiene más de la fracción de proteína de hordeína. [\[313\]](#)

Experimento en turbidez y granos malteados

¡Hice una preparación experimental para probar y poner a prueba parte de esta información al preparar intencionalmente un NEIPA clara con harina de avena al 17%!

La harina de avena se elabora moliendo granos de avena integrales [\[314\]](#), que son diferentes de la avena en copos porque se someten a un procesamiento adicional. La avena en copos se somete a tostado en horno y se cuece al vapor antes de enrollarse en copos. [\[315\]](#)

Aunque la harina de avena no ha sido sometida al calor, no es necesario hacer un macerado de cereales, ya que la temperatura de gelatinización de la harina de avena se encontró en el estudio que se analiza a continuación alrededor de 134°F (56°C)

El potencial de limpieza de la harina de avena se ha probado para demostrar que cuando se reemplazan grandes cantidades de cebada con harina de avena, se ponen en solución grandes cantidades de proteínas no modificadas de alto peso molecular y se “degradan ampliamente por las proteasas de malta endógenas o se precipitan durante la proceso de maceración ”. [\[316\]](#) Las proteínas más pesadas se caen en el macerado, lo que resulta en menos proteínas finales en la cerveza terminada. Esto debería dar como resultado menos reacciones de proteína / polifenoles en la cerveza y, en última instancia, menos turbidez. También es importante recordar que cuando se reemplazó el 20% de la cebada con avena, hubo una reducción del 30% en los polifenoles, que también deberían desempeñar un papel en el aumento de la claridad.

Receta:

Densidad original: 1.057

Densidad final: 1.010

ABV: 6.2%

Agua: 100% de ósmosis inversa tratada con 1,50
gramos / galón de cloruro de calcio

Molienda:

65% Briess de 2 hileras

17% de harina de avena Bob's Red Mill

18% de trigo rojo malteado

(Se agregó malta acidulada según sea necesario para un pH de
macerado de 5.35)

Lúpulo:

10 gramos de Columbus @ 60 minutos

30 gramos en whirpool Eureka de 15 minutos a 185°F (85°C)

30 gramos en whirpool Columbus de 15 minutos a 185°F
(85°C)

Fermentación:

WLP030 Levadura Ale Thames Valley a 68°F (20°C)

Dry hop:

Día tres de fermentación: 56 gramos de Eureka y 28 gramos
de Nelson Sauvin. El día 10 de fermentación: 28 gramos de
Eureka y 28 gramos de Nelson Sauvin. En el día 14, barril
con 28 gramos de Eureka, 28 gramos de Nelson Sauvin y 28
gramos de Columbus

Resultados

Esta fue la primera vez que usé WLP030, que se describe como una variedad muy floculante para todo lo inglés. Ideal para porters, stouts y ESB. Producción de ésteres más baja que la mayoría de las cepas inglesas, pero crea una sensación en la boca más grande que la mayoría de las cepas más limpias. [\[317\]](#) Para esta cerveza, la cepa era increíblemente agresiva, la fermentación terminó en cuestión de días, lo que significaba que el día tres del dry hop estaba al final de la fermentación.

En cuanto a la claridad de esta cerveza de harina de avena, era mucho más clara que las cervezas que normalmente hago para el estilo. Puedes ver fotos del experimento en “scottjanish.com”. De acuerdo, no es el tipo de claridad que verías en algo así como un Pilsner, pero en comparación con un Hazy IPA típica, fue lo suficientemente claro como para ver tu dedo sosteniendo el vaso a través de la cerveza. En este caso, parecía que combinar un aumento de proteínas submodificadas de la harina de avena con dry hopping después de la fermentación condujo a una mayor claridad, lo que concuerda con la investigación.

Otro caso del mundo real de una cerveza elaborada con granos poco modificados que conduce a una cerveza más clara es de Mike Tonsmeire, quien documentó en una publicación de blog del 27 de noviembre de 2017 en themadfermentationist.com. En Mike's New England Pale Ale, que tenía un molido que consistía en 80% de 2 hileras y 20% de maltas Chit [\[318\]](#), resultó en una cerveza que era mucho más clara de lo que esperaba. Aunque no estaba brillantemente clara, se parecía mucho más a un IPA sin filtrar de la costa oeste que a un Hazy IPA, que podría deberse en parte a la disminución de las prolina

causantes de turbidez debido a un menor tiempo de germinación de la malta. Recuerde, una germinación más corta también dejaría más proteínas no modificadas en el grano, que es más probable que abandonen la cerveza y no estén disponibles para interactuar con los polifenoles.

LIBRERO HOP

Variedad de lúpulo y contenido de polifenoles

Sabemos que los polifenoles y las proteínas son el factor más importante para determinar la turbidez de la cerveza, pero a menudo no se considera la cantidad de polifenoles de cada variedad de lúpulo. Si usa grandes cantidades de variedades con alto contenido de polifenoles en la adición en whirlpool, parece más probable que pueda aumentar las posibilidades de interacciones proteína / polifenoles temprano en la fermentación.

Conocer el contenido de polifenoles de las variedades del lúpulo también puede desempeñar un papel en el nivel de astringencia de las cervezas muy lupuladas. Por ejemplo, especulo que si va a realizar un dry hop con dos variedades diferentes y sabe que una de ellas tiene mayores concentraciones de polifenoles, podría realizar un dry hop temprano en la fermentación con la más alta de las dos y permitir que parte de la levadura activa absorber una porción de los polifenoles. La otra variedad se puede realizar un dry hopping más tarde, cuando la fermentación se ha ralentizado o se ha completado.

Aunque no he encontrado un documento o una base de datos que pruebe el contenido promedio de polifenoles de las más de 200 variedades de lúpulo registradas en todo el mundo, me dieron una guía de las diversas variedades de lúpulo en Alemania. Entre los diferentes análisis de lúpulo se incluye el contenido de polifenoles (EBC 7.14) de 22 variedades alemanas diferentes.

Las variedades alemanas con el mayor contenido de polifenoles promediaron alrededor del 5%, mientras que el término medio tuvo un promedio de 4.4%. Las variedades con menor contenido de polifenoles promediaron alrededor del 3.6%. En general, los lúpulos

con el mayor contenido son variedades de aroma clásicas, las intermedias son variedades de aroma y las más bajas son variedades amargas. Aunque hay valores atípicos, hay un patrón que muestra que algunos de los lúpulos con mayor contenido de alfa-ácidos tienen la menor concentración de polifenoles. Los lúpulos de alfa-ácidos más bajos tienen más polifenoles. A continuación se muestran los datos completos sobre los promedios alemanes de polifenoles de lúpulo.

LIBRERO HOP

Variedad de lúpulo	Polifenoles (% p / p)	alfa-ácidos
Hallertau Blanc	5.4	8.5
Spalter	5.3	4.1
Saazer	5.3	3.2
Tettnanger	5.2	4.4
Spalter Select	4.9	5.1
Hallertauer Mfr.	4.6	4.1
Saphir	4.5	4.1
Smaragd	4.5	5.9
Hersbrucker Spat	4.4	3.1
Cascade	4.3	6.6
Hallertauer Maerkur	4.2	13.3
Perle	4.1	7.4
Tradición Hallertauer	4.1	6.2
Mandarina Bavaria	4.0	7.9
Polaris	4.0	18.6
Huell Melón	3.9	5.8
Northern Brewer	3.9	9.2

Herkules	3.8	16,7
Opal	3.7	7,9
Nugget	3.4	11,3
Hallertauer Taurus	3.1	15,9
Hallertauer Magnum	2.6	13,9

LIBRERO HOP

Agentes de multas

Un área que vale la pena mencionar en relación con la turbidez de la cerveza es el uso de carragenano (musgo irlandés o Whirlfloc) en adición en el hervido. La carragenina no es un musgo, pero es un polisacárido que se encuentra en las algas rojas. Por lo general, el carragenano se agrega al hervidor con aproximadamente 10-15 minutos restantes de la ebullición, lo que le da suficiente tiempo para disolverse en el mosto (no se disolverá por debajo de 140°F (60°C)). Hablando por mí mismo, siempre he agregado musgo irlandés a mis cervezas solo porque se consideraba una buena práctica, y no me molesté en desafiar o incluso pensar mucho en el paso. Por supuesto, toda la razón para agregar musgo irlandés a la ebullición es ayudar a eliminar las proteínas solubles en mosto y las beta glucanos (según los anuncios de los diversos productos) que luego pueden combinarse con polifenoles y conducir a la turbidez. El carragenano elimina la proteína mediante la unión de sulfato cargado negativamente a proteínas cargadas positivamente, que eventualmente se vuelven lo suficientemente grande como para caerse de la cerveza.

¿Es contraproducente crear a propósito un macerado rico en proteínas (con trigo malteado o trigo espelta) y beta glucanos (alto porcentaje de avena en copos) y luego agregar intencionalmente un suplemento para eliminar esas dos cosas?

Ciertas cepas de levadura como WY1318, así como variedades específicas de lúpulo con alto contenido de aceite total como Galaxy, parecen mejorar la turbidez en las IPA según entrevistas con cerveceros. Una gran cantidad de proteínas modificadas como el trigo malteado

también ayudará a aumentar la turbidez. En un NEIPA típica, debe haber muchas proteínas disponibles para interactuar con las altas tasas de lúpulo sin dry hoptarse el musgo irlandés. Personalmente lo uso cuando preparo el estilo para ayudar a extraer proteínas que de otro modo se asentaría y para ayudar en la creación de grandes grupos de ruptura en caliente que se caen en el hervidor permitiendo que la cerveza más clara ingrese al fermentador. En la escala comercial, esto es bueno porque es menos sucio pasar por el intercambiador de calor.

Agregar musgo irlandés no solo puede ayudar a que la cerveza se parezca menos a salsa, sino que también puede ayudar a reducir la dureza que pueden provocar las reacciones excesivas de proteínas y polifenoles. Me gustaría ver que se realicen pruebas para medir el impacto de las reacciones de proteínas y polifenoles con y sin el uso de un agente clarificante como el musgo irlandés en el hervidor. Por lo menos, si sus cervezas se encuentran con astringentes, parece una buena idea usar un agente de caldera.

¿Qué pasa con otros tipos de agentes de clarificación, como el impacto potencial de la gelatina y Biofine Clear (una alternativa vegana) en los Hazy IPA's? Sorprendentemente para algunos, usamos Biofine Clear en Sapwood Cellars en algunas de nuestras cervezas turbias, especialmente algunas que planeamos enlatar. En nuestra experiencia, Biofine Clear no afecta sustancialmente la claridad y podría ayudar a acelerar el tiempo en que la cerveza alcanza su punto máximo. En otras palabras, los clarificadores podrían ayudar a dejar caer algunas de las partículas en la cerveza que, de lo contrario, tardarían varios días en caer. Me gustaría ver pruebas de laboratorio en esta área, pero dado que filtrar cerveza tuvo un mayor impacto en la eliminación de

hidrocarburos (los compuestos más leñosos y resinosos) y menos en los alcoholes monoterpenos fruiter, me pregunto si los agentes clarificadores podrían tener un efecto Resultado similar.

LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP
LIBRERO HOP

Resultados clave

- El contenido de proteína puede disminuir durante la fermentación, probablemente degradado proteolíticamente por levadura o precipitándose con la suspensión de levadura. Por lo tanto, el dry hopping temprano en la fermentación podría generar más turbidez a través de las interacciones de proteínas y polifenoles.
- El dry hopping temprano en la fermentación, cuando el pH aún es alto (como el dry hopping en días de preparación) también puede aumentar ligeramente la turbidez porque a menor pH, se formará menos turbidez a partir de las reacciones de proteínas y polifenoles.
- Las cervezas de lupulada ABV más altas también pueden ser más peligrosas porque se ha demostrado que el etanol disminuye la precipitación de proteínas y polifenoles.
- Debido a la mayor actividad proteolítica en la malta (descomposición de las proteínas durante el malteado), las proteínas se degradan, lo que conduce a proteínas más pequeñas. Estos más pequeños que más tienen más probabilidades de permanecer en suspensión y estar disponibles para los polifenoles para formar turbidez. Los granos malteados pueden aumentar las interacciones de proteínas y polifenoles y los no malteados pueden reducir la interacción.

- La descomposición de las proteínas de almacenamiento en aminoácidos durante el proceso de malteado aumenta la posibilidad de turbidez porque estos nuevos aminoácidos son capaces de unirse a los polifenoles.
- En general, los lúpulos altos en alfa-ácidos son más bajos en contenido total de polifenoles. Del mismo modo, los lúpulos bajos en alfa-ácidos son generalmente más altos en contenido de polifenoles totales.

Capítulo 14: Estabilidad en Hazy IPAs

La elaboración de Hazy IPAs puede venir con sus desafíos, el principal es la estabilidad. He tenido problemas con las Hazy IPAs que se oxidan muy rápido, un problema común para muchos. Una pequeña cantidad de oxígeno que llega a una lata o barril puede causar oscurecimiento del color y cambios drásticos en el aroma y el sabor en cuestión de días. Este capítulo analiza las posibles razones por las que los Hazy IPA's son más susceptibles al oxígeno y los posibles métodos para mejorar la estabilidad en el estilo.

Oxidación de cerveza

El oxígeno es bien conocido como el principal enemigo de la cerveza fresca y deliciosa con lúpulo, por lo que los cerveceros harán todo lo posible para evitar cualquier recolección durante sus procesos. El oxígeno debe convertirse a una forma activada por radicales antes de que pueda reaccionar con otros compuestos en la cerveza. Esta activación puede ser causada por metales presentes en la cerveza, como el hierro o el cobre. [\[319\]](#)

Uno de los antioxidantes principales en la cerveza es el sulfito (dióxido de azufre), que es producido por la levadura durante la fermentación a partir de la reducción de sulfato en agua y material de molienda. El sulfito actúa como antioxidante por su capacidad para eliminar o eliminar las especies reactivas de oxígeno H₂O₂ (peróxido de hidrógeno). [\[320\]](#) El nivel recomendado para la estabilidad del sabor en la cerveza es de aproximadamente 8 a 9 mg/L. Los niveles de dióxido de azufre pueden aumentar en la cerveza cuando la fermentación se realiza a un pH de mosto alto, oxigenación de mosto baja y tasas bajas de inoculación de levadura. [\[321\]](#) El dióxido de azufre también se puede agregar a la cerveza indirectamente cuando se usa isinglass como agente clarificador porque se usa como conservante en el proceso de producción. [\[322\]](#)

Si el hierro o el cobre están presentes en pequeñas cantidades en la cerveza (para niveles de cobre tan bajos como 50 ppb pueden causar problemas), puede atrapar el oxígeno introducido durante la preparación y el envasado. Esto puede conducir a la formación inicial de peróxido de hidrógeno, que luego puede iniciar la oxidación del etanol (radical 1-hidroxietilo). Los sulfitos pueden intervenir y ayudar a retrasar la oxidación al ser

consumidos a través de la interacción con el peróxido de hidrógeno. Cuanto más se agota el nivel de sulfito, es probable que haya más iones de hierro y cobre en la cerveza. [\[323\]](#)

La tasa de envejecimiento de la cerveza aumenta significativamente con el cobre, incluso más que con el hierro, ya que el hierro es menos reactivo en la cerveza. El cobre puede unirse fuertemente a proteínas, aminoácidos y polifenoles, por lo que evitar el cobre tanto como sea posible parece una buena idea, especialmente en Hazy IPAs donde las proteínas y los polifenoles están en niveles tan altos. [\[324\]](#) Las cervezas muy pálidas (aquellas elaboradas sin maltas especiales, como muchos Hazy IPA's) se cambian aún más fácilmente por oxidación, ya que las notas de envejecimiento (sabor a cartón) se liberan durante el almacenamiento tienen promedios de sabor muy bajos.

Tioles derivados de proteínas

Otra vía de protección contra la oxidación puede venir de los tioles derivados de proteínas que actúan como antioxidantes al extinguir el radical 1-hidroxietilo, que se acumula durante el envejecimiento.

Los tioles de las maltas son una variable que a menudo se pasa por alto al elaborar recetas. En el Capítulo 11, analizo cómo existe cierto potencial para los tioles con sabor a frutas como 3MH (naranja) provenientes de la malta que se puede convertir con la cepa de levadura adecuada a 3MHA (maracuyá). Además del impacto del sabor de los tioles derivados de la malta, también parece haber un beneficio de estabilidad para ellos.

¿Cómo podrían los grupos de proteínas tiol servir como antioxidantes? Me referiré a la explicación de Marianne Lund y Mogens Anderson en su artículo titulado, *Detección de grupos tiol en la cerveza y su correlación con la estabilidad oxidativa*.

Se cree que los grupos de proteína tiol reaccionan con H₂O₂, causando la formación de ácidos sulfénicos de proteína que pueden reaccionar aún más con otros grupos de tiol de proteína o pequeños tioles para formar disulfuros mixtos. Los disulfuros mixtos pueden reducirse ya sea por el sulfito mismo u otros compuestos reductores, lo que resulta en la regeneración de los grupos tiol y tiosulfatos de proteínas originales que finalmente pueden convertirse en sulfatos. Los grupos tiol regenerados pueden participar en los nuevos ciclos de reacción con H₂O₂ y, en su conjunto, actuar como un catalizador para la eliminación de peróxido de hidrógeno por sulfito.

Los sulfitos son el antioxidante principal en la cerveza, y estos tioles derivados de proteínas actúan como un antioxidante secundario para fomentar la estabilidad redox (oxidación). Es difícil saber el contenido total de tiol en sus maltas, pero se ha descubierto que el contenido reducido y total de tiol en la cerveza estaba altamente correlacionado con el contenido total de proteínas. Sin embargo, puede que no sea tan simple como aumentar el contenido total de proteínas, ya que no todas las proteínas tienen las mismas capacidades antioxidantes.

Esta idea de aumentar o promover proteínas en el producto terminado va en contra de la sabiduría Traditional en la estabilidad de la cerveza. Sin embargo, un artículo de 2013 sugiere que a pesar de que las proteínas interactúan con los polifenoles y causan turbidez en la cerveza, los cerveceros pueden querer apuntar a un mayor contenido de proteínas para mejorar la estabilidad oxidativa. La idea, por supuesto, es que a mayor cantidad de tioles derivados de proteínas en la cerveza, mejor estabilidad. [\[325\]](#) Pero, no son solo las proteínas, sino las maltas que tienen un alto contenido de tioles derivados de proteínas lo que ayudará con la vida útil.

Mirando a través de la investigación sobre cómo aumentar los tioles derivados de proteínas en cervezas turbias y lupuladas para ayudar con la estabilidad, me condujo a la proteína de transferencia de lípidos, LTP1. A menudo estudiada por su papel positivo en la retención de espuma, la proteína LTP1 se destacó como un posible candidato para desempeñar un papel en la inhibición de las reacciones oxidativas en la cerveza, en parte debido a su capacidad para resistir diversas condiciones de preparación porque es estable y puede resistir la ebullición del mosto y fermentación. [\[326\]](#)

Para probar las propiedades antioxidantes de la proteína LTP1 estable, un artículo experimentó con tres cervezas lager australianas, una fresca fuera de la línea de producción ("fresca"), una envejecida durante 12 semanas a 86°F (30°C) ("envejecida") y otro por cinco años a 68°F (20°C) ("vintage"). Los autores encontraron que las características de la cerveza australiana se mantuvieron en las cervezas frescas y vintage, pero se perdieron en la cerveza envejecida. Luego se descubrió que la estabilidad del sabor de las cervezas frescas y vintage estaba correlacionada con la presencia de la proteína LTP1. Esencialmente, los autores concluyeron que la presencia de LTP1 rico en tiol indica que la proteína puede desempeñar un papel destacado en el mantenimiento del equilibrio redox de la cerveza debido a su capacidad de eliminación de radicales libres y antioxidante tanto en la fermentación como en la cerveza envasada. ^[327]

Utilizando los resultados del estudio, puede defender las proteínas LTP1 en cervezas lúpuladas para tratar de lograr la estabilidad del sabor después del envasado.

Curiosamente, el papel de esta proteína en la promoción de la retención de espuma puede deberse en parte a que es rica en los mismos tioles libres que también podrían desempeñar un papel en la estabilidad de la cerveza. Estructuralmente, la proteína LTP1 consta de 8 residuos de cisteína, y es probable que este alto contenido de tiol cisteína en la proteína sea la base de sus efectos antioxidantes.

Por lo tanto, para aumentar los tioles derivados de proteínas para ayudar con la estabilidad, deberíamos usar granos altos en LTP1. Una forma potencial de hacer esto es elaborando cerveza con un alto porcentaje de granos submodificados. Al igual que la malta de chit o Carapils, ya que se descubrió que no es hasta que la proteína LTP1

sufre modificaciones durante el proceso de germinación, malta y elaboración de la cerveza, no tiene efectos positivos sobre la espuma de cerveza. [\[328\]](#) Aunque el estudio fue para espuma de cerveza, todavía estamos interesados en la proteína LTP1 para la estabilidad. Además, se ha descubierto que éstas disminuye en la concentración durante el malteado, lo que probablemente disminuye debido a las reacciones de Maillard que ocurren durante el horneado. [\[329\]](#)

Aunque hay una falta de literatura específica, tengo curiosidad por saber si los beneficios antioxidantes de LTP1 también podrían beneficiarse de las modificaciones de malta como las que se encuentran arriba con la retención de espuma. Si es así, sería interesante reunir partes de la investigación y especular que si la malta degrada las proteínas LTP1 (disminuyendo el potencial antioxidante), y puede ser necesaria la germinación para obtener los efectos beneficiosos de LTP1 (como con la retención de espuma), entonces Las maltas modificadas con muy poca malta pueden ser las principales fuentes de LTP1, ya que son un equilibrio de los dos enfoques.

Un ejemplo de la vida real de esta teoría es con una cerveza experimental que preparé (y discutí en el Capítulo 4) que consistía en un molido con 50% Briess Carapils (una malta poco modificada) y 50% de 2 hileras. Aunque no fue el foco del experimento, me sorprendió que esta cerveza fuera una de las Hazy IPAs más estables que había preparado. Se mantuvo constante durante la dispensación en el barril, pero lo que más me sorprendió fue que algunas botellas que llené del barril y guardé en el refrigerador durante cuatro meses todavía mostraban características similares a la cerveza fresca, excepto un aroma a lúpulo ligeramente menos audaz. Esta cerveza también carecía de avena en copos, lo que también puede ayudar a explicar la

estabilidad y se discute más adelante en este capítulo.

Esta cerveza experimental también puede haberse beneficiado en términos de estabilidad por la falta de trigo malteado. Un estudio que analizó macerados (mashes) que consisten en cebada 100% malteada, 100% trigo malteado o 50/50% de cebada / trigo encontró que con un grano más alto en malta de cebada, se transfirieron más proteínas positivas para espuma (LTP1) al mosto final. La mayor proporción de cervezas de trigo malteado tenía más fracciones de proteínas moleculares y de turbidez media, lo que se alinea con la investigación en el capítulo de turbidez con respecto al papel del trigo malteado y la mejora de la misma. [\[330\]](#)

Si la estabilidad es un problema en sus cervezas turbias, particularmente si también son muy astringentes, ya que provienen de proteínas que causan turbidez que interactúan con los polifenoles (probablemente también retengan más compuestos volátiles del lúpulo verde como el mirceno), puede valer la pena reducir la cantidad de malta trigo y su sustitución por un grano poco modificado. Esto puede ayudar a aumentar la LTP1 para la estabilidad (y la retención de espuma) y disminuir la interacción proteína polifenol.

Condiciones de maceración y tioles libres

Otra ruta potencial para aumentar el contenido de tiol libre en la cerveza es garantizar condiciones de maceración adecuadas. La enzima tiol oxidasa, contenida en la malta de cebada, se activa en presencia de oxígeno. Esto puede consumir tioles libres derivados de proteínas de la malta, que son beneficiosos para la estabilidad de la cerveza. En otras palabras, el oxígeno introducido durante el macerado podría aumentar potencialmente la activación de la tiol oxidasa libre.

La tiol oxidasa es estable al calor, lo que significa que el calor no desactiva la enzima a temperaturas de maceración. Sin embargo, se ve afectado por los niveles de pH y el almacenamiento de malta. Cuanto más alto es el pH, más activo. Se reduce significativamente cuando el pH está por debajo de 6.0, pero cuanto más bajo, mejor. Incluso a temperaturas normales de maceración de alrededor 5.4, todavía muestra alguna actividad. En cuanto al almacenamiento de malta, cuanto más tiempo se almacena, menor es la actividad enzimática. Sin embargo, no requiere mucho almacenamiento. Después de solo un mes, la actividad de la tiol oxidasa podría eliminarse virtualmente. [\[331\]](#)

Para la mayoría de los cerveceros, la tiol oxidasa no debería ser una gran preocupación, simplemente por el hecho de que para cuando obtengamos la malta, es probable que haya envejecido lo suficiente como para eliminar la enzima. Sin embargo, para aquellos que usan maltas frescas, bajar el pH del macerado y evitar el consumo de oxígeno durante el macerado son buenas opciones para mantener la mayor cantidad de tioles libres beneficiosos en la cerveza.

Maltas de cristal y estabilidad

Otro factor potencial para aumentar la vida útil de las cervezas lupuladas es evitar el uso de maltas de caramelo como un gran porcentaje de la molienda. La adición de tales maltas reduce la estabilidad oxidativa de la cerveza. La oxidación por maltas de caramelo se debe a que los compuestos de Maillard en maltas de cristal son productos caramelizados que aceleran la oxidación catalizada por metales.^[332] Cualquier oxígeno disponible en la cerveza reaccionaría más rápido con cualquier rastro de metales en la cerveza, como el hierro o el cobre.

Evitar las maltas de caramelo en las cervezas de lupulada también puede ser ideal si tienes miedo de los sabores de maltas fuertes y dulces que compiten con los compuestos de lúpulo a medida que la cerveza envejece. Además, las cervezas turbias y lupuladas hechas con mucha malta cristalina a veces pueden parecer agua de trastes sucia. Sin embargo, muchas cervecerías profesionales están haciendo excelentes Hazy IPAs con un toque de malta cristalina y no tienen problemas de estabilidad acelerada. Probablemente sea mejor experimentar con 5% o menos en el grano para obtener un toque de carácter de malta dulce para jugar con sabores frutales de lúpulo.

Manganoso y Estabilidad

Cuando se trata de iones de metales de transición y su impacto en la oxidación de la cerveza, la atención se centra principalmente en el hierro y el cobre. Pero al igual que esos, el manganoso también puede promover el envejecimiento de la cerveza al convertir el oxígeno del estado fundamental en especies reactivas de oxígeno (ROS).

Un estudio que analizó las reacciones de los metales durante todo el proceso de preparación dosificó el mosto con cobre, hierro o manganoso. El cobre se redujo principalmente durante la ebullición del mosto y se perdió en el trub (lo que queda después de la ebullición). La fermentación tuvo un impacto significativo en las concentraciones de hierro, eliminando la mayor parte de la adición a los niveles observados en la cerveza de control, que no tenía hierro agregado. Al igual que el hierro, la fermentación redujo la mayor parte del cobre, pero no tanto como con el hierro. La concentración final fue una cuarta parte de la cantidad total de cobre agregado (sin embargo, se eliminará más cobre antes de la fermentación). El manganoso, por otro lado, dio como resultado que casi la mitad de la cantidad agregada aún sea detectable después de la fermentación. En otras palabras, a diferencia del cobre y el hierro, el manganoso se adhiere mejor después de la fermentación.

Después de envejecer las cervezas con adiciones de metales añadidas durante un mes a 82°F (28°C), tanto las cervezas de hierro como las de cobre tenían una estabilidad de sabor similar a la cerveza de control sin minerales añadidos. La cerveza con manganoso agregado tenía un deterioro acelerado con un aroma de jerez

prominente después del mismo período de almacenamiento. [\[333\]](#)

Otro artículo que analizó las concentraciones de metales en la cerveza después de la fermentación confirmó que tanto el hierro como el cobre se reducen significativamente en la cerveza durante las fermentaciones de cebada. Sin embargo, nuevamente, el manganeso se encontró en cantidades detectables después de la fermentación y se incrementó con cada nueva concentración de levadura. Cada vez que la levadura se cosecha y se lanza a otra cerveza, consume menos contenido de manganeso, lo que también es cierto con el hierro y el cobre. Además, por lo que vale, el estudio encontró que el trigo sarraceno malteado y la quinoa tenían concentraciones mucho más altas de manganeso que la cebada y, posteriormente, tenían mayores cantidades en la cerveza final. [\[334\]](#)

¿Cuánto manganeso hay típicamente en la cerveza? Un estudio que analizó las concentraciones de manganeso en quince cervezas comerciales diferentes encontró niveles relativamente bajos para la mayoría de los estilos, pero los estilos de dry hop tenían niveles más altos. [\[335\]](#) Por ejemplo, un IPA imperial tenía 0,21 ppm de manganeso y dos cervezas pálidas diferentes tenían 0,23 ppm y 0,15 ppm, en comparación con una cerveza ligera estadounidense con 0,05 ppm.

Debido a que las cervezas con adiciones de dry hop tenían una mayor concentración de manganeso, el papel luego observó el contenido de manganeso en el lúpulo ellos mismos y descubrieron que contienen una gran cantidad de manganeso. De los lúpulos probados, Columbus tenía casi el doble de la cantidad que los demás. Pacific Jade y Galaxy tenían dos de los niveles más bajos de manganeso.

Lúpulo	Manganeso (ppm)
Columbus	101,9
Cluster	61,6
Fuggle	59
Cascade	56,3
Centennial	55,9
Tettnang	54,9
Citra	54,5
Saaz	54,2
Mosaic	52
Pacífic Jade	38,1
Galaxy	33,1

También parece que la duración del dry hopping puede afectar las concentraciones de manganeso. El mismo estudio midió el nivel de manganeso en cervezas en el transcurso de un dry hop de quince días y descubrió que los niveles de manganeso alcanzan su punto máximo después de unos cinco a siete días. Curiosamente, cuanto más cálida es la temperatura del dry hop, más se recoge el manganeso en la cerveza. La prueba mostró que el dry hopping a 68°F (20°C) tenía 0,10 mg/L más de manganeso que la cerveza seca en frío a 38°F (3°C).

Los autores llevaron el estudio un paso más allá y descubrieron que de los metales que pueden causar problemas de oxidación (hierro, cobre y manganeso) había proporcionalmente más lixiviación de manganeso en la cerveza a través del dry hopping que los otros metales

problemáticos. Por ejemplo, el hierro tenía niveles mucho más altos en los pellets de lúpulo, pero después del dry hopping se midió en concentraciones más bajas que el manganeso. Es sorprendente que después del dry hopping, el estudio descubrió que los tres metales estaban en niveles lo suficientemente altos como para causar estancamiento a través de las especies reactivas de oxígeno (ROS), pero esto fue especialmente cierto para el manganeso.

Por lo tanto, el dry hopping puede impartir metales problemáticos en la cerveza, lo que puede acelerar el envejecimiento de las cervezas, pero es el manganeso en el lúpulo el que es más eficiente en la extracción, especialmente cuanto más larga y caliente sea la duración del dry hopping. Aunque todavía no tenemos una lista exhaustiva, ciertas variedades como Columbus también pueden causar un estancamiento ligeramente más rápido debido a los niveles más altos de manganeso y podrían eliminarse del dry hopping si tiene problemas de oxidación.

Las maltas son otra fuente potencial de manganeso y también se probaron en el estudio anterior. En general, los granos malteados tienen mucho menos manganeso que el lúpulo, y la mayoría de las maltas analizadas promediaron alrededor de 15 ppm (en comparación con alrededor de 50 ppm en la mayoría de las variedades de lúpulo). Curiosamente, los granos que mostraron el mayor potencial de manganeso fueron la avena en copos, que tenía más de tres veces la cantidad en comparación con una variedad pálida de 2 hileras. Otra malta que tenía un contenido de manganeso ligeramente mayor que el promedio fue el trigo malteado con 18 ppm.

Profundizando un poco más en las posibles fuentes del manganeso metálico prooxidativo, encontré un artículo

que analiza el manganeso en lo que respecta a la salud de la levadura. Los autores encontraron que la cebada no malteada tiene 40% más niveles de manganeso que la cebada malteada. La disminución del manganeso en la cebada malteada probablemente se deba a pérdidas de metal en las "raíces y brotes descartados después de la malta". Si estas pérdidas de manganeso son causadas por los procesos de malteado en sí, probablemente sea seguro asumir que la mayoría de las versiones malteadas de un grano contendrán menos manganeso que una versión en copos. Por ejemplo, el trigo en hojuelas o trigo trigo espelta (o incluso la harina) en macerados probablemente aumentaría el contenido de manganeso en la cerveza. Recuerde, es mucho más probable que el manganeso por ingredientes permanezca durante los procesos de elaboración en comparación con otros metales.

¿Entonces, qué significa todo esto? La receta típica para una cerveza turbia y lupulada a menudo tiene un alto porcentaje de avena en copos (20% +), trigo malteado u otros granos no malteados, y un elevado dry hop. Parece que el estilo Hazy IPA's está destinado no solo a producir bombas de lúpulo, sino también a bombas de manganeso, lo que puede ayudar a explicar por qué el estilo es tan sensible al oxígeno y puede tener una vida útil corta con la introducción (incluso a niveles bajos) de oxígeno en el envase.

Para probar y testear la investigación, decidí preparar una cerveza turbia y lupulada con alto contenido de manganeso y ver qué tan rápido podría oxidarse, porque no hay nada más que me guste que 5 galones de NEIPA oxidada de barril. Luego enviaría la cerveza a un laboratorio para analizar las concentraciones de metales. Para hacer esto, elegí un grano de 20% de avena

en hojuelas, 20% de harina de trigo germinada y 40% de 2 hileras. Esta molienda debe tener un alto potencial para el manganeso, ya que el 40% de la factura consiste en granos no malteados, de los cuales la avena tiene un alto contenido de manganeso y escanda, que tiene más del doble que la cebada. [\[336\]](#) Debido a que el manganeso se puede extraer del lúpulo durante el dry hopping, salté en seco 5 galones de cerveza con 6 onzas de lúpulo, lo que debería filtrar más manganeso en la cerveza.

Para minimizar la introducción de oxígeno en el experimento, la cerveza fermentó en un barril y se transfirió a un barril de purga a través de CO2. El barril de servir pasó 24 horas a temperatura ambiente, luego entró en el refrigerador donde permaneció frío a 40°F (4°C). Después de solo tres semanas en el keezer, la cerveza ya estaba mostrando signos notables de oxidación, volviendo algunos tonos más oscuros.

Envié una muestra de la cerveza a Ward Labs para analizar las concentraciones totales de metales para ver cómo la combinación de harina de trigo espelta no malteada, avena en copos y dry hoppesados desempeñaba un papel. ¡El contenido de manganeso estaba por las nubes! A continuación se muestran mis resultados en comparación con una muestra de cervezas comerciales de lúpulo mencionadas anteriormente en el capítulo. Como puede ver en los resultados, mi cerveza oxidada tenía significativamente más manganeso, aproximadamente un aumento de 3.35 veces en comparación con la cerveza comercial más probada.

Cerveza	Resultado (ppm)
My Hazy IPA	1.0
Comercial Pale Ale	0.23
IPA imperial comercial	21
IPA	0,11

Según la investigación, parece lógico concluir que el contenido de manganeso en mi cerveza oxidada probablemente jugó un papel importante en su desaparición temprana. Si tiene problemas con las cervezas turbias y lupuladas que se oxidan rápidamente, tiene sentido experimentar con formas de reducir el contenido de manganeso en su cerveza, además de evitar el oxígeno en cada etapa posterior a la levadura.

Una forma potencial de reducir el contenido de manganeso es evitar el uso de granos con alto contenido del mismo en la molienda, como avena en copos e incluso granos no malteados, ya que el proceso de malteado puede reducir el contenido. En Sapwood Cellars, dudamos en usar avena en hojuelas en las cervezas que serán enlatadas, optando a menudo por avena malteada donde el nivel de manganeso debería ser menor. Las duraciones cortas del dry hop a temperaturas más bajas también pueden ayudar a evitar la extracción máxima (así como a reducir la posibilidad de que el lúpulo se arrastre).

También envié una muestra de esta cerveza al Oregon Brew Lab para analizar el contenido total de proteínas a través del método ASBC Beer-11C. Aunque esta prueba no diferencia entre los tipos de proteínas en la cerveza (para conocer con precisión la concentración de LTP1), sí da una cantidad total en gramos por 12 onzas. También envié una muestra de una Hazy IPA que tenía en el barril que no se había oxidado rápidamente y que estaba hecho con un molido diferente de todas las maltas de 2 hileras y malta Chit, que deberían ser más altas en la proteína LTP1 debido a la menor modificación del proceso de malteado. Debajo están los resultados.

Receta oxidada de NEIPA Grist:

60% 2 hileras
19% de avena en hojuelas
19% de harina de trigo espelta germinada
Malta malteada al 2%
(ajuste de pH) Proteínas
medidas en cerveza
terminada: 1.5 g / 12oz

NEIPA no oxidado Grist:

62.5% 2 hileras
35,5% de malta
2.0% de malta acidulada
(ajuste de pH) Proteínas
medidas en cerveza
terminada: 2.2 g / 12oz

Como puede ver en los resultados, la cerveza que se oxidó en tres semanas tenía aproximadamente un 47% menos de proteína total que la Hazy IPA que no se oxidaba. Aunque, para ser justos, el experimento no fue exactamente un verdadero lado a lado. La cerveza oxidada era una cerveza ligeramente más pequeña con 3.2 libras menos de granos en el macerado. Sin embargo, esto es solo aproximadamente un 12% menos de grano total en comparación con el aumento del 47% en las proteínas totales.

Estos resultados también son interesantes teniendo en cuenta que la cerveza no oxidada se hizo con solo 2 hileras y con malta de chit modificada y resultó en un mayor contenido de proteína total, a pesar de que la avena y el trigo trigo espelta tienen más proteína que la cebada. Esto se alinearía con la investigación discutida en el Capítulo 5 del sabor que muestra que las proteínas de gluten no malteadas son más pesadas en peso molecular porque no se degradan durante el macerado y tienen más probabilidades de caerse. Por lo tanto, no solo se debe considerar la cantidad de proteína al elaborar recetas, sino el tipo de proteína.

Tiempo de lúpulo en caliente

A menudo se discute en los círculos de elaboración de la cerveza si el lúpulo de macerado (agregar lúpulo al macerado) o en first wort hop (agregar lúpulo antes llenar la olla de hervor con mosto) es beneficioso. Algunos cerveceros argumentan que es un desperdicio de lúpulo, otros afirman que el nivel de amargor es más suave o menos intenso. Me mantendré al margen de ese debate, pero consideremos que la adición temprana en el mosto caliente es una forma potencial de aumentar la estabilidad oxidativa de la cerveza (y aumentar el olor de su cervecería durante el macerado).

Un estudio publicado en 2016 examinó el impacto de diferentes tiempos de lúpulo en los iones de hierro prooxidativos y, en última instancia, en la estabilidad oxidativa de la cerveza. En el estudio, se elaboraron cinco cervezas diferentes y se diseñaron para tener un amargor idéntico al extracto de lúpulo Hallertauer Magnum C02 (ácido). A continuación se muestra cuándo se dosificaron las cervezas con el extracto de lúpulo diferente para obtener el mismo nivel de amargor:

Cerveza de referencia: solo inicio del hervor

Mash Hop Beer - mash-in y al comienzo del hervor

Cerveza de lupulada dividida: inicio de ebullición, 30 minutos, final de ebullición e whirlpool

Primera cerveza de mosto: primer mosto, 30 minutos y final de la ebullición

Dosificación continua de lúpulo Cerveza: inicio del hervor, intervalos de cinco minutos a partir de los 30 minutos

La prueba mostró que las concentraciones de hierro de la cerveza estaban "claramente afectadas" por la dosis de lúpulo. Específicamente, la cerveza de lupulada de macerado, la cerveza de dosificación de lúpulo dividido y la cerveza de dosificación de lúpulo continuo produjeron las concentraciones de hierro más bajas. La cerveza de referencia, que solo tenía los ácidos a agregados, condujo al nivel más alto de hierro. Las cervezas con adiciones más frecuentes habían reducido los contenidos de hierro de hasta $\sim 30\%$ y mejorado la estabilidad oxidativa en comparación con la cerveza de referencia. [\[337\]](#)

La eliminación de iones metálicos prooxidativos en estas primeras etapas a través del lúpulo podría ser una forma de evitar una oxidación más rápida más adelante. Los autores del estudio sugieren que los alfa-ácidos en el lúpulo pueden disminuir las reacciones oxidativas durante la ebullición del mosto y en la cerveza. El lúpulo también puede reaccionar con intermedios en la reacción de Maillard o bloquear o inhibir las vías oxidativas de la reacción de Maillard. Dado que las maltas especiales como el cristal tienen reacciones de acción prooxidativa, la aplicación de macerado puede ser particularmente útil cuando se incorporan a la molienda. Por lo tanto, el uso de pequeñas cantidades de lúpulo en el macerado y temprano en la ebullición puede ayudar a la estabilidad.

Un estudio que analiza directamente los ácidos del lúpulo y su capacidad para formar iones metálicos complejos nos ayuda a comprender por qué la estratificación del lúpulo es beneficiosa para promover la estabilidad de la cerveza. En el estudio, los ácidos del lúpulo (alfa-ácidos, ácidos β e iso-alfa-ácidos, y la mezcla de ácido del lúpulo) se incubaron con varios iones metálicos (hierro, cobre, calcio, magnesio, manganeso y

zinc) y se analizaron en busca de cambios en las concentraciones. Los resultados mostraron que la adición de ácidos de lúpulo era capaz de formar complejos de iones metálicos de hierro y cobre, que son problemáticos para acelerar la oxidación en la cerveza. Los ácidos del lúpulo no tuvieron mucho efecto sobre los otros cuatro metales. En cuanto a los diferentes ácidos del lúpulo, los alfa-ácidos tuvieron un impacto más positivo que los β -ácidos y los iso-alfa-ácidos, pero la mezcla de todos ellos fue la más efectiva.

Otra variable probada es cómo los niveles de pH pueden afectar la capacidad de los ácidos del lúpulo en metales complejos. Los autores descubrieron que cuanto más alto era el pH, más eficientes eran los ácidos del lúpulo para formar complejos de hierro y cobre (reduciendo los metales problemáticos en la cerveza terminada, lo que debería mejorar la estabilidad). Los niveles de pH probados fueron 4.3, 5.2 y 5.7 para imitar los niveles de macerado de cerveza y los niveles finales de cerveza, siendo 4.3 un pH final común de cerveza. La efectividad de un pH más alto es probablemente una razón por la cual se descubrió que el lúpulo de macerado es ideal en el estudio anterior para promover la estabilidad de la cerveza. Cuando se agregan lúpulos al macerado (que está en un nivel de pH más alto por encima de 5.0), la introducción de alfa-ácidos es más efectiva en la formación de complejos de los iones de hierro y cobre que se eliminarían más adelante en el proceso de elaboración de la cerveza a medida que los niveles de pH caen hervir y durante la fermentación. Como ejemplo de cómo el lúpulo puede formar complejos de iones metálicos, se descubrió que los alfa-ácidos de lúpulo son capaces de formar complejos cerca del 85% del cobre disponible a un pH de 5,7. [\[338\]](#)

Cuando se agregan lúpulos al macerado, se produce muy poca isomerización (aunque los alfa-ácidos introducidos se isomerizarán durante la ebullición). Esto permite que los alfa-ácidos actúen sobre los iones metálicos, luego una adición de adición en el hervido* también puede introducir más alfa-ácidos, que lentamente comenzarán a isomerizarse a medida que el mosto hierva. Agregar lúpulos de macerado antes de ajustar el pH puede aumentar aún más la formación de complejos de metales ya que el pH es más alto.

Me puse en contacto con el autor, PC Wietstock en la Technische Universität Berlin, para saber cómo se aplicaría la investigación a las cervezas turbias y lupuladas donde se usan pocos lúpulos amargos. Para aumentar la estabilidad del sabor, Wietstock sugirió dosificar el lúpulo temprano en el proceso de elaboración, incluso cuando solo se usan pequeñas porciones para mantener baja la amargura. Para una cerveza con sabor a lúpulo, esto podría significar dividir la porción amarga de los lúpulos y colocarlos en la cerveza. Por ejemplo, una pequeña porción en el macerado, nuevamente en adición en el hervido*, y en capas durante todo el hervor.

También le pregunté a Wietstock sobre la alta concentración de manganeso en la avena y si las adiciones tempranas del lúpulo podrían ayudar con cualquier problema de oxidación del elemento mineral. No tenía conocimiento de los datos que sugerían que los alfa-ácidos del lúpulo reaccionarían con el manganeso, pero también son capaces de extinguir los radicales orgánicos, que se forman como productos de seguimiento de las reacciones radicales que pueden surgir de los metales de transición como el manganeso. Aunque puede ser una buena idea agregar adiciones tempranas de lúpulo, puede ser aún más beneficioso al preparar una cerveza con

avena.

Por lo tanto, las adiciones de lúpulo en capas se pueden usar como una herramienta en la elaboración de la cerveza para reducir la cantidad de metales en la cerveza que pueden causar oxidación, principalmente por la introducción de oxígeno durante la preparación, como durante las transferencias, el dry hopping y el envasado. Esto puede ser especialmente importante para los cerveceros caseros donde los efectos negativos de la introducción de oxígeno se magnifican en comparación con los grandes cerveceros comerciales (pequeñas cantidades de oxígeno se diluyen en un lote de 5 bbl en comparación con un lote de 5 galones, por ejemplo).

Experimento de cobre y alfa-ácidos

Mientras investigaba sobre los alfa-ácidos y su capacidad para formar iones metálicos complejos, estaba bebiendo un melocotón agrio fermentado en casa hecho con un alto porcentaje de quinoa en copos. Mis notas de cata describen que la cerveza tiene un fuerte sabor a cobre como centavo. Eso causó sospechas sobre los niveles de cobre en la cerveza, y lo envié a Ward Laboratories, Inc. para que analizara las concentraciones de metales. Debajo están los resultados.

Metal	Concentración (ppm)
Hierro	0,57
Cobre	4.96
Manganoso	0,55

Por amor al cobre, esta cerveza se probó extremadamente alta a 4,96 ppm, lo que claramente es algo malo en términos de sabor y estabilidad. Los cerveceros quieren niveles de cobre extremadamente bajos en la cerveza terminada para evitar un sabor metálico y evitar la rápida oxidación de la cerveza. El nivel recomendado de cobre en el mosto es <0.25 ppm. [\[339\]](#) En comparación con un Hazy IPA, también había probado con solo 0.26 ppm de cobre; puedes ver qué tan alta es esta cerveza en cobre.

¿De dónde viene el cobre? Al observar un estudio de cervezas hechas con quinoa 100% malteada o cebada, se descubrió que los niveles de cobre eran sustancialmente más altos en las cervezas de quinoa. La cerveza de cebada malteada midió solo 0.018 mg/L de cobre en una cerveza fresca, mientras que la cerveza de quinoa midió 0.075 mg/L, que es aproximadamente cuatro veces la cantidad

encontrada en la cerveza de cebada. [\[340\]](#)

Otro factor potencial a tener en cuenta cuando se elabora cerveza con quinoa es que la repulsión de la levadura utilizada para fermentar mosto con alto contenido de quinoa puede conducir a una mayor cantidad de cobre en la cerveza. Generalmente, en fermentaciones de cebada 100%, la absorción de cobre esencialmente lo elimina del mosto. Con la quinoa, los niveles más altos presentes en el grano dejan más después de la fermentación. Cuando se estudió la reposición de mosto de quinoa, con cada fermentación sucesiva, disminuyó la absorción de iones metálicos como el cobre. [\[341\]](#)

Es probable que parte del cobre en esta cerveza provenga del uso de un gran porcentaje de quinoa en copos. Sin embargo, según la investigación, parece muy poco probable que todas las 4,96 ppm fueran culpa de la quinoa. ¿De dónde podría venir todo el cobre? Tiene sentido mirar a continuación los duraznos, los otros ingredientes no tradicionales en la cerveza.

Las plantas de frutas y vegetales pueden absorber metales pesados al absorberlos de depósitos en el aire, a través de suelos ricos en metales a través de los sistemas de raíces, y por el agua utilizada durante toda la vida de la planta. [\[342\]](#) Entonces, ¿parece posible que se haya producido alguna recolección de cobre, pero suficiente para explicar la cantidad masiva en esta cerveza? Sin saber nada sobre el cultivo de duraznos, comencé a investigar varios tratamientos utilizados para controlar enfermedades cuando me topé con un artículo titulado "Enfermedad de durazno: diferenciación de manchas bacterianas de lesiones de cobre" en el sitio web de Penn State Extension.

El artículo fue escrito por Kari Peter, profesora asistente de patología de la fruta del árbol, que tiene

experiencia en diversas enfermedades de la fruta. Peter escribe que el cobre matará hongos y bacterias, y cuando se rocía una solución de cobre sobre los duraznos, los iones de cobre se liberan gradualmente de los depósitos cada vez que la superficie de la planta se moja con la lluvia. Esta liberación gradual de cobre protege contra los patógenos de las plantas y actúa como un tratamiento fumigante / bactericida.

Me puse en contacto con Peter y le expliqué que estaba tratando de averiguar la fuente del alto contenido de cobre en una cerveza que tenía contacto con 11 libras de duraznos. Tenía curiosidad si era plausible que el tratamiento de los árboles con una solución de cobre para la prevención de enfermedades pudiera ser una fuente importante del metal. Ella dijo que existe una alta probabilidad de que el cobre provenga de los duraznos, pero la variedad del durazno juega un papel tan importante como la región en la que se cultiva.

Ella continuó explicando que la mancha bacteriana es una enfermedad problemática para los productores de duraznos de la costa este y que no hay muchas opciones de control, por lo que el cobre se usa a menudo porque es el más efectivo para controlar la enfermedad. Tanto los melocotones como yo estamos en la costa este, por lo que parece que estamos en algo.

Como mis duraznos eran orgánicos, supuse que todo esto podría no importar. Estaba equivocado. Resulta que el tratamiento con cobre es la opción natural para mucha prevención de enfermedades. Para evitar el problema, Peter recomienda usar duraznos que son más resistentes a las manchas bacterianas. Debido a la genética de tales variedades, requieren menos tratamientos de cobre.

Ok, lo suficiente sobre los duraznos, ¿verdad? Llevando todo esto de vuelta al importante papel que pueden desempeñar los ácidos del lúpulo en la complejidad de metales problemáticos como el cobre, pensé que esta era la oportunidad perfecta para probar la investigación. Quería buscar una cerveza extremadamente alta en cobre, que debería extraer los alfa-ácidos en la cerveza y potencialmente complejear parte del cobre.

Primero embotellé un puñado de cervezas pre- dry hop para luego compararlas con la versión de dry hop. Hay algunas cosas a tener en cuenta al agregar dry hop con fines de alfa-ácidos en este momento de la vida de la cerveza. Por un lado, el bajo pH de la cerveza (3.4) afectará la solubilidad de los alfa-ácido, al igual que la más fría temperatura de servicio, que podría alterar la cantidad de formación compleja con cobre. Para tratar de fomentar la solubilidad de los alfa-ácidos, elegí devolver el barril a temperatura ambiente durante un dry hop prolongado de dos semanas. Primero purgué los lúpulos con CO2 y luego los agregué al barril en una bolsa de nylon de malla fina y purgué el barril para minimizar el oxígeno después de agregar los lúpulos.

Quería excederme en el contenido de alfa-ácidos para fines de experimentación, así que salté en seco con una onza de Citra Cryo Hops (AA% 24-26) a lo que quedaba del barril, que estimé en alrededor de 2 galones. Cryo es más alto en alfa-ácidos (aproximadamente pellets dobles), por lo que es como si saltara en seco a aproximadamente 1 onza por galón. ¡No es una locura, pero es más alto de lo que probablemente hubiera hecho con una cerveza que ya estaba fructificada en dos adiciones separadas!

Después de realizar un dry hopping durante dos semanas, volví a colocar el barril en el refrigerador durante otras dos semanas con el dry hop restantes en el

barril. Cuando llegó el momento de probar el sabor, no tuve problemas para identificar cada cerveza solo por el aroma, lo cual no es inesperado después de realizar un dry hopping con Citra. La cerveza con dry hop de Citra tenía un aroma más suave que era mucho más dulce. La cerveza de lupulada pre-seca tenía un borde más fuerte y funky que todavía tenía un aroma de cobre metálico, pero la fruta todavía se escondía debajo de todo.

La única forma de saber con certeza si los alfa-ácidos del dry hop redujeron los iones de cobre medibles fue enviar otra muestra de la versión de dry hop de la cerveza al laboratorio para realizar más pruebas. ¡Los resultados mostraron que los niveles de cobre se redujeron drásticamente, por debajo del nivel recomendado de <0.25 ppm para la cerveza! Esperaba ver una reducción en el cobre, especialmente después de probar la cerveza, pero no pensé que sería tan masivo. Pasar del nivel inicial de cobre de 4.96 ppm a 0.23 ppm es aproximadamente una reducción de 21 veces.

Tanto la literatura como mi propio experimento muestran que los ácidos del lúpulo pueden ayudar a reducir los metales problemáticos en la cerveza y, a su vez, mejorar la vida útil. Algo tan simple como el lúpulo en capas al principio de los procesos de elaboración de la cerveza puede tener un impacto positivo y parece que vale la pena experimentarlo.

Empaquetado y almacenamiento de cerveza lupulada

¿Qué impacto tiene el envejecimiento de la cerveza en sus cambios sensoriales? Dalgiesh estudió esto en detalle en 1977 y desarrolló una trama de los cambios a lo largo del tiempo. En general, a medida que la cerveza envejece, es probable que comience a percibir un sabor más dulce que aumente o desarrolle aromas a caramelo, azúcar quemada y caramelo.^[343] También es probable que la cerveza aumente a medida que envejece es un sabor a cartón, que Meilgaard encontró que aumenta constantemente hasta alcanzar un máximo y luego puede retroceder un toque.^[344] Otros factores también pueden desempeñar un papel importante en la forma en que una cerveza envejece, por ejemplo, si una cerveza está mal empacada o tiene una gran cantidad de espacio libre en la botella, se deteriorará rápidamente y puede ver un aumento en lo que se llama " sabor a costillas, que se describe como que tiene un olor a hojas de grosella negra.^[345]

La forma en que se almacena una cerveza después del envasado también juega un papel importante en lo bien que envejece. Cuanto más caliente se almacena una cerveza, más rápido disminuyen los sabores originales (especialmente con cervezas lupuladas) y aumentan otros sabores a cartón oxidado, ya que un estudio encontró que las cervezas lager almacenadas a 68°F (20°C) en comparación con 86°F (30°C) envejecido de manera diferente con una temperatura más cálida que aumenta el carácter de cartón de la cerveza.^[346] No solo se pueden desarrollar nuevos sabores oxidados en las cervezas, sino que las cualidades originales de una cerveza fresca pueden

disminuir con el tiempo. Por ejemplo, los ésteres frutales y florales deseables pueden disminuir en intensidad con el tiempo, lo que puede ser tan importante como el desarrollo de los sabores rancios previamente descritos. [\[347\]](#)

La intensidad del amargor y la calidad de la cerveza también pueden verse afectadas por el envejecimiento. Específicamente, un estudio de cinco cervezas comerciales diferentes se envejecieron en botellas marrones en condiciones oscuras durante un año a 68°F (20°C) y el resultado fue una degradación entre el 10-15% de las sustancias amargas iniciales. Lo más sorprendente fue que en estas mismas cervezas, el cambio en el linalol (utilizado a menudo como un marcador para determinar la lupulación) permaneció relativamente constante, lo que sugiere que la pérdida del aroma deseado del lúpulo fresco puede ser más el resultado de la competencia de sabores con otros sabores rancios y no la pérdida real de los compuestos de aceite de lúpulo. [\[348\]](#)

Otro resultado interesante en el estudio anterior es que una de las cinco cervezas comerciales envejecidas tenía un pH más bajo (3.9) en comparación con el pH promedio de 4.35 en las cuatro cervezas restantes. La concentración de linalool (que tiene un aroma floral, afrutado y de lavanda) fue la más baja en la cerveza con el pH más bajo. Los autores analizaron esto más de cerca unos años más tarde y descubrieron que el pH más bajo parecía influir en la reducción de linalol. Específicamente, encontraron que el linalol disminuyó aproximadamente un 5% de un pH de cerveza de 4.5 a 4.0 y disminuyó aproximadamente un 17% de un pH de 4.5 a 3.5. [\[349\]](#) Sería interesante ver estudios de seguimiento para ver si terminar la cerveza con un pH más alto también podría ayudar a retener otros compuestos importantes del lúpulo,

particularmente los alcoholes monoterpenos afrutados.

Una forma de aumentar potencialmente la vida útil de las cervezas con lúpulo brumoso para cerveceros caseros es evitar el embotellado y actualizar a barriletes. La cerveza de lupulada que se sienta a temperatura ambiente durante las dos semanas estimadas durante el tiempo de carbonatación, sin ningún contacto con el lúpulo, puede estar haciendo más daño que bien cuando se trata de obtener el carácter de lúpulo fresco que está buscando. Cada botella, dependiendo del método utilizado, también puede recoger una pequeña cantidad de oxígeno durante el llenado, lo que puede conducir a una oxidación más rápida.

Otra desventaja de embotellar cervezas lupuladas proviene de los revestimientos de la corona en el interior de las tapas, que pueden absorber algunos de los compuestos que provienen del lúpulo. Sin embargo, los compuestos más afectados fueron los compuestos verdes y leñosos más volátiles. Por ejemplo, los hidrocarburos sesquiterpénicos (mirceno, humuleno y cadineno) se encontraron solo en los revestimientos y no en la cerveza. Los alcoholes más frutales no migraron a los revestimientos, pero sí algunos ésteres frutales, especialmente los ésteres de ácidos grasos de cadena más larga. De estos que se encontraron en el revestimiento fueron octanoato de etilo y hexanoato de etilo. En otras pruebas, los investigadores encontraron que dentro de solo 18 días de almacenamiento, aproximadamente el 80% de los hidrocarburos estaban presentes en los revestimientos. [\[350\]](#)

Una variable que a menudo se pasa por alto al embotellar o en una condición de barril natural (agregar una solución de azúcar de cebado para la carbonatación) es agregar levadura fresca al mismo tiempo que se agrega

el azúcar. Después de la fermentación primaria, la mayor parte de la levadura ha floculado hasta el fondo del recipiente de fermentación y, si se bloquea en frío, queda aún más levadura. La reducción masiva de la levadura podría causar problemas con la adición de azúcar de cebado y la posterior referencia combinada con el estrés del ambiente y la alta presión de alcohol (con la botella tapada o el barril sellado). Además, la levadura que todavía está disponible para fermentar el azúcar recién introducido puede tener una salud reducida, ya que las membranas celulares pueden agotarse en esteroles y ácidos grasos insaturados, lo que puede reducir la absorción de azúcar y retrasar los procesos de acondicionamiento. [\[351\]](#)

¿Qué tipo de levadura debe considerar al agregar una referencia rápida y saludable durante la afección? Se ha estudiado que la actividad de acondicionamiento rápido de la levadura con la adición de levadura seca activa es una opción más consistente que el uso de levadura recortada de la fermentación primaria, en la que se superará la levadura del cultivo alrededor del tercer día de fermentación y se agregará nuevamente durante el acondicionamiento. [\[352\]](#) La levadura seca activa se cultiva en presencia de aire, y las células contienen membranas ricas en esteroles que ayudan con la rápida asimilación de azúcares y la división celular. [\[353\]](#) La composición de la levadura seca puede reducir el tiempo de retraso y acelerar la eliminación de oxígeno. La levadura seca también se beneficia de la facilidad de uso porque puede medir fácilmente las cantidades deseadas en peso e hidratarlo rápidamente (generalmente con diez veces el peso en agua).

Entonces, si la levadura seca es mejor, ¿importa qué cepa usemos para acondicionar la botella o el barril de cerveza natural? En un estudio de cinco cepas de levadura

seca diferentes utilizadas para el acondicionamiento de la botella, los autores encontraron que las cepas producían diferentes gravidades finales, diferentes sabores a través de alcoholes y ésteres superiores, y diferentes plazos de referencia, incluido el crecimiento inicial de la levadura. Entonces, parece que la cepa de levadura utilizada para embotellar puede tener un impacto en los sabores finales, pero ya tenemos una idea de esto en el capítulo de biotransformación. Los autores aquí también sugieren que cuando se usa levadura seca sobre levadura cosechada (o sin levadura repetida) puede conducir a una producción mejorada de CO₂ solo a partir de levadura más saludable. [\[354\]](#)

En general, parece una buena práctica poner un poco de levadura fresca en una cerveza que será carbonatada naturalmente para garantizar una referencia saludable y rápida. Con respecto a la cantidad de levadura que se debe lanzar, un buen punto de partida es alrededor de dos gramos de levadura seca para un lote típico de 5 galones hidratado en 20 gramos de agua. Una cepa de levadura seca con la que he tenido éxito para la referencia en cervezas de lupulada es CBC-1 de Lallemand. Esta cepa en particular se selecciona para la refermentation porque es resistente al alto contenido de alcohol, tiene un perfil de sabor neutro (ésteres y alcoholes) y tiene una fermentación rápida y vigorosa. Con suerte, esto debería ayudar a retener el sabor original de la cerveza (como forzar la carbonatación con CO₂). El único inconveniente es que CBC-1 es una levadura asesina, lo que significa que puede matar zombies y otras cepas de levadura sensibles a la toxina asesina. [\[355\]](#) El aspecto asesino no es tan importante para la referencia porque la fermentación primaria ha terminado. Sin embargo, debe tratarse como una bacteria intencional en las cervezas agrias, ya que se

debe prestar especial atención al saneamiento y la limpieza después de que se use para no contaminar futuras fermentaciones primarias.

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

LIBRERO HOP

Resultados clave

- El oxígeno debe convertirse a una forma activada por radicales antes de que pueda reaccionar con otras especies en la cerveza. Esta activación puede ser causada por metales traza en la cerveza, como hierro, cobre o manganeso.
- El sulfito es el antioxidante primario en la cerveza, pero los tioles derivados de proteínas actúan como un antioxidante secundario (particularmente la proteína de transferencia de lípidos LTP1).
- Las maltas de caramelo (cristal) reducen la estabilidad oxidativa de la cerveza al acelerar la oxidación catalizada por metales y deben mantenerse a niveles bajos en Hazy IPAs.
- Los iones metálicos problemáticos como el cobre, el hierro y el manganeso se reducen durante el proceso de preparación de la ebullición del mosto, se pierden en el trub y durante la fermentación. La fermentación elimina la mayor parte del cobre y el hierro, pero el manganeso permanecerá en mayores cantidades si está presente en el mosto y puede conducir a una oxidación más rápida.
- Las diferentes variedades de lúpulo tienen una concentración variable de manganeso que se puede extraer en la cerveza durante el dry hopping. El manganeso se extrae de manera más eficiente durante el dry hopping que el hierro y el cobre, incluso cuando está en concentraciones más bajas en el lúpulo.

- Las duraciones de dry hop más cortas y las temperaturas de dry hop más frías pueden reducir la cantidad de manganeso extraído durante el dry hopping. Los granos no malteados tienen más manganeso que los granos malteados.
- La avena en copos tiene más de tres veces la cantidad de manganeso que la cebada malteada.
- El lúpulo periódico y temprano del macerado y el mosto pueden mejorar la estabilidad oxidativa de la cerveza, introduciendo principalmente alfa-ácidos que pueden formar complejos de iones metálicos de hierro y cobre.
- Cuando la botella o el barril acondicionan las cervezas de lupulada, es mejor agregar un poco de levadura seca fresca para alentar una referencia saludable y rápida dentro del recipiente para servir.

Capítulo 15: Consejos de cervecerías comerciales

Aunque la ciencia de elaborar cervezas con lúpulo es extremadamente fascinante y puede ser inspiradora, a veces la ciencia no siempre se alinea con los resultados de la elaboración. Cuando se trata de eso, lo que más importa es a qué sabe el producto en el vaso, incluso si los métodos utilizados van en contra de algunas de las investigaciones. Para incorporar algo de esta experiencia del mundo real a la ecuación, pensé que sería útil y divertido llegar a algunas de las cervecerías que hacen las mejores (y más consistentes) cervezas lupuladas en el país para ver cómo están obteniendo tal ¡Buenos resultados!

No estoy particularmente interesado en obtener recetas de estas cervecerías o simplemente descubrir qué cepas de levadura usan. Tener recetas exactas e instrucciones de preparación paso a paso no significa necesariamente que incluso pueda replicar sus resultados de todos modos porque hay demasiadas variables para controlar cuando se trata de preparar cerveza con lúpulo (muchas de las cuales se discuten a lo largo de este libro). Lo que me interesa son los métodos que han tenido el mayor impacto en sus cervezas. También estoy interesado en todos los detalles aparentemente pequeños para ver si hay tendencias o diferencias entre las cervecerías. Después de todo, ¡no hay una forma correcta o incorrecta de preparar cervezas lupuladas!

Other Half Brewing

Fundada por Sam Richardson, Matt Monahan y Andrew Burman en Brooklyn, Nueva York, Other Half se ha hecho conocida por producir algunas de las mejores cervezas turbias del país. En los días de inoculación, grandes filas de clientes esperan horas para llevarse a casa un paquete de cuatro de sus cervezas hop-forward.

Other Half ha sido fundamental en el rápido aumento de las Hazy IPAs al popularizar el estilo y mostrar algo de experimentación. Un gran ejemplo de esto es el término "DDH" (doble dry hopping). Other Half fue uno de los primeros en promover la frase y otros en la industria han adoptado el término y lo practican con regularidad.

Debido a que la experimentación es una parte tan importante de la cervecería (que produce un par de cientos de cervezas diferentes al año), conversé con Sam en términos generales sobre cómo Other Half produce consistentemente cervezas tan lupuladas.

Other Half tiene la suerte de tener NYC como punto de partida para sus cervezas, porque el agua de Brooklyn ofrece un perfil neutral y bajo de minerales que les permite agregar fácilmente sus propios minerales para diferentes cervezas o estilos. Por ejemplo, la mayoría de sus cervezas lupuladas turbias (hazy)* favorecen las adiciones de cloruro de calcio para ayudar a mejorar el cuerpo, especialmente cuando elaboran cerveza con un ABV más bajo (que a menudo se mezclan hasta 160°F (71°C) para crear un cuerpo más lleno). Las cervezas con menos alcohol también pueden obtener un mayor porcentaje de granos de proteína para ayudar a aumentar la sensación en boca y compensar el menor contenido de alcohol, que a veces puede conducir a cervezas más delgadas y menos

sabrosas.

Sam hizo hincapié en que es importante no sobrepasar las cervezas pequeñas con bajo ABV hasta el punto de volverse astringentes. Según su experiencia, las cervezas ABV más altas pueden manejar mayores tasas de lúpulo. La investigación en el libro también sugiere que las adiciones en whirpool más grandes en las cervezas con menor ABV (preferiblemente a temperaturas reducidas y con lúpulos de alfa-ácidos más bajos) pueden ayudar a aumentar la sensación en boca y probablemente a un sabor saturado en las cervezas con menor ABV.

Aunque la atención se centra en adiciones tardías en whirpool y dry hopping intensos en Hazy IPAs, a Other Half todavía le gusta incluir una adición de amargor de 60 minutos para ayudar a producir un perfil de sabor en hervor más redondeado y complejo. La investigación en el Capítulo 2 respalda esto en parte por la inclusión de ciertos compuestos de lúpulo oxigenados que se forman cuando se hierve el lúpulo. También han descubierto que solo un poco de amargura en un Hazy IPA ayuda a evitar que una cerveza sea demasiado flácida y unidimensional, proporcionando un poco de pop a un sabor suave y saturado.

Sam compartió que sus cervezas hop-forward más altas de ABV se benefician especialmente de adiciones tempranas de ebullición que ayudan a equilibrar y cortar las densidades de acabado más altas con IBU adicionales. En términos de proporciones de uso de la adición de lúpulos, el dry hopping es el foco de la otra mitad. Sus adiciones en whirpool son más pequeñas que las cantidades de dry hop. Curiosamente, su experiencia ha tendido a mostrar que las tasas más bajas de dry hopping pueden producir una cerveza que alcanza su punto máximo antes y requiere menos tiempo de

acondicionamiento, pero a expensas de que el sabor y el aroma del lúpulo se caigan más rápido. Por otro lado, las tasas más altas de dry hopping tienden a darles una cerveza con sabor y aroma prolongados, pero requieren un poco más de tiempo de acondicionamiento.

A pesar de la sugerencia común de que las cervezas con lúpulo se deben consumir lo más rápido posible, las cervezas con lúpulo tienden a beneficiarse de un poco de tiempo de acondicionamiento. De hecho, esto fue compartido por casi todas las cervecerías con las que hablé para el libro y puede ser uno de los mayores conceptos erróneos del estilo. La otra mitad, por ejemplo, sugiere que los consumidores se sienten en sus cervezas durante una o dos semanas para disfrutar de la mejor experiencia de bebida. Sin embargo, sus latas importantes se mantienen frías, ya que el almacenamiento en caliente o los cambios de temperatura múltiples pueden hacer que las cervezas (y el aroma y el sabor del lúpulo) se caigan antes. En un mundo perfecto, si el espacio y el tiempo del tanque no fueran un factor para Sam (después de todo, es un negocio), probablemente preferiría dejar que sus cervezas lupuladas reposen en el tanque de clarificación durante aproximadamente una semana, en lugar de solo unos días, , madurar antes del enlatado.

La otra mitad tiene la suerte de tener una ventaja sobre los cerveceros caseros y algunas pequeñas cervecerías. Cada año, van a Yakima, Washington durante la cosecha de lúpulo para seleccionar lúpulo. A diferencia de la mayoría de los lúpulos que los cerveceros caseros pueden comprar, que a menudo son mezclas de varios lotes, Other Half puede elegir lotes de lúpulos individuales para ser peletizados para su uso durante ese año.

La selección de adiciones es una ventaja por muchas razones, principalmente porque cada lote puede producir una calidad diferente de lúpulo. Citra de un lote puede ser muy diferente tanto en compuestos de lúpulo medidos como en diferencias sensoriales que Citra de otro lote. En el caso de Other Half, buscan lúpulo rico en sabores a frutas tropicales con muy poco o ningún carácter vegetal y de cebolla. En opinión de Sam, el proceso anual de selección de adiciones es una de las cosas más importantes que realiza Other Half cada año, lo que es muy importante para la práctica.

Otro componente clave exclusivo de las cervezas lupuladas de Other Half es el uso de una centrífuga, que ayuda a eliminar la materia sólida (como la levadura y el lúpulo) de la cerveza. El uso de una centrífuga tiene sentido desde el punto de vista económico si está produciendo suficiente cerveza para justificar el costo, ya que puede ver un aumento en el rendimiento con menos pérdida de cerveza para el lúpulo y el trub (la otra mitad vio un aumento de la eficiencia del 5-10%). El uso de una centrífuga no cambió su enfoque para preparar cervezas lupuladas y lupuladas en términos de recetas o ajustes de procesos, ¡y ciertamente no ha hecho una diferencia drástica en la claridad ya que sus cervezas todavía son muy turbias (hazy)*!

Prison City and Brewering

Prison City Pub and Brewery, ubicado en Auburn, Nueva York, no se propuso ser conocido como un negocio reconocido en todo el país por sus IPA de estilo brumoso. De hecho, su objetivo era centrarse en la cerveza agria al abrir en 2014. Le tomó a Prison City unos tres meses preparar una IPA, que era una cerveza al estilo de la costa oeste llamada Riot. Su primer intento de una Hazy IPA, Mass Riot, alteró rápidamente el curso de la cervecería con la ayuda de Paste Magazine. En 2016, *Paste Magazine* clasificó a Mass Riot en primer lugar de una cata a ciegas de 247 IPA diferentes, ¡una hazaña increíble teniendo en cuenta que fue su primer intento con el estilo! Nuevamente en 2018, Mass Riot quedó en sexto lugar en la cata a ciegas de la revista Paste. Los amantes de la cerveza no tardaron mucho en comenzar a hacer un viaje al norte del estado de Nueva York para probar la IPA ganadora y Prison City se convirtió rápidamente en un experto de la IPA, renovando la cerveza para satisfacer la demanda. No es sorprendente que volvieran a estar entre los diez primeros en la degustación a ciegas de Paste Magazine de 151 Pale Ales con una cerveza llamada Illusion of Knowledge.

Ben Maeso, el principal cervecer de Prison City, cree en la mezcla de levadura para tratar de incorporar características positivas que cada cepa podría aportar a una cerveza. Para Mass Riot, Ben usa una mezcla medida en peso de 75% London Ale III y 25% Chico (o WLP001). Debido a que una cepa puede comenzar a dominar la mezcla, solo durará aproximadamente tres generaciones de repeticiones antes de comenzar de nuevo con una mezcla recién medida. A Ben no le gusta la baja

atenuación de London Ale III, que atribuye a una cerveza que está "demasiado llena en el paladar". La mezcla Chico de Mass Riot debería ayudar a London Ale III a atenuar un poco más la cerveza, dejando una cerveza un poco más seca. A pesar del macerado en el extremo inferior del rango para cervezas turbias y lupuladas a 150-151°F (65°C -66°C), la mezcla de cepas atenúa una cerveza con énfasis en el lupulado del 7% a una densidad final de aproximadamente 1.014-1.015, que Ben dice es sobre el punto ideal para las cervezas de Prison City.

En cuanto a la molienda de las cervezas lupuladas, Prison City disfruta de una malta base que consiste en una división 50/50 de malta Pilsner y Viena. La Viena aporta un toque de complejidad a la cerveza sin dominar como una malta de cristal. La malta base se combina con el uso intensivo de avena en copos y trigo para ayudar con la sensación suave en la boca y la apariencia. La sensación en boca también se potencia con agua pesada con cloruro. Si desean aumentar la densidad de un IPA, podrían agregar aproximadamente el 10% del total de granos de dextrosa o cristales de cerveza (que son parte de dextrosa y maltosa e imitan una fermentación de extracto de malta para mantener el cuerpo y la sensación en boca).

El lúpulo en caliente de Mass Riot consiste en una pequeña carga amarga de 10 IBU con pellets al comienzo de la ebullición, seguida de otra pequeña carga amarga con 10 minutos restantes en la ebullición. El enfoque en el sabor viene con grandes adiciones en whirlpool de aproximadamente 1 lb/bbl. Ben ha jugado a ajustar la temperatura de la adición en whirlpool a 170°F (76°C) antes de agregar la carga de la adición en whirlpool en lugar de agregar los lúpulos justo en el encendido, pero no pudo notar mucha diferencia con el sabor final del lúpulo en las cervezas resultantes.

Mass Riot es de dry hop con Simcoe, Citra y Mosaic (más almizclado en Mosaic y Simcoe) a un ritmo de aproximadamente 2-3 libras por barril. Raramente se secarán más de 3 lbs. /bbl. Asombrarán las adiciones de dry hop, lo que según la investigación podría ayudar con la eficiencia de extracción. También intentan aumentar la extracción agitando la cerveza mientras está dry hopping con una ráfaga corta de aproximadamente 20 PSI de CO2 (por dry hopping) para alentar a los lúpulos a quedarse o volver a la suspensión.

La primera carga de dry hop es de aproximadamente 1 lb/bbl y la segunda adición es de 1-2 lb/bbl. El momento del dry hopping depende de si planean cosechar la levadura o no. Al cosechar, esperarán a que se seque el lúpulo hasta que se alcance la densidad terminal y luego golpearán suavemente la cerveza, cosecharán y agregarán la primera carga de dry hop. Cuando no están cosechando la levadura, pueden realizar un dry hop con algo de fermentación activa aún en curso. Para ayudar a que el oxígeno llegue a la cerveza cuando se realiza el dry hopping después de que se completa la fermentación, a veces agregan azúcares simples con la levadura para alentar una pequeña cantidad de fermentación para restregar el oxígeno. El tiempo total de contacto con el dry hop suele ser de unos siete días.

Prison City ha experimentado con la recirculación del dry hop con éxito, lo que según la investigación aumentará la tasa de extracción del lúpulo. Han descubierto que el tipo de bomba utilizada puede marcar la diferencia, una bomba de bajo cizallamiento con puntos blandos les ayuda a dar menos mordida de lúpulo "verde". Al recircular el dry hop, lo harán bajo presión durante un período corto de aproximadamente 2-4 horas.

Las cervezas fuertemente lupuladas de Prison City pasan unos 5-7 días en un tanque de clarificada donde se asentará parte de la astringencia del lúpulo. Antes de llenar el tanque, harán una pequeña y lenta filtración de CO2 para purgar la mayor cantidad de oxígeno posible antes de agregar la cerveza fermentada. Prefieren menos espacio de cabeza en el tanque Clarificada para mejorar el aroma, lo que podría sugerir que con volúmenes de espacio de cabeza más grandes, mientras que el CO2 está carbonatando la cerveza, podría estar expulsando los aromáticos al espacio de cabeza vacío. Al igual que la otra mitad, Prison City sugiere que sus cervezas son mejores después de que hayan acondicionado en frío durante algunas semanas en la lata.

Reuben's Brews

Fundada en 2012 por Adam y Grace Robbins, Rueben's Brews es una de las cervecerías más decoradas con las que hablé en preparación para el libro (más de 150 medallas en cinco años). Conocido por su gran ejecución en una variedad de estilos, Reuben's Brews me lo recomendó otro destacado cervecer que dijo que estaban haciendo una de las mejores Hazy IPAs en el noroeste del Pacífico.

Me senté con Adam en la cervecería para hablar sobre sus antecedentes y su enfoque general para elaborar cervezas lupuladas. Como cervecer casero ganador de medallas de NHC, quedó claro por qué Adam se ha convertido en un cervecer profesional tan bien informado. A nivel de elaboración casera, Adam estaba preparando grandes lotes utilizando un sistema de elaboración casera de 25 galones y dividiéndolos en cuatro formas para probar las variables más pequeñas. Le ayudó a mejorar sus procesos y recetas (y probablemente su paladar).

Cuando se trata de preparar cervezas lupuladas a escala comercial, Adam descubre que una de las cosas más importantes es "preparar el escenario". En otras palabras, las elecciones de levadura y la selección de lúpulo son importantes, pero si sus procesos no están marcados, solo puede ir tan lejos. La formulación de recetas y la ciencia son variables importantes a tener en cuenta al preparar una cerveza de lupulada, pero si está permitiendo demasiado oxígeno en la post fermentación, por ejemplo, todo puede ser en vano.

Adam descubrió que las adiciones a la adición en whirpool a menudo pueden venir con una gran cantidad

de IBU, especialmente cuando los lúpulos se agregan justo al apagarse y la isomerización sigue siendo relativamente alta a temperaturas cercanas al punto de ebullición. De hecho, Adam ve una adición en whirpool más como una adición de ebullición de 30 minutos. Curiosamente, las adiciones de capas en whirpool a menudo se realizan en Reuben's, lo que según la investigación podría obtener diferentes perfiles de sabor a lúpulo y retención de aceite. Adam dice que a menudo esperarán entre 5 y 7 minutos antes de agregar la segunda adición en whirpool, lo que también ayuda a reducir el amargor y, con suerte, a fomentar una mayor retención y complejidad aromática.

Un truco que Adam compartió al tratar de reducir la isomerización de las grandes adiciones en whirpool es reducir la temperatura del mosto rápidamente después de la combustión diluyendo el mosto con agua fría filtrada. En otras palabras, prepararán una cerveza con una densidad más alta de la que pretenden en el producto terminado y al apagarse, agregarán agua fría en whirpool, diluirán la densidad y reducirán rápidamente la temperatura del mosto. Esta podría ser una buena manera de tratar de encerrar los aromáticos de una adición en whirpool, reducir la carga en el enfriador y reducir el amargor de la adición de lúpulos en la etapa tardía (y potencialmente permitir más lúpulo uso debido a la reducción de la amargura).

Antes del dry hopping, a Adam le gusta dejar caer la levadura y cosechar para lanzamientos posteriores. Esta es otra diferencia común que he notado entre los cerveceros comerciales y cerveceros caseros. Los cerveceros caseros a menudo se preocupan menos por la cosecha de la levadura y se secarán muy temprano en la fermentación, donde la mayoría de las cervecerías comerciales con las que hablé están dry hopping después de la fermentación,

un choque suave y la prueba de VDK. En Reuben's, un choque suave significa bajar la temperatura del tanque después de la primaria a solo 62 °F, lo cual es suficiente para alentar la caída de la levadura. Adam también sospecha que la levadura activa elimina los aromáticos de las adiciones de dry hop, otra razón para dejar caer la levadura primero y esperar a que se complete la fermentación.

Usando una cepa de levadura como Wyeast 1318, Adam mencionó que antes del dry hopping, pero después de un choque suave, la cerveza comenzará a aclararse. Sin embargo, después del dry hopping, la cerveza se vuelve turbia y retiene esa turbidez. En la experiencia de Adam, esta turbidez del dry hopping parece mejorar cuando el dry hopping con variedades que tienen altas cifras de aceite total y menos cuando solo se usan variedades de aceite total más bajas.

Cuando se trata de dry hopping, a Adam le gusta alentar a los lúpulos a permanecer en suspensión tanto como sea posible, lo que según la investigación es la mejor manera de aumentar la eficiencia de extracción de aceite de lúpulo. Al igual que Prison City, a Reuben's también le gusta despertar el dry hop para que vuelvan a estar en suspensión al impulsar CO2 a la cerveza. Bombar pulsos de CO2 a través del cono durante aproximadamente un minuto con 15 PSI una vez al día parece hacer una gran diferencia en los aromáticos de sus cervezas lupuladas. Una vez que los cerveceros piensan que han obtenido todo lo que pueden de una carga de dry hop, dejarán caer del cono a aquellos que hayan caído antes de agregar otra carga y luego bombar periódicamente CO2 para mantener la nueva adición en suspensión. Sacar el dry hop más viejos del tanque también podría ayudar a reducir las concentraciones de polifenoles, la fluencia del lúpulo y

la extracción de manganeso.

Después de la fermentación, la prueba de VDK, la recolección de levadura y el dry hopping, es extremadamente importante tener lecturas de oxígeno disuelto (OD) tan bajas como sea posible para las cervezas de lupulada. Adam explicó que han estado trabajando durante años para reducir los niveles de OD en sus cervezas y esto ha recorrido un largo camino para mejorar la calidad y la duración del aroma y el sabor del lúpulo de sus cervezas. Reuben's Brews ha reducido el oxígeno llenándose lentamente desde el fondo de los tanques con un poco de presión máxima de CO2 que silba constantemente. Esto es similar a llenar un barril en el nivel de elaboración casera a través del tubo de inmersión (llenado de abajo hacia arriba) mientras golpea continuamente el espacio de la cabeza con purgas bajas de CO2 durante el llenado.

Otro factor en la calidad de las cervezas lupuladas en Reuben's es la calidad de sus ingredientes. Adam explicó que tienen la suerte de seleccionar sus adiciones de un patio de lúpulo individual, que no solo hace que un gránulo no mezclado sea único en su sabor y aroma, sino que también saben cuándo se cosechó el lúpulo y cómo se trató.

Cepaskside

Cepaskside ha ganado una buena cantidad de medallas en los últimos años para cervezas hop-forward. En 2018, Cepaskside ganó dos medallas de la World Beer Cup para IPA. Su buque insignia IPA, Cepaskside IPA, ganó varias medallas, incluido el oro en el Great American Beer Festival en 2014. Hablé con el cervecer jefe Ben Edmunds sobre su enfoque para elaborar cervezas lupuladas y galardonadas y su experiencia como cervecer casero y graduado de Siebel.

Cepaskside comienza sus cervezas hop-forward con un fuerte enfoque en el pH del macerado. De hecho, dijo Ben, "no puedes hacer una buena cerveza lupulada si no estás controlando el pH del macerado", y quién puede discutir con su sala de trofeos! Específicamente, disparan para obtener un pH de macerado más alto en cervezas de sesión ABV más bajas en un rango de 5.5-5.7. El pH de macerado más alto es un intento de conseguir más sabores de lúpulo en la cerveza más pequeña. En la mayoría de sus cervezas lupuladas más grandes, el pH del macerado se reduce a alrededor de 5.3. Cepaskside continuará verificando el pH en todo el macerado para asegurarse de que esté dentro de su rango objetivo. No es solo algo que hacen después de macerar.

Entre los cerveceros con los que hablé, Cepaskside usa más gypsum (yeso) que otros para un perfil moderadamente burtonizado. Sin embargo, han ajustado lentamente su agua en la nebulosa era de IPA, pasando de una proporción de 10: 1 que favorece el gypsum (yeso) sobre el cloruro a 8: 1, luego 4: 1, y finalmente caen en un rango de aproximadamente 3: 1 para su lúpulo hacia adelante cervezas. Según su experiencia, el agua demasiado

alta en cloruro pierde el "chasquido" que el gypsum (yeso) puede producir por mucho tiempo con los sabores de lúpulo percibidos más altos.

Cuando se trata de cervezas lupuladas donde Cepaskside quiere más carácter de malta ("Estilo de San Diego"), optarán por usar extracto de malta de CO2 en lugar de maltas de cristal. Agregar el extracto de malta a ebullición con unos 30 a 15 minutos restantes les ha ayudado a mantener la estabilidad en el estante y al evitar un carácter de malta oxidada después de que se empaqueta la cerveza.

Cepaskside está utilizando la mayoría de sus adiciones de la "vieja escuela" en la ebullición. Les gusta el clásico perfil de sabor en caliente cuando se usan lúpulos como Chinook, Cascade y Simcoe. Al igual que otras cervecerías que elaboran una gran turbidez, no ignoran por completo las adiciones iniciales de amargor, agregando menos de una libra de lúpulo por lote de 30 barriles al comienzo del hervor. Cepaskside no está en contra de usar adiciones extremadamente antiguos de estilo Lambic en el lado bueno de las cosas, que Ben describió como una clase de lúpulo subestimada. La investigación anterior en el libro encontró que los compuestos con queso en el lúpulo envejecido pueden actuar como precursores de más sabores frutales, que es exactamente lo que Ben describió al hacer forúnculos largos con lúpulos más viejos. El personaje con olor a queso evoluciona en un tipo de sabor de corteza de cítricos. Cepaskside, sin embargo, no llega a oxidar sus lúpulos a propósito.

Para obtener la última oleada de sabor en caliente, Cepaskside elige agregar aproximadamente 2-3 libras de lúpulo con casi 10 minutos para hervir, seguido de 1-1.5 lbs./bbl en la adición en whirpool. En términos de temperaturas en whirpool, han descubierto que las

temperaturas más bajas tienden a darles un sabor a lúpulo más suave y frutal, generalmente en el rango de 180-210°F (82°C -99°C) Sin embargo, el whirpool más frío rompe su pila de trub, lo que puede tener un impacto negativo en la eficiencia. Aunque podrían usar el polvo de lupulina para ayudar a compensar esto, no se han entusiasmado con los resultados, donde el polvo de lupulina parecía carecer de la complejidad que traen los pellets tradicionales, algo que otros cerveceros también han mencionado. Le pregunté a Ben si era un cervecer casero si elegiría dejar que las adiciones de su whirpool se empinaran durante un largo período o se movieran para enfriarlas rápidamente (no es algo que pueda hacer en la escala comercial) y dijo que probablemente se movería para enfriar mosto antes para tratar de bloquear algunos de los compuestos de lúpulo.

Cuando se trata de dry hopping, Cepaskside elige usar más lúpulos húmedos hacia adelante con moderación para equilibrar o agregar profundidad a los lúpulos estadounidenses frutales. Al igual que otras cervecerías, mantener el lúpulo en suspensión es un enfoque para mejorar la tasa de extracción de sus adiciones de dry hop. Lo hacen despertando durante el dry hopping con CO2 desde el fondo del tanque. La remoción del tanque generalmente ocurre primero alrededor de los días 5-7 de fermentación y poco después de su primera adición de dry hop. Levantarán el dry hop un total de 2-3 veces durante toda la duración del dry hop.

LIBRERO HOP

Bissell Brothers

Bissell Brothers fue fundada en 2013 por los hermanos Peter y Noah Bissell en Portland, ME, y se ha convertido en un líder de la industria en cervezas turbias. Me senté con Noah en la cervecería para discutir las diferentes técnicas de elaboración de la cerveza que han encontrado que son las más exitosas para maximizar el aroma y el sabor del lúpulo en sus cervezas.

La fuente de agua Portland de Bissell Brother es neutral y no requiere mucha atención médica. Para los IPA, agregarán gypsum (yeso) y cloruro de calcio después del filtrado de carbono, con el objetivo de obtener una relación 2: 1 que favorezca el cloruro sobre el gypsum (yeso). Típicamente, su perfil de agua final tendrá alrededor de 100 ppm de cloruro y 50-75 ppm de sulfato.

Bissell Brother's varía ligeramente su molido entre sus cervezas turbias y lupuladas. Por ejemplo, The Substance (IPA) contiene Crystal 20 y aproximadamente 4% de avena en hojuelas y trigo en hojuelas. Mientras que el Recíproco ligeramente más turbio y más grande (doble IPA), tiene aproximadamente 30% de trigo malteado. La investigación indica que el almizclado aumento en la turbidez podría deberse a las proteínas modificadas que provienen de la malta del trigo rico en proteínas. Al igual que con otras cervecerías, Noah Bissell indicó que han notado que cuando usan lúpulos con alto contenido de aceite (particularmente los australianos) tienden a ver un mayor nivel de turbidez.

Para alcanzar el pH de macerado deseado para cervezas turbias en un macerado estándar de 60 minutos (5.2-5.3), usan ácido láctico en el macerado para ajustar los diferentes tratamientos de minerales de agua y la

formación de granos. Bissell Brothers hiere un poco más que la mayoría a los 70 minutos. La ebullición más larga ayuda a mejorar el color de sus cervezas con un toque, a pesar de experimentar solo una tasa de evaporación de alrededor del 2-3%.

Aunque la atención se centra en el sabor del lúpulo a través de adiciones tardías en el mosto caliente y dry hopping, todavía amargan su cerveza con aproximadamente diez IBU calculadas con una adición temprana de pellets. Los lúpulos en whirlpool se agregan después de un descanso de 20 minutos, lo que permite que la cerveza baje a aproximadamente 195°F (90.5°C) A pesar de la temperatura más baja, todavía obtienen una gran cantidad de IBU del whirlpool, casi como si fueran adiciones de 60-65 minutos. Proporción de IBU se debe en gran medida a que el período de eliminación total (enfriamiento) en su sistema es de aproximadamente 40 minutos y con una adición típica en whirlpool de alrededor de 1-1.25 lbs./bbl, todavía hay una gran cantidad de isomerización.

Le pregunté a Noah Bissel sobre la investigación que sugiere que las temperaturas de fermentación más bajas podrían ayudar a preservar ciertos compuestos de lúpulo y, en su experiencia, usar el equivalente de Wyeast 1272 (American Ale Yeast II o Cepa Anchor Ale) no han podido notar mucha diferencia al experimentar con temperaturas más bajas. En general, optan por fermentar alrededor de 65-70°F y a estas temperaturas, una buena fermentación primaria saludable se completa en aproximadamente cinco días. La densidad final de sus cervezas lupuladas generalmente está en el rango de 1.012-1.017. La primera generación de levadura tiende a caer en el rango más alto y las cervezas reinoculada tienden a terminar ligeramente más bajas.

Cuando se trata de cosechar la levadura de sus cervezas de dry hop, Bissell Brothers elige hacerlo solo con cervezas de dry hop en una sola etapa. Si la levadura se va a cosechar, disminuirá la temperatura del tanque a alrededor de 60°F (15.5°C) para alentar a la levadura a caer después de aproximadamente una semana en primaria y luego cosechar y pasar al dry hopping. Otra técnica que utilizan para cosechar levadura para cervezas altamente lupuladas es elaborar una pequeña cerveza baja en ABV sin lúpulo y usar la levadura cosechada de estos lotes para futuras cervezas con mucho lúpulo. La levadura se combina con la suspensión fresca para garantizar una fermentación saludable con el tono apropiado en sus cervezas de doble dry hop (no cosechadas). Tienen cuidado de no pasar más de ocho generaciones con su cosecha para garantizar el perfil consistente que buscan con su cepa de levadura.

Para evitar la captación de oxígeno en cervezas de doble dry hop (que no tendrá levadura cosechada), Bissell Brothers agrega su primera carga de dry hop antes de que la cerveza alcance la densidad final. Por lo general, esto significa que su primera dosis de dry hop será cuando la cerveza baje a aproximadamente 1.020. Después del dry hopping, taparán el fermentador, lo que permitirá que la producción de CO2 se acumule en el tanque, lo que anticipa la carbonatación y potencialmente bloquea los aromáticos del dry hop. El último bit de fermentación que se lleva a cabo eliminará el oxígeno que se haya introducido durante la adición del dry hop.

Debido a que evitar la absorción de oxígeno durante el dry hop es importante para la calidad de sus cervezas, Bissell Brothers también bombeará CO2 a través de la bola de rociado en la parte superior del fermentador a

alrededor de 4 PSI durante la duración de agregar el dry hop al tanque. Esto es especialmente importante para la segunda dosis de dry hop que ocurre después de que finaliza la fermentación.

Bissell Brothers opta por romper lentamente sus cervezas en lugar de forzar rápidamente a bajas temperaturas durante la noche. Lo hacen disminuyendo gradualmente la temperatura en el transcurso de una semana, mientras que la cerveza está en seco. Para las cervezas de dry hop, agregarán los lúpulos después de bajar la temperatura del tanque a 60°F (15.5°C), la cerveza reposará durante 2-3 días antes de bajar gradualmente a 30°F (-1.1°C) Típicamente, el dry hop están en la cerveza por encima de 50°F (10°C) durante aproximadamente cuatro días y a 30°F (-1.1°C) durante cinco días. Además de reducir la carga en el enfriador al exigir que el glicol se estrelle cantidad de cerveza rápidamente, el choque prolongado evita el choque de levadura que podría traer un diferencial de temperatura rápido. No despiertan sus lúpulos secos de ninguna manera durante los procesos, optando por un enfoque de toque almizclado sin extracción de lúpulo forzado. En total, sus tasas de dry hopping tienden a estar en el rango de 2-3.5 lbs./bbl.

Great Notion

Ubicada en Portland, Oregón, Great Notion se ha establecido como una de las principales cervecerías turbias de IPA en el noroeste del Pacífico. Me senté con James Dugan y Andy Miller en su cervecería para discutir las técnicas detalladas que están utilizando para preparar Hazy IPAs y algunos de los obstáculos que han tenido que enfrentar como resultado de la elaboración de cervezas tan esperadas.

Comenzando con el agua, Great Notion no necesita filtrar su agua porque su fuente ya es blanda y neutra, pero acumulan un poco el agua favoreciendo el cloruro a sulfato (relación 2: 1) para mejorar la sensación en boca. También agregan un poco de sabor a sus cervezas con una pequeña cantidad de sodio sazonada al gusto. Los cerveceros pueden experimentar con las adiciones de sodio en su cerveza después de la fermentación y el empaque al dosificar pequeñas cantidades de sodio al vidrio y, finalmente, aumentar la cantidad en un lote completo. El grano de sus diferentes cervezas lupuladas es similar entre sus cervezas, con una base de malta Pilsner y una mezcla de trigo malteado y avena en copos. Han descubierto que las cervezas de lupulada ABV más bajas se benefician de un poco de malta Crystal 15 para aumentar el sabor base. El control del pH del macerado se realiza con ácido fosfórico en el macerado para alcanzar un objetivo de 5.3. El pH final de la cerveza para ellos generalmente viene en torno a 4.2.

En el mosto caliente, Great Notion se está moviendo hacia casi todos los lúpulos en whirpool. El cambio a las adiciones de lupulado tardío está destinado a mejorar el sabor del lúpulo y controlar el amargor de las grandes

adiciones de lupulado tardío. Quieren asegurarse de obtener suficiente amargor en sus cervezas para soportar las densidades de acabado más altas que pueden tener las Hazy IPAs, en su caso más de 1.020.

Para probar nuevas variedades o mezclas de lúpulo, Great Notion extraerá un litro de cerveza de un lote antes del dry hopping y secará esa muestra con ocho gramos de lúpulo experimental o mezcla de lúpulo. Este método es una buena manera de tener una idea del potencial del lúpulo sin dedicar un lote completo al experimento.

En general, Great Notion tiende a aumentar el número de lúpulos secos utilizados cuando el aceite total del lúpulo es menor. Por ejemplo, cuando se utiliza una variedad de lúpulo como Motueka (1.0. mL / 100 g de aceite total) aumentarán la dosis de pellet en comparación con un lúpulo como Galaxy (3-5 mL / 100 g). La investigación en el Capítulo 7 sugiere que este puede ser un buen enfoque, especialmente cuando se tiene en cuenta la fracción oxigenada (alcoholes monoterpénicos como el linalol y el geraniol) del lúpulo. Cuando tanto el aceite total como la fracción oxigenada es alta, el potencial de impacto del sabor del lúpulo también es alto.

La fermentación de Great Notion generalmente se completa en aproximadamente siete días, a en qué punto aumentan la temperatura de 66°F (18.8°C) a 70°F (21.1°C) para alentar a la levadura a terminar. Después de que las cosas se calmen, harán un choque suave a 62°F (16.6°C) durante un par de días para alentar a la levadura a caer al fondo del cono para que puedan cosecharla en futuros lotes. No están dry hopping sus cervezas hasta después de cosechar la levadura, por lo que no se produce un dry hopping de fermentación temprana.

Una tasa de dry hopping estándar para Great Notion es de alrededor de 3-4 lbs./bbl. La totalidad de los procesos de dry hopping es de aproximadamente una semana a temperaturas de alrededor de 65°F (18.3°C) antes de estrellarse a 32°F (0°C) durante unos días antes del envasado.

Great Notion compartió su experiencia con el Hop Creep del dry hopping, que es cuando las enzimas del lúpulo liberan azúcares fermentables adicionales. En su caso, estos fermentables recién liberados (con poca levadura que queda en el tanque) resultarían en una referencia no saludable creando diacetil. Cuando el dry hopping con Mosaic en particular, tendrían que esperar hasta doce días para que el diacetil creado durante la re-fermentación después del dry hopping para limpiar.

Según la investigación, reducir la temperatura del dry hop o mantenerla a temperaturas suaves de choque, puede conducir a una menor actividad enzimática del lúpulo. Esto es exactamente lo que Great Notion ha hecho, reduciendo las temperaturas de dry hopping de 70 °F-65°F (21.1°C -18.3°C) Además, como muchas cervecerías, Great Notion provoca dry hop con CO2 con explosiones de alto PSI. Aunque esta acción puede alentar una mayor eficiencia de extracción de los lúpulos, también puede estimular la levadura en el fondo del tanque, alentando a la levadura a comenzar a trabajar en los fermentables liberados. Un método para tratar de reducir la fluencia del lúpulo y luego durante el dry hopping es esperar para eructar un tanque del cono con CO2 hasta que la levadura se haya retirado.

El tiempo de acondicionamiento posterior al envasado para las cervezas turbias y lupuladas de Great Notion es un paso importante para permitirles alcanzar su pico. Si se consume demasiado temprano, este estilo parece

demasiado verde y duro, un comentario común que escuché de las cervecerías mientras investigaba este libro. En general, sienten que sus cervezas alcanzan su punto máximo alrededor de 14-21 días, y después de aproximadamente cinco semanas, el personaje del lúpulo comienza a desvanecerse lentamente. Compartieron conmigo un ejemplo de una cerveza recién envasada en comparación con la misma cerveza que había pasado algún tiempo en el tanque de servicio y las diferencias eran claras: la cerveza que se envió recientemente al tanque de servicio se parecía a probar una cerveza que actualmente estaba en dry hop y la cerveza acondicionada era mucho más suave con un sabor a lúpulo saturado más notable.

Fue interesante para mí que Great Notion haya encontrado que Citra es uno de los lúpulos más versátiles en términos de uso con buenos resultados tanto en el adición en frío como en el caliente de la elaboración de la cerveza. Según la investigación, Citra es una variedad que debería ser más versátil porque contiene cantidades similares de tioles libres y unidos. Esto contrasta con Galaxy, que encuentran ofensivo en el mosto caliente. Great Notion ama el Mosaic en el mosto caliente, lo que podría deberse en parte al alto tiol de 4MMP que se conserva en sus temperaturas más frescas en whirpool. Curiosamente, Great Notion señaló que Galaxy y la alta concentración de aceite tienden a crear una cerveza con mucha más turbidez, otro hallazgo común entre las cervecerías entrevistadas para el libro.

Sapwood Cellars

Después de hacer la investigación para este libro y de haber tenido la suerte de hablar con los cerveceros que más respeto a la hora de hacer Hazy IPAs (hazy)*, parece correcto que comparta los procesos que Michael Tonsmeire y yo empleamos en nuestro sistema de 10 barriles en Sapwood Cellars en Columbia, MD!

Somos afortunados de que nuestro suministro de agua sea neutral, por lo que simplemente pasamos el agua del grifo a través de un gran filtro de carbón. Luego agregamos cloruro de calcio y gypsum (yeso) para obtener una proporción de 150 ppm de cloruro y 100 ppm de sulfato para la mayoría de las cervezas. Directamente después del filtro, pasamos el agua a través de un calentador de agua caliente sin tanque, que puede calentar hasta 180°F (82°C) sobre la marcha. Cuanto más fría es el agua subterránea y más caliente es la demanda de agua, más lento es el proceso de recolección. En general, podemos llenar nuestro tanque de licor caliente con 170°F (77°C) de agua alrededor de 3-5 galones por minuto. Tenemos un elemento de calentamiento eléctrico en nuestro tanque de licor caliente que puede mantener la temperatura o aumentarla ligeramente dependiendo del golpe deseado o de la temperatura del agua.

Compramos todos nuestros granos previamente molidos, pero es probable que con el tiempo pasemos a un sistema de barrena. Esta fue una decisión relacionada más con la reducción de los costos de inicio que cualquier otra cosa. Comenzamos a arrojar nuestras bolsas de grano al macerado una vez que hemos transferido suficiente agua desde el tanque de licor caliente para superar las pantallas del filtro. Tenemos rastrillos accionados por electricidad

que encendemos mientras trabajamos para ayudar a mezclar todo de manera uniforme. En general, invertimos los rastrillos cada cuatro sacos de grano más o menos para ayudar a romper las bolas de masa. Para evitar problemas, generalmente agregamos aproximadamente diez libras de cáscaras de arroz por saco de 55 libras de grano sin malta o sin cáscara.

Por lo general, usamos un saco o dos de malta de chit en la mayoría de nuestras cervezas lupuladas para ayudar a obtener esa cabeza densa y cremosa (generalmente alrededor del 8-12% del grano total) y ayudar a la estabilidad. A menudo usaremos trigo malteado para ayudar con el cuerpo (y probablemente la turbidez) a alrededor del 10% del grano total. Cada receta es un poco diferente, ya que nuestras intenciones para cada cerveza cambian, pero generalmente en combinación con la mayoría de la avena malteada o en copos de 2 hileras, malta de cebada y trigo malteado constituyen la mayoría de nuestras construcciones de granos IPA nebulosos.

Cuanto más pequeño sea el ABV de la cerveza, más podremos incluir granos especiales, como la avena desnuda dorada, pero a medida que aumente el ABV, reduciremos un poco ese porcentaje para evitar demasiado carácter de malta que compite por el aroma / sabor del lúpulo. Por ejemplo, una sesión de IPA por debajo del 5% podría tener un 15% de avena desnuda dorada, pero esa misma receta aumentó a un IPA doble del 8% y reduciríamos el porcentaje. Especulamos que a medida que aumenta el volumen de grano para elevar el ABV, la maldad de la cerveza también aumenta, por lo que cantidades más pequeñas de granos especiales van más allá con cervezas más grandes.

Agregamos una pequeña cantidad de lúpulo al hervor temprano en nuestras cervezas lupuladas. En general,

tomaremos aproximadamente 2 libras de las bolsas de 11 libras de adición en whirpool y lo agregaremos al comienzo de un hervor de 60 minutos. Esto ayuda a controlar la ebullición y a agregar un poco de amargor base. Como algo más que un movimiento financiero, tendemos a usar lúpulos no tramposos en el mosto caliente, ya que la mayoría de los compuestos están siendo eliminados o perdidos por el calor y la grasa, ahorramos los lúpulos más caros y expresivos para el dry hop. . Cascade, Columbus y Centennial son excelentes adiciones de equipo B para el mosto caliente, ya que proporcionan un sabor saturado de lúpulo, pero a un precio mejor que los adiciones de tramposo como Citra y Galaxy. También hemos encontrado que Idaho 7 es un gran lúpulo en whirpool en caliente, cuyos sabores tienden a quedarse mejor que la mayoría de las variedades después de la fermentación. En general, nuestra tasa de lúpulo en whirpool es de alrededor de 2 lbs./bbl.

Para evitar recoger demasiada amargura en nuestras cervezas de lupulada ABV más bajas, bajamos la temperatura del mosto antes de agregar la adición de lúpulo en whirpool. Hacemos esto reteniendo un barril de agua del chorro y lo agregamos nuevamente después de un hervor de 60 minutos con agua fría que sale directamente del filtro. Esto generalmente reducirá el mosto a unos 8-10 grados. La temperatura más baja nos permite agregar la misma cantidad de lúpulo con menos isomerización, por lo que es de esperar que tenga mucho sabor a lúpulo con un amargor mínimo. Ocasionalmente también usaremos el intercambiador de calor para bajar la temperatura a alrededor de 170°F (76°C) antes de agregar los lúpulos en whirpool. Las cervezas ABV más altas resisten mejor a los IBU más altos (y más lúpulos secos), por lo que no enfriaremos previamente el mosto antes de agregar

lúpulos en whirpool a cualquier cantidad superior al 6% de ABV.

Agregamos lúpulos con cuidado durante el inicio de un whirpool de 15 minutos para evitar la absorción de oxígeno (esto se debe a la investigación que encontró que pequeñas cantidades de oxígeno durante el whirpool pueden conducir a un sabor de cebolla verde en la cerveza de lupulada). Después de un whirpool de 15 minutos, dejamos reposar la cerveza durante 20-25 minutos y luego la pasamos a través de un intercambiador de calor asistido con glicol con una piedra de oxígeno en línea que golpea el mosto con aproximadamente 1.5 L / m de oxígeno a medida que el mosto enfriado abandona el intercambiador de calor camino al fermentador. Las IPA dobles más grandes obtendrán 2.0 L / m de oxígeno.

Casi todas nuestras cervezas lupuladas se fermentan con una cepa de RVA Yeast Labs LLC ubicada en Richmond, VA, llamada Manchester # 132 (una cepa de Boddington). Una de mis variedades favoritas de mis días de elaboración casera, Manchester # 132 tiene solo un toque de riqueza de vainilla que completa las brillantes variedades de lúpulo tropical. En general, elaboraremos una cerveza ABV más baja con un tono fresco de Manchester y cosecharemos suficiente levadura para otros 3-4 lotes. No Dryhopeamos nuestra cerveza durante la fermentación activa cuando estamos cosechando, más bien, dejamos que la cerveza termine la fermentación y luego colisionaremos suavemente la cerveza a 58°F (14°C) durante un par de días y luego cosecharemos del cono con el dry hopping para seguir.

Hemos descubierto que, a escala comercial, la fermentación activa parece tener un impacto menos positivo que en los lotes más pequeños de 5-10 galones de cerveza casera. Se pierden muchos de los volátiles durante

la fermentación, que tendemos a realizar un dry hop (especialmente con los lúpulos tramosos) una vez que se ha completado la fermentación. Todavía tenemos algunas cervezas que secamos al mismo tiempo que lanzamos la levadura o la fermentación media porque queremos intencionalmente que las características más verdes de los lúpulos se eliminen (hidrocarburos), pero los alcoholes monoterpenos fruteros permanezcan para crear una sutil base frutal de lúpulo. .

Para evitar recoger oxígeno durante las cargas de dry hop posteriores a la fermentación, utilizamos un dosificador de lúpulo montado en el puerto de lúpulo de 4 pulgadas (y válvula de 4 pulgadas) en la parte superior de nuestros fermentadores de 10 barriles. El dosificador de lúpulo es lo suficientemente grande como para contener 11 libras de lúpulo y está equipado con hardware para permitirnos purgar el dosificador y los pellets con CO2 antes de arrojarlos a la cerveza. Con unas pocas libras de CO2 en el dosificador de lúpulo, estamos agregando los lúpulos a la cerveza con muy pocas posibilidades de exposición al oxígeno.

Como beneficio adicional, cuando haga dry hopping con un dosificador de lúpulo, no tenemos que preocuparnos por un géiser inducido por lúpulo. En la escala comercial (y hemos descubierto por las malas) al agregar una gran dosis de dry hop a la cerveza con CO2 absorbido, los sitios de nucleación de los lúpulos pueden crear un géiser de cerveza que saldrá del fermentador. Como regla general, cuando haga dry hopping vertiendo los lúpulos en el tanque desde el puerto superior, es mejor agregar un par de libras de la carga de dry hop y luego cerrar el fermentador durante cinco minutos. Este breve período de descanso permitirá que el CO2 salga de la cerveza mientras el tanque está cerrado, lo

que permite que el resto del dry hop se descarguen en el tanque sin problemas.

Nuestra tasa de dry hopping es de alrededor de 2 lbs./bbl para cervezas con lúpulo ABV más bajas y alrededor de 4 lbs./bbl para cervezas ABV más altas. Dryhopeamos la mayoría de nuestras cervezas en etapas, generalmente alrededor de 22 libras por etapa. Descubrimos que alrededor de dos días es suficiente para obtener la extracción de cada adición de lúpulo cuando disparamos 10-15 psi de CO2 a través del cono una vez al día para alentar a los lúpulos a suspender la extracción. Todos nuestros dry hopping posteriores a la fermentación están sucediendo por debajo de 60°F (15°C), lo que debería ayudar a evitar problemas de fluencia de la adición de lúpulos. Dejamos caer el cono entre las etapas de dry hop para eliminar la adición anterior antes de que se introduzca la nueva en la cerveza (así como cualquier levadura adicional que se haya asentado).

Después del dry hopping, bloqueamos nuestras cervezas lupuladas a 35°F (2°C) y mantenemos la cerveza a 35°F (2°C) durante al menos dos días completos para alentar a los lúpulos a asentarse en el cono para que podamos posicionarnos nuestro brazo de estantería sobre los lúpulos caídos mientras nos transferimos al tanque de clarificada. Ocasionalmente a un unitank, lo que significa tener una piedra de carbonatación en el fermentador que le permite carbonatar en el mismo tanque en el que fermentó la cerveza. Aunque cualquier cerveza que tenga una gran cantidad de dry hop porque aumenta el riesgo de transportar restos de lúpulo al recipiente de servicio.

Purgamos nuestro tanque de clarificada con CO2 antes de transferirlo a la cerveza del fermentador. Hacemos esto ejecutando 10-15 psi de CO2 durante 30 minutos a través de la piedra de carbonatación que está cerca del fondo del tanque. Hacemos esto mientras también mantenemos abierto el brazo de la válvula rociadora en la parte superior del tanque. Después de la purga de 30 minutos, presurizamos el tanque Clarificada a 15 psi y luego liberamos la presión a cero y repetimos (como purgar un barril casero). La última vez que llenamos el tanque de clarificada a la misma presión se encuentra el fermentador lleno de cerveza que se transferirá.

Después de transferir la cerveza al tanque de clarificada, empujando con CO2 (no una bomba), carbonatamos con un rotámetro a aproximadamente 2.5 volúmenes de CO2. Después de 2-3 días en el tanque Clarificada, barrilizamos la cerveza, pero primero purgamos cada barril llenando un barril con 25-30 psi de CO2 y liberando la presión a cero. Hacemos esta purga del barril dos veces antes de llenar el tercer llenado con la misma psi que el tanque de clarificada, que generalmente es de alrededor de 10 psi a 35°F (1.6°C) después de que la cerveza esté completamente carbonatada.

Continuamente experimentamos con diferentes variables en nuestro proceso con la intención de mejorar nuestra calidad y consistencia. A medida que surja nueva ciencia y sigamos hablando con otros cerveceros sobre sus procesos, jesperamos que nuestra cerveza solo mejore!

Referencias

- [1] Chapman, AC (1903). LVII. — Aceite esencial de lúpulo. *J. Chem. Soc.* Trans., 83 (0), 505-513. doi: 10.1039 / ct9038300505
- [2] Chapman, AC (1895). VIII.-Aceite esencial de lúpulo. *J. Chem. Soc., Trans.*, 67 (0), 54-63. doi: 10.1039 / ct8956700054
- Chapman, AC (1895). VIII.— Aceite esencial de lúpulo. *J. Chem. Soc., Trans.*, 67 (0), 54-63. doi: 10.1039 / ct8956700054
- [3] Chapman, AC (1928). CLXXII. — Los componentes de mayor ebullición del aceite esencial de lúpulo. *J. Chem. Soc.*, 0 (0), 1303-1306. doi: 10.1039 / jr9280001303
- [4] Howard, GA (1956). Nuevo enfoque para el análisis del aceite de lúpulo. *Revista del Instituto de elaboración de la cerveza*, 62 (2), 158-159. doi: 10.1002 / j.2050-0416.1956.tb02841.x
- [5] Jahnson, VJ (1963). Composición del aceite de lúpulo. *Revista del Instituto de elaboración de la cerveza*, 69 (6), 460-466. doi: 10.1002 / j.2050-0416.1963.tb01953.x
- [6] Tressl, R., Friese, L., Fendesack, F. y Koeppler, H. (1978). Estudios de la composición volátil del lúpulo durante el almacenamiento. *J. Agric. Food Chem. Revista de Química Agrícola y Alimentaria*, 26 (6), 1426-1430. doi: 10.1021 / jf60220a036
- [7] Steinhäus, M. y Schieberle, P. (2000). Comparación de los compuestos con más olor activo en conos de lúpulo frescos y secos (*Humulus lupulus L. Variety Spalter Select*) según las técnicas de olfatometría GC y dilución de olores. *J. Agric. Food Chem. Revista de Química Agrícola y Alimentaria*, 48 (5), 1776-1783. doi: 10.1021 / jf990514l

[8] Roberts, MT, Dufour, J. y Lewis, AC (2004). Aplicación de cromatografía de gases multidimensional integral combinada con espectrometría de masas de tiempo de vuelo (GC x GC-TOFMS) para el análisis de alta resolución del aceite esencial de lúpulo. *J. Sep. Science Journal of Separation Science*, 27 (5-6), 473-478. doi: 10.1002 / jssc.200301669

[9] Keukeleire, DD (2000). Fundamentos de la química de la cerveza y el lúpulo. *Química Nova*, 23 (1), 108-112. doi: 10.1590 / s0100-40422000000100019

[10] Ono, M., Kakudo, Y., Yamamoto, Y., Nagami, K. y Kumada, J. Análisis cuantitativo de componentes de amargor de lúpulo y su aplicación a la evaluación de lúpulo. *Mermelada. Soc. Elaborar cerveza. Chem* 42: 167-172, 1984.

[11] Ting, P. y Ryder, D. (2017). La amarga y retorcida verdad del lúpulo: 50 años de química de la adición de lupulos. *American Society of Brewing Chemists, Inc.*, 161-180.

[12] Malowicki, MG, Shellhammer, TH, 2005. Cinética de isomerización y degradación de los ácidos del lúpulo (*Humulus lupulus*) en el sistema modelo de ebullición de mosto. *J. Agric. Food Chem.* 53 (11), 4434-4439.

[13] Verzele, M., 1965. Aspectos prácticos de la isomerización de alfa-ácidos. *Proc. EUR. Elaborar cerveza. Conv. Congr. Estocolmo*, 398–404.

[14] Jaskula-Goiris, B., Aerts, G. y Cooman, LD (2010). Isomerización y utilización de alfa-ácidos de lúpulo: una revisión experimental. *Cerevisia*, 35 (3), 57-70. doi: 10.1016 / j.cervis.2010.09.004

[15] Malowicki, MG y Shellhammer, TH (2005). Cinética de isomerización y degradación de ácidos de lúpulo (*Humulus lupulus*) en un sistema modelo de ebullición de mosto. *Revista de Química Agrícola y Alimentaria*, 53 (11), 4434-4439. doi: 10.1021 / jf0481296

[16] Laufer, S .; Brenner, MW Algunas consideraciones prácticas sobre el destino de las resinas de lúpulo en la elaboración de cerveza. Proc. 69a AnniV. ConV. A.m. Soc. Elaborar cerveza. Chem 1956, 18-28.

[17] Kunze, W., 2004. *Technology Brewing and Malting*, 3^a edición. VLB Berlín, Alemania.

[18] Justus, A. (2018). Seguimiento de IBU a través del proceso de elaboración de la cerveza: la búsqueda de la coherencia. *MBAA TQ*, 55 (3), 67-74.

[19] Lermusieau, G .; Collin, S. Hop Extracción y análisis de aroma. En *análisis de sabor y aroma*; Jackson, JF, Linskens, HF, Eds .; Springer: Berlín, Alemania, 2002; pp 69–86.

[20] Jefe de Yakima - Hopunion. (Dakota del Norte). Recuperado el 07 de enero de 2018, de <https://ychhops.com/varieties>

[21] Guadagni, DG, Buttery, RG y Harris, J. (1966). Intensidades de olor de los componentes del aceite de lúpulo. *Revista de la Ciencia de la Alimentación y la Agricultura J. Sci. Comida*

Agric., 17 (3), 142-144. doi: 10.1002 / jsfa.2740170311

[22]

Algazzali, V .; Wiesen, E .; Zunkel, M .; y Schoenberger, C. Desarrollo e implementación de estándares de referencia de sabor a lúpulo para entrenamiento sensorial. Presentado en la reunión de la

American Society of Brewing Chemists en Brewing Summit 2018 [en línea], San Diego, California, del 12 al 14 de agosto de 2018; A-097.

Sitio web de la American Society of Brewing Chemists Meeting. <https://www.asbcnet.org/events/archives/2018meeting/proceedings/>

[23] Rettberg, N., Thörner, S. y Garbe, L. (nd). Análisis de lúpulo de bugging: sobre la isomerización y oxidación de alcoholes de terpeno durante la destilación al vapor. *BrewingScience*, 65, 112-117. Consultado en 2012.

[24] Weidenhamer, JD, Macías, FA, Fischer, NH y Williamson, GB.

(1993) ¿Qué tan insolubles son los monoterpenos? *Journal of Chemical Ecology*, 19 (8), 1799-1807. doi: 10.1007 / bf00982309

[25] Sharpe, FR y Leyes, DR (1981). El aceite esencial de lúpulo Una revisión. *Revista del Instituto de elaboración de la cerveza*, 87 (2), 96-107. doi: 10.1002 / j.2050-0416.1981.tb03996.x

[26] Hieronymus, S. (2012). *Por el amor del lúpulo* . Natl Book Network.

[27] Matsui, H., Inui, T., Oka, K. y Fukui, N. (2016). La influencia de la poda y el momento de la cosecha en el aroma del lúpulo, la apariencia del cono y el rendimiento. *Química de Alimentos*

[28] Extractos amargos de mosto (productos de lúpulo preisomerizados - usos potenciales y prácticos. (2002). *Brauwelt International Technical Feature*, 20-25.

[29] Scott, RW, Theaker, PD, Marsh, AS, Grimmett, CM, Laws, DR,

Y Sharpe, FR (1981). Uso de extractos preparados con dióxido de carbono líquido como sustituto del dry hop. *Revista del Instituto de*

elaboración de la cerveza, 87 (4), 252-258. doi: 10.1002 / j.2050-0416.1981.tb04027.x

[30] Foster, R., Patiño, H. y Slaughter, C. (2000). La contribución del amargor posterior a la fermentación a la composición y estabilidad de la cerveza. 37, 89-95.

[31] Opstaele, FV, Goiris, K., Rouck, GD, Aerts, G. y Cooman, LD (2012). Producción de nuevos aromas de lúpulo varietal por extracción con fluido supercrítico

de pellets de lúpulo. Parte 1: Preparación de aceites esenciales de lúpulo total de una sola variedad y esencias de lúpulo polar. El diario de fluidos supercríticos, 69, 45-56. doi: 10.1016 / j.supflu.2012.05.009

[32] Lermusieau, G., Liégeois, C. y Collin, S. (2001). Reducción del poder de los cultivares de lúpulo y el envejecimiento de la cerveza. Food Chemistry, 72 (4), 413-418. Doi: 10.1016 / s0308- 8146 (00) 00247-8

[33] Taylor, D., Humphrey, PM, Yorston, B., Wilson, RJH, Roberts, T., Biendl, M.: una guía para el uso de pellets de lúpulo pre-isomerizados, incluidas las variedades de aroma, MBAA Technical Quarterly 37, 225-231, 2000.

[34] Wilson, RJH, Roberts, T., Smith, RJ, Biendl, M.: Mejora de la utilización del lúpulo y el control del sabor mediante el uso de productos preisomerizados en el hervidor de cerveza: artículo leído en el World Brewing Congress Orlando, 2000 Publicado en: MBA Technical Quarterly 38, 11-21, 2001)

[35] Huvaere K, Andersen ML, Storme M, Van Boekelaer J, Skibsted LH, De Keukeleire D. La fotodescomposición inducida por flavina de aminoácidos que contienen azufre es decisiva en la formación del sabor de la cerveza. Photochem Photobiol Sci. 2006; 5: 961-969.

[36] Irwin, AJ, Bordeleau, L. y Barker, RL. Modelo de estudios y determinación del promedio de sabor de 3-metil-2-buteno-1-tiol en cerveza. Mermelada. Soc. Elaborar cerveza. Chem 51: 1-3, 1993.

[37] <https://kalsec.com/wp-content/uploads/2016/10/Isolone-Logo-6-1.pdf>

[38] <https://www.brewersfriend.com/forum/attachments/kalsec-hop-bitter- extractos-explicados-pdf.1778/>

[39] Nance, M. y Setzer, W. (2011). Componentes volátiles de los lúpulos aromáticos (*Humulus lupulus L.*) comúnmente utilizados en la elaboración de cerveza. Journal of Brewing and Distilling, 2 (2), 16-22.

[40] Praet, T. y Van Opstaele, F. (2016). Actividad de sabor de los productos de oxidación de sesquiterpeno, formados tras la ebullición a escala de laboratorio de una fracción de hidrocarburo de sesquiterpeno derivado de aceite esencial de lúpulo (cv. Saaz). Revista de la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros. doi: 10.1094 / asbcj-2016-1205-01

[41] Praet, T., Van Opstaele, F., De Causmaecker, B., Aerts, G. y De Cooman, L. (2016). Cambios inducidos por el calor en la composición de los aceites esenciales de lúpulo varietal a través de la ebullición del mosto a escala de laboratorio. Revista de la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros. doi: 10.1094 / asbcj-2016-3257-01

[42] Preguntas para Advanced Brewing Book on Hops [Correo electrónico al autor]. (17, 21 de abril).

[43] Praet, T., Opstaele, F., Causmaecker, B., Bellaio, G., Rouck, G., Aerts, G. y Cooman, L. (2015). Formación de novo de productos de oxidación de sesquiterpeno durante la ebullición del mosto y el impacto del régimen de kettle hop (lúpulos con percepción herbal,

amaderado, aspero al paladar) en las características sensoriales de las cervezas Lager de escala piloto. *BrewingScience*, 68, 130-145.

[44] Haley, J. y Peppard, TL (1983). Diferencias en la utilización del aceite esencial de lúpulo durante la producción de cervezas de dry hop y lupulado tardío. *Revista del Instituto de la elaboración de la cerveza*, 89 (2), 87-91. doi: 10.1002 / j.2050-0416.1983.tb04153.x

[45] Schull, F., Forster, A. y Gahr, A. (2017). Comparación de diferentes criterios de dosificación cuando se utilizan lúpulos de aroma para adiciones tardías. *EBC*

[46] Schüll, F., Forster, A. y Gahr, A. (2018). Descripción del aroma de dos líneas de mejora del aroma. *Hopfen-Rundschau International*, 46-57.

[47] Dresel, M., Praet, T., Van Opstaele, F., Van Holle, A., Naudts, D., De Keukeleire, D., . . . Aerts, G. (2015). Comparación de los perfiles analíticos de volátiles en mosto de un solo lúpulo y cervezas en función de la variedad de lúpulo. *BrewingScience*, 68, 8-28.

[48] Mitter, W. y Steiner, S. (2009). Fluctuaciones anuales en la calidad del lúpulo: opciones de ajuste en la cervecería. *BRAUWELT INTERNATIONAL*, 36-37.

[49] Sharp, D., Qian, Y., Shellhammer, G. y Shellhammer, T. (2017). Contribuciones de ciertos regímenes de lúpulo al contenido terpenoide y al perfil de aroma de lúpulo de cervezas Ale y Lager. *Revista de la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros*. doi: 10.1094 / asbcj-2017-2144-01

[50] Inui, T. (nd). Estudio sobre el atractivo aroma a lúpulo para la cerveza. Discurso presentado en el World Brewing Congress 2012, Portland, OR.

[51] H. (2010). Maximizando el aroma y el sabor del lúpulo a través de las variables del proceso Trimestral técnico. doi: 10.1094 / tq-47-2-0623-01

[52] Praet, T., Opstaele, F., Causmaecker, B., Bellaio, G., Rouck, G., Aerts, G.,

& Cooman, L. (2015). Formación de novo de productos de oxidación de sesquiterpeno durante la ebullición del mosto y el impacto del régimen de kettle hop (lúpulos con percepción herbal, amaderado, aspero al paladar) en las características sensoriales de las cervezas Lager de escala piloto. *BrewingScience*, 68, 130-145.

[53] Malowicki, M. y Shellhammer, T. (2006). Factores que afectan la cinética de isomerización del ácido amargo del lúpulo en un sistema modelo de ebullición de mosto. Sociedad Americana de Químicos Cerveceros, Inc., 29-32.

[54] Sulfuro de dimetilo: importancia, orígenes y control. (2014) *Revista de la American Society of Brewing Chemists ASBC*. doi: 10.1094 / asbcj-2014-0610-01

[55] S. (2010). Influencia de la cardiolipina en los niveles de sulfuro de dimetilo de cerveza Lager: un posible papel que involucra a las mitocondrias. *Revista de la American Society of Brewing Chemists ASBC*. doi: 10.1094 / asbcj-2010-0803-01

[56] Bamforth, CW y Anness, BJ (1981). El papel de la dimetil sulfóxido reductasa en la formación de dimetil sulfuro durante las fermentaciones. *Revista del Instituto de la elaboración de la cerveza*, 87 (1), 30-34. doi: 10.1002 / j.2050-0416.1981.tb03981.x

[57] Anderson, RJ y Howard, GA, *Journal of the Institute of Brewing*, 1974, 80, 357.

[58] Hysert, DW, Morrison, NM y Jamieson, AMJ Am. Soc. Elaborar cerveza. *Chem* 37:30 (1979).

[59] La medición de compuestos de aroma que contienen azufre en muestras de operaciones de producción de cerveza a escala de producción. (2005) Revista de la American Society of Brewing Chemists ASBC. doi: 10.1094 / asbcj-63-0129

[60] Anderson, RJ, Clapperton, JF, Crabb, D. y Hudson, JR (1975).

Sulfuro de dimetilo como una característica del sabor Lager. Revista del Instituto de elaboración de la cerveza, 81 (3), 208-213. doi: 10.1002 / j.2050-0416.1975.tb03679.x

[61] Dickenson, CJ (1983). Conferencia del Premio Cambridge Dimetil sulfuro: su origen y control en la elaboración de cerveza. Revista del Instituto de la elaboración de la cerveza, 89 (1), 41-

46.doi: 10.1002 / j.2050-0416.1983.tb04142.x

[62] Compuestos de azufre volátiles en lúpulo y concentraciones residuales en cerveza: una revisión. (2003) Revista de la American Society of Brewing Chemists ASBC. doi: 10.1094 / asbcj-61-0109

[63] Hanke, S., Ditz, V., Herrmann, M., Back, W., Becker, T. y Krottenthaler, M. (2010). Influencia del acetato de etilo, acetato de isoamilo y linalool en la percepción del sabor de la cerveza. BrewingScience, 63, 94-99.

[64] Vaporización de DMS influenciado por espuma. (2015) Revista de la American Society of Brewing Chemists ASBC. doi: 10.1094 / asbcj-2015-0910-01

[65] Liebenow. R. y Esser, K. Erfahrungen mit der Heissbeluftung der Ausschlagwurze. Monatsschr. Brau., 20, 23-24 (1967)

[66] durante la fase de enfriamiento después de ebullición) y del lúpulo. (Noba, S., et al., Búsqueda de compuestos que contribuyen al

mal sabor de la cebolla en la cerveza e investigación de la causa del sabor, J. Biosci. Bioeng., (2017), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbiosc.2017.05.009>

[67] Foster, RT y Nickerson, GB (1985). Cambios en el contenido de aceite de lúpulo y el potencial de lúpulo (Sigma) durante el envejecimiento del lúpulo. Journal of the American Society of Brewing Chemists, 43. doi: 10.1094/asbcj-43-0127

[68] Kishimoto, T., Kono, K. y Aoki, K. (2007). Compuestos de lúpulo que comprenden el aroma a lúpulo de la cerveza: los compuestos de lúpulo derivados del lúpulo aumentaron en la cerveza con lúpulo envejecido. Actas del 31°C ongreso de la Convención Europea de la Cervecería; Venecia, Italia, 2007.

[69] Rettberg, N., Thorner, S., Labus, A. y Garbe, L. (2014). Ácidos monocarboxílicos con aroma activo: origen y caracterización analítica en lúpulo fresco y envejecido. BrewingScience, 67, 33-47.

[70] Lam, KC, Foster, RT y Deinzer, ML (1986). Envejecimiento del lúpulo y su contribución al sabor de la cerveza. Revista de Química Agrícola y Alimentaria, 34 (4), 763-770. doi: 10.1021/jf00070a043

[71] Peacock, V. y Deinzer, M. (1981). Química del aroma de lúpulo en cerveza. Journal of the American Society of Brewing Chemists ASBCJ, 39. doi: 10.1094/asbcj-39-0136

[72] Vollmer, D., Algazzali, V. y Shellhammer, T. (2017). Propiedades aromáticas de la cerveza lager de dry hop con lúpulo oxidado. Revista de la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros. doi: 10.1094/asbcj-2017-1287-01

[73] Rettberg, N., Thorner, S., Labus, A. y Garbe, L. (2014). Ácidos monocarboxílicos con aroma activo: origen y caracterización analítica en lúpulo fresco y envejecido. BrewingScience, 67, 33-47.

- [74] Paul, J. (22 de septiembre de 2016). Hop Papers [Correo electrónico].
- [75] Srecec, S., Rezic, T., Šantek, B. y Maric, V. (2008) Influencia de la edad de los pellets de lúpulo en la utilización de alfa-ácidos y la calidad organoléptica de la cerveza. *Agricola Consp. Sci.* 73 (2), 103-107.
- [76] Almaguer, C., Gastl, M., Arendt, K. y Becker, T. (nd). Contribuciones de las resinas duras de lúpulo a la calidad de la cerveza. *BrewingScience*, 65, 118-129. Consultado en 2012.
- [77] Mikyška, A. y Krofta, K. (2012). Evaluación de cambios en resinas de lúpulo y polifenoles durante el almacenamiento a largo plazo. *Revista del Instituto de la elaboración de la cerveza*, 118 (3), 269-279. doi: 10.1002 / jib.40
- [78] (nd) Recuperado 2018, de <http://brulosophy.com/2015/05/18/water-chemistry-pt-2-messing-with-Minerals-exbeeriment-results/>
- [79] Comrie, AAD *Journal of the Institute of Brewing*, 1967 73, 335.
- [80] Bruce, J. (2002). Análisis de aniones en cerveza mediante cromatografía iónica. *Revista de métodos y gestión automatizados en química*, 24 (4), 127-130.
- [81] H. (2010). Maximizando el aroma y el sabor del lúpulo a través de las variables del proceso TQ trimestral técnica.
- [82] Huolihan, J. (sf). Química del agua - Pt. 6: Relación de sulfato-cloruro | Resultados del ejercicio! Recuperado de <http://brulosophy.com/2016/10/03/water-chemistry-pt-6-sulfate-to-chloride-ratio-experiment-results/>

[83] Langstaff, SA, y Lewis, MJ (1993). La sensación en boca de la cerveza - Una revisión. Revista del Instituto de la elaboración de la cerveza, 99 (1), 31-37.

[84] Langstaff, SA, Guinard, J. • x. & Lewis, MJ Journal of the Institute of Brewing, 1991, 92, 168.

[85] Narziss, L., Reichender, E. y Bub, E. Brauwelt, 1981 121 1386.

[86] Justus, A. (11 de diciembre de 2017). 066: Relación de sulfato-cloruro [publicación en el registro web]. Recuperado de <http://masterbrewerspodcast.com/066-sulfate-to-chloride-ratio>

[87] Beloshapka, A., Buff, P., Fahey Jr., G. y Swanson, K. (2016). Análisis de composición de granos enteros, granos procesados, coproductos de granos y otras fuentes de carbohidratos con aplicabilidad a la nutrición de animales de compañía. Recuperado de MDPI Foods

[88] Bruce, J. (2002). Análisis de aniones en cerveza mediante cromatografía iónica. Revista de métodos y gestión automatizados en química, 24 (4), 127-130.

[89] Scriban, R. Petit Journal du Brasseur, 1971, 79, 537.

[90] Otter, GE, Popplewell, JA & Taylor, LJ European Brewery Convention Proceedings of the 12th Congress, Interlaken, 1969, 481.

[91] De Clerck, J. Cours de Brasserie, Universite de Louvain Institut Agronomique, Section de Brasserie, Heverlee-Louvain, 1962.

[92] Vermeylen, J. Traite de la Fabrication du Malt et de la Biere, Association Royale des Anciens Eleves del Institute Superieur des Fermentations, Gand. 1962

[93] Bradée, LH "The Practical Brewer", Asociación de Cerveceros Maestros de las Américas, Madison, WI, 1977.

[94] Ragot, F., Guinard, J., Shoemaker, CF y Lewis, MJ (1989). los

Contribución de las dextrinas a las propiedades sensoriales de la cerveza Parte I. Sensación en boca. Revista del Instituto de la elaboración de la cerveza, 95 (6), 427-430. doi: 10.1002 / j.2050-0416.1989.tb04650.x

[95] Langstaff, SA, Guinard, J. y Lewis, MJ (1991). Evaluación instrumental de la sensación en boca de la cerveza y correlación con la evaluación sensorial. Revista del Instituto de la elaboración de la cerveza, 97 (6), 427-433. doi: 10.1002 / j.2050-0416.1991.tb01081.x

[96] De Clerck, J. Un libro de texto de elaboración de la cerveza, vol. 1. Chapman & Hall, Londres,

1957

[97] Scriban, R. Petit Journal du Brasseur, 1971, 79, 537.

[98] Vermeylen, J. Traité de la Fabrication du Malt y de la Bière. Association Royale des Anciens Eleves de l'Institut Supérieur des Fermentations, Gand. 1963

[99] <http://www.themadfermentationist.com/2017/06/23-abv-session-neipa.html>

[100] http://braukaiser.com/wiki/index.php?title=The_Theory_of_Mashing

[101] Schnitzenbaumer, B., Kerpes, R., Titze, J., Jacob, F. y Arendt, EK

(2012) Impacto de varios niveles de avena no malteada (Avena sativa.) En la calidad y procesabilidad de macerados, mosto y cervezas, J. Am. Soc. Elaborar cerveza. Chem

[102] Envoldsen, BS y Bathgate, GN Análisis estructural de dextrinas de mosto por medio de beta-amilasas y las enzimas de desramificación pullanse. J. Inst. Elaborar cerveza. 75: 433-443, 1969.

[103] MacGregor, AW, Bazin, SL, Maori, LJ y Babb, JC Modelando la contribución de alfa-amilasa, beta-amilasa y limitar la dextrinasa a la degradación del almidón durante el macerado. J. Cereal Sci. 29: 161-169, 1999

[104] Lee, W. y Pyler, R. (1984). Dextrinasa Límite de Malta de Cebada: Efectos Varietales, Ambientales y de Malta. Journal of the American Society of Brewing Chemists, 42. doi: 10.1094 / asbj-42-0011

[105] Lee, W. y Pyler, R. (1984). Dextrinasa Límite de Malta de Cebada: Efectos Varietales, Ambientales y de Malta. Revista de la Sociedad Americana de

Brewing Chemists, 42. doi: 10.1094 / asbj-42-0011

[106] Hopkins, RH y Wiener, SJ Inst. Elaborar cerveza. 61: 488, 1955.

[107] Walker, JW, Bringhurst, TA, Broadhead, AL, Brosnan, JM y Pearson, SY (2001). La supervivencia de la dextrinasa límite durante la fermentación en la producción de whisky escocés. Revista del Instituto de elaboración de la cerveza, 107 (2), 99-106. doi: 10.1002 / j.2050-0416.2001.tb00082.x

[108] Forster, A. y Gahr, A. (sf). Lúpulo de cervezas bajas en alcohol. *BrewingScience*, 65, 72-82. Recuperado 2012

[109] Amerine, MA; Pangborn, RM; Roessler, EB "Principios de evaluación sensorial de los alimentos"; Academic Press: Nueva York, 1965.

[110] Sociedad Americana de Químicos Cerveceros J. Am. SOC. Elaborar cerveza. Chem 1980, 38, 99.

[111] O'neill, TE (1996). Unión de sabores por proteínas alimentarias: una descripción general. Simposio de la AEC Interacciones sabor-comida, 59-74. doi: 10.1021 / bk-1996-0633.ch006

[112] Castro, LF y Ross, CF (2013). El efecto de los niveles de proteínas y carbohidratos en las propiedades químicas y sensoriales de la cerveza. Revista de la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros. doi: 10.1094 / asbcj-2013-0913-01

[113] Buckee, GK y Hargitt, R., *Journal of the Institute of Brewing*, 1977, 83, 275

[114] Enari, T.-M. y T.Sopanen: *J. Inst. Elaborar cerveza*. 92 (1986), 25.

[115] Forrest, IS & Wainwright, T., European Brewery Convention Proceedings of the 16th Congress, Amersterdam, 1977, 401.

[116] Schnitzenbaumer, B., Kerpes, R., Titze, J., Jacob, F. y Arendt, EK

(2012) Impacto de varios niveles de avena no malteada (Avena sativa.) En la calidad y procesabilidad de macerados, mosto y cervezas, J. Am. Soc. Elaborar cerveza. Chem

[117] Hertirich, J. (sf). Temas en la elaboración de la cerveza: cebada malteada. MBAA TQ, 50 (1),

29-41.

[118] Bettenhausen, Harmonie M., y col. "Influencia de la fuente de cebada en la química de la cerveza, el sabor y la estabilidad del sabor". *Food Research International*, 2018, doi: 10.1016 / j.foodres.2018.07.024.

[119] Dong, L., Hou, Y., Li, F., Piao, Y., Zhang, X., Zhang, X., . . . Zhao, C.

(2015) Caracterización de compuestos aromáticos volátiles en diferentes variedades de cebada. J Sci Food Agric, 95 (5), 915-921. doi: 10.1002 / jsfa.6759

[120] Haslbeck, K., Bub, S., Schönberger, C., Zarnkow, M., Jacob, F. y Coelhan, M. (2017). Sobre el destino del B-mirceno durante la fermentación: el papel de la extracción y la absorción de los compuestos de aceite de lúpulo por la levadura de cerveza en el mosto y la cerveza con dry hop. *BrewingScience*, 70, 159-169.

[121] Meilgaard, MC Sabor química de la cerveza; Parte I: interacción de sabor entre los volátiles principales. MBAA Tech. P. 1975, 12, 107-117.

[122] Hough, JS y Stevens, R. (1967) Sabor a cerveza: IV. Factores que afectan la producción de aceite de fusel, J. Inst. Elaborar cerveza. 67, 488-494.

[123] Zhang, C., Liu, Y., Qi, Y., Zhang, J., Dai, L., Lin, X. y Xiao, D. (2013). Aumento de los ésteres y disminución de la producción de

alcoholes por cepas de levadura de cerveza de ingeniería. Eur Food Res Technol European Food Research and Technology, 236 (6), 1009-1014. doi: 10.1007 / s00217-013-1966-1

[124] Ramos-Jeunehomme, C., Laub, R. y Masschlein, CA ¿Por qué la formación de ésteres en fermentaciones de cervecería depende de la cepa de levadura? Proc. Congr. EUR. Elaborar cerveza. Conv. 23: 257-264, 1991

[125] Enari, T., Makinen, V. y Haikara, A. (sf). La formación de compuestos de sabor durante la fermentación. Trimestral técnico, 7 (1).

[126] Landaud, S., Latrille, E. y Corrieu, G. (2001). La presión y la temperatura superiores controlan la relación alcohol / ésteres de Fusel a través del crecimiento de levadura en la fermentación de cerveza. Revista del Instituto de elaboración de la cerveza, 107 (2), 107-117. doi: 10.1002 / j.2050-0416.2001.tb00083.x

[127] Pires, EJ, Teixeira, JA, Brányik, T. y Vicente, AA (2014). Levadura:

El alma del aroma de la cerveza: una revisión de los ésteres con sabor activo y los alcoholes superiores producidos por la levadura de cerveza. Microbiología Aplicada y Biotecnología, 98 (5), 1937-1949. doi: 10.1007 / s00253-013-5470-0

[128] Influencia de una mayor disponibilidad de alcohol en la formación de ésteres por levadura.

(1994) Journal of the American Society of Brewing Chemists ASBCJ, 52. doi: 10.1094 / asbcj-52-0084

[129] Cinética de fermentación y producción de volátiles durante la fermentación alcohólica. (1995) Revista de la American Society of Brewing Chemists ASBCJ, 53. doi: 10.1094 / asbcj-53-0072

[130] Scanes KT, Hohmann S, Prior BA (1998) Producción de glicerol por la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y su relevancia para el vino: una revisión. *S Afr J Enol Vitic* 19: 17–24

[131] Arroyo-López FN, Pérez-Torrado R, Querol A, Barrio E

(2010) La modulación de las síntesis de glicerol y etanol en la levadura *Saccharomyces kudriavzevii* difiere de la exhibida por *Saccharomyces cerevisiae* y sus híbridos. *Food Microbiol* 27: 628–637

[132] Freeman, G. y Donald, G. (junio de 1956). Proceso de fermentación que conduce al glicerol. Imperial Chemical Industries Limited, 5, 197-210.

[133] Contenido de Trub de mosto y sus efectos sobre la fermentación y el sabor de la cerveza. (mil novecientos ochenta y dos). *Journal of the American Society of Brewing Chemists ASBCJ*, 40. doi: 10.1094 / asbcj-40-0057

[134] Análisis cinético de la formación de ésteres durante la fermentación de la cerveza. (1991) *Journal of the American Society of Brewing Chemists ASBCJ*, 49. doi: 10.1094 / asbcj-49-0152

[135] Hiralal, L., Olaniran, AO y Pillay, B. (2014). Perfil de ésteres aromático activo de cerveza ale producida bajo diferentes condiciones de fermentación y nutrición. *Revista de Biociencia y Bioingeniería*, 117 (1), 57-64. doi: 10.1016 / j.jbiosc.2013.06.002

[136] Cinética de fermentación y producción de volátiles durante la fermentación alcohólica. (1995) *Revista de la American Society of Brewing Chemists ASBCJ*, 53. doi: 10.1094 / asbcj-53-0072

[137] Elaboración de cerveza a alta densidad: producción de altos niveles de etanol sin concentraciones excesivas de ésteres y alcoholes de fusel. (1985) *Journal of the American Society of Brewing Chemists ASBCJ*, 43. doi: 10.1094 / asbcj-43-0179

[138] Anderson, RG y Kirsop, BH (1975). El oxígeno como regulador de la acumulación de ésteres durante la fermentación del mosto de alta densidad específica. Revista del Instituto de la elaboración de la cerveza, 81 (2), 111-115. doi: 10.1002 / j.2050-0416.1975.tb03671.x

[139] Hiralal, L., Olaniran, AO y Pillay, B. (2014). Perfil de ésteres aromático activo de cerveza ale producida bajo diferentes condiciones de fermentación y nutrición. Revista de Biociencia y Bioingeniería, 117 (1), 57-64. doi: 10.1016 / j.jbiosc.2013.06.002

[140] PH (2012, 7 de agosto). Un estudio de los factores que afectan la extracción de

Sabor al secar saltando cerveza. Recuperado de http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/34093/Wolfe_thesis

[141] Dry hopping a pequeña escala: consideraciones para lograr la reproducibilidad. (2016) Trimestral técnico. doi: 10.1094 / tq-53-3-0814-01

[142] PH (2012, 7 de agosto). Un estudio de los factores que afectan la extracción de

Sabor al secar saltando cerveza. Recuperado de http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/34093/Wolfe_thesis

[143]

https://www.reddit.com/r/beer/comments/2hj15k/beer_and_brewing_science_am

[144] Wolfe, P., Qian, MC y Shellhammer, TH (2012). El efecto del procesamiento de pellets y el tiempo de exposición en la extracción de aroma de dry hop. Serie de simposios de la AEC Química del sabor del

vino y otras bebidas alcohólicas, 203-215. doi: 10.1021 / bk-2012-1104.ch013

[145] WM y SC (2013). SECO HOPPING - UN ESTUDIO DE VARIOS

Parámetros Recuperado de <http://hopsteiner.com/wp-content/uploads/2014/03/Dry-Hopping-A-Study-of-Various-Parameters.pdf>

[146] Formación de humulina en lúpulo y pellets de lúpulo y sus implicaciones para

Cervezas de dry hop. (2016) TQ trimestral técnica. doi: 10.1094 / tq-53-1-0227-01

[147] WM y SC (2013). SECO HOPPING - UN ESTUDIO DE VARIOS

Parámetros Recuperado de <http://hopsteiner.com/wp-content/uploads/2014/03/Dry-Hopping-A-Study-of-Various-Parameters.pdf>

[148] Lagemann, A., Dixius, D., Hanke, S. y Stettner, G. (nd). Análisis mejorado de HS Trap GC-MS de compuestos de aroma de lúpulo en cerveza con dry hop. EBC 2017. Recuperado de http://www.ebc2017.com/inhalt/uploads/P003_Lagemann.pdf

[149] S. (2008). Propiedades modificadoras de la amargura de los polifenoles del lúpulo extraídos del material del lúpulo decantado. Revista de la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros. doi: 10.1094 / asbcj-2008-0619-01

[150] Forster, A. y Gahr, A. (2013). Sobre el destino de ciertas sustancias de lúpulo durante el dry hopping. Brewing Science, 66, 93-103

[151] Maye, JP, Ph.D. (2018) Secretos ocultos de The New England IPA aka Hazy IPA aka Juicy IPA. Conferencia presentada en Hopsteiner.

[152] Oladokun, O., Tarrega, A., James, S., Smart, K., Hort, J. y Cook, D.

(2016) El impacto de los perfiles de ácido amargo y polifenoles del lúpulo en la percepción amargura de la cerveza. *Food Chemistry*, 205, 212-220. doi: 10.1016 / j.foodchem.2016.03.023

[153] Haslam, E., Lilley, TH, Warminski, E., Liao, H., Cai, Y., Martin, R., et al. (1992) Complejación de polifenoles. En CT Ho, CY Lee y MT Huang (Eds.), *Compuestos fenólicos en los alimentos y sus efectos sobre la salud* (págs. 8-50). Washington, DC: Sociedad Americana de Químicos.)

[154] Deutscher HOPFEN. (2016) Guía de bolsillo 2016 [Folleto].

[155] Oladokun, O., James, S., Cowley, T., Smart, K., Hort, J. y Cook, D.

(2017) Dry hopping: los efectos de la temperatura y la variedad de lúpulo sobre los perfiles amargos y las propiedades de las cervezas resultantes. *BrewingScience*, 70, 187-196.

[156] Oladokun, O., James, S., Cowley, T., Smart, K., Hort, J. y Cook, D.

(2017) Dry hopping: los efectos de la temperatura y la variedad de lúpulo sobre los perfiles amargos y las propiedades de las cervezas resultantes. *BrewingScience*, 70, 187-196.

[157] Mikyška, A., Hrabák, M., Hašková, D. y Šrogl, J. (2002). El papel de los polifenoles de malta y lúpulo en la calidad de la cerveza, el sabor y la estabilidad de la turbidez. Revista del Instituto de la elaboración de la cerveza, 108 (1), 78-85. doi: 10.1002 / j.2050-0416.2002.tb00128.x

[158] Forster, A., Beck, B. y Schmidt R. Investigación sobre los polifenoles del lúpulo.

En: Proc. Congr. EUR. Elaborar cerveza. Conv. Bruselas, Oxford University Press, Oxford. Páginas. 143-150, 1995

[159] Engstle, J., Kuhn, M., Kohles, M., Briesen, H. y Forst, P. (nd). Desintegración de pellets de lúpulo durante el dry hopping. BrewingScience, 69, 123-127.

[160] Lafontaine, S. y Shellhammer, T. (nd). Comprender el impacto que tiene la tasa de lúpulo en la calidad del aroma y la intensidad de las cervezas de dry hop.

Recuperado de <http://www.ebc2017.com/inhalt/uploads/TUEL18-LAFONTAINE.pdf>

[161] Schnaitter, M., Kell, A., Kollmannsberger, H., Schüll, F., Gastl, M. y Becker, T. (2016). Ampliación de ensayos de dry hopping: importancia de la escala para las percepciones de aroma y sabor. Chemie Ingenieur Technik, 88 (12), 1955-1965. doi: 10.1002 / cita.201600040

[162] Marriott, R. y Wilson, C. (2017). Dry Hopping: una nueva mirada a las técnicas, la utilización y la economía. Presentación EBC 2017.

[163] Vollmer, DM y Shellhammer, TH (2016). Influencia del contenido y composición del aceite de lúpulo en la intensidad del aroma del lúpulo en la cerveza con dry hop. Revista de la Sociedad

Americana de Químicos Cerveceros. doi: 10.1094 / asbcj-2016-4123-01

[164] Lafontaine, S., Pereira, C., Vollmer, D. y Shellhammer, T. (2018). La efectividad de los marcadores volátiles del lúpulo para pronosticar la intensidad y la calidad del aroma del dry hop de los lúpulos en Cascade y Centennials. *BrewingScience*, 71, 116-140.

[165] Schmidt, C. y Biendl, M. (2016). Headspace Trap GC-MS analysis of

compuestos de aroma a lúpulo en cerveza. *BrewingScience*, 69, 9-15.

[166] Smith, RJ; Davidson, D .; Wilson, RJH Compuestos estabilizantes y amargos de espuma natural derivados del lúpulo. *Mermelada. Soc. Elaborar cerveza. Chem* 1998, 56 (2), 52-57.

[167] Siebert, K., Modelado del comportamiento de la espuma de cerveza. Presentación oral en la 73^a Reunión Anual de la ASBC como parte de la Brewing Summit, Providence, Estados Unidos, junio de 2010.

[168] Wilson, R., Schwarz, H. y Maye, J. (sf). Un potenciador de espuma natural de lúpulo. Discurso presentado en el World Brewing Congress 2012, Portland, OR.

[169] Maye, DP (sin fecha). Dry hopping y sus efectos sobre la amargura de la cerveza, la prueba IBU y la espuma de cerveza. Discurso presentado en la Conferencia Craft Brewer's 2017, Washington, DC.

[170] Thurston, PA, Quain, DE y Tubb, metabolismo de los lípidos RS y la regulación de la síntesis de ésteres volátiles en *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Inst. Elaborar cerveza*. 88: 90-94, 1982.

[171] Ohno, T. y Takahashi, R., Journal of Tire Institute of Brewing, 1986, 92, 88)

[172] Clark, DC, Wilde, PJ, Bergink-Martens, D., Kokelaar, A. y Prins, A. Comportamiento de dilatación de la superficie de soluciones acuosas de -lactoglobulina y Tween 20. En: coloides alimentarios y polímeros: estructura y dinámica. E. Dickinson y P. Walstra, Eds. Royal Society of Chemistry, Londres. Páginas. 354-364, 1993.

[173] Wolf, P., Husband, F., Cooper, D. y Ridout, M. (2003). Desestabilización de la espuma de cerveza por lípidos: efectos estructurales e interfaces. Revista de la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros. doi: 10.1094/asbcj-61-0196

[174] Segawa, S., Yamashita, S., Mitani, Y. y Takashio, M. Análisis del efecto perjudicial sobre la retención de espuma por sustancias tensioactivas de bajo peso molecular utilizando un exceso de superficie. Mermelada. Soc. Elaborar cerveza. Chem. 60: 31-36, 2002.

[175] Aislamiento y caracterización de proteínas espumosas de cerveza. (1980)

Journal of the American Society of Brewing Chemists, 38. doi: 10.1094/asbj-38-0129

[176] Buiatti, S., Bertoli, S. y Passaghe, P. (2017). Efecto potencial de la malta "Chit" sobre la estabilidad de la espuma de cerveza. *EBC, 36°C ongreso*.

[177] Métodos de análisis de ASBC. Método de cerveza 23A. Unidades de amargura (método internacional). Aprobado 1968, rev. 1975. American Society of Brewing Chemists: St. Paul, MN.

[178] Intelmann, D .; Batram, C.; Kuhn, Ch.; Haseleu, G.; Meyerhof, M.; Hofmann, T. Tres receptores de sabor amargo TAS2R median las respuestas psicofísicas a los compuestos amargos del lúpulo (*Humulus lupulus L.*) y la cerveza. *Chem Percepción*. 2009

[179] PH, MQ y TS (2012, 7 de agosto). Dry hopping a escala de cervecería: aroma, ácidos de lúpulo y polifenoles. Recuperado de http://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/34093/Wolfe_thesis

[180] Dusek, M., Olsovksa, J., Krofta, K., Jurkova, M. y Mikyska, A. Determinación cualitativa de los ácidos B y su producción de transformación en cerveza y lúpulo utilizando HR / AM-LC-MS /SRA. *J. Agric. Food Chem.* 2014

[181] Dusek, M., Olsovksa, J., Krofta, K., Jurkova, M. y Mikyska, A. Determinación cualitativa de los ácidos B y su producción de transformación en cerveza y lúpulo utilizando HR / AM-LC-MS /SRA. *J. Agric. Food Chem.* 2014

[182] Cook, AH, Howard GA y Slater, CA La química de los componentes del lúpulo VIII. Oxidación de humulona y cohumulona. *J. Inst. Elaborar cerveza*. 1955

[183] Hudson, JR (1965). La racionalización de la utilización de la adición de lúpulos: una revisión. *Revista del Instituto de la elaboración de la cerveza*, 71 (6), 482-489. doi: 10.1002 / j.2050-0416.1965.tb02076.x

[184] Hudson, JR (1965). La racionalización de la utilización de la adición de lúpulos: una revisión. *Revista del Instituto de la elaboración de la cerveza*, 71 (6), 482-489. doi: 10.1002 / j.2050-0416.1965.tb02076.x

[185] Algazzali, V. y Shellhammer, T. Intensidad de amargor del lúpulo oxidado

ácidos: humulinonas y hulupones. Mermelada. Soc. Elaborar cerveza. Chem 2016

[186] Aplicaciones de la cromatografía líquida de alto rendimiento en el control de la amargura de la cerveza. (1986) Journal of the American Society of Brewing Chemists ASBCJ, 44. doi: 10.1094 / asbcj-44-0101

[187] Pavo real, V. Fundamentos de la química de la adición de lúpulos. 35 (1) 4-8 1998

[188] Stevens, R. y Wright, D. (1961). espacio de cabeza de HOPS. X. HULUPONES Y LA IMPORTANCIA DE LOS ÁCIDOS β EN LA CERVECERÍA *. Revista del Instituto de la elaboración de la cerveza, 67 (6), 496-501. doi: 10.1002 / j.2050-0416.1961.tb01830.x

[189] Índice de almacenamiento de adiciones. (1979) Journal of the American Society of Brewing Chemists ASBCJ, 37. doi: 10.1094 / asbcj-37-0184

[190] Formación de humulinona en lúpulo y pellets de lúpulo y sus implicaciones para las cervezas de dry hop. (2016) TQ trimestral técnica. doi: 10.1094 / tq-53-1-0227-01

[191] Yoshimasa, T. (2017). Estudios químicos sobre óxidos de ácido amargo derivados del lúpulo (*Humulus lupulus L.*) en la elaboración y almacenamiento de cerveza (Disertación_). Recuperado de <https://dx.doi.org/10.14989/docteur.r13104>.

[192] Oladokun, O., James, S., Cowley, T., Smart, K., Hort, J. y Cook, D.

(2017) Dry hopping: los efectos de la temperatura y la variedad de lúpulo sobre los perfiles amargos y las propiedades de las cervezas resultantes. BrewingScience, 70, 187-196.

[193] Meilgaard, M. y Trolle, B. La utilización del lúpulo en la cervecería. Proc. 6to Congr. EUR. Elaborar cerveza. Conve., Copenhagane. 1957

[194] Schmick, M. (2014). Dry hopping y su efecto sobre el pH de la cerveza. Universidad de Wisconsin-Stout, Escuela de Graduados

[195] Oladokun, O., James, S., Cowley, T., Smart, K., Hort, J. y Cook, D.

(2017) Dry hopping: los efectos de la temperatura y la variedad de lúpulo sobre los perfiles amargos y las propiedades de las cervezas resultantes. *BrewingScience*, 70, 187-196.

[196] Oladokun, O., Tarrega, A., James, S., Cowley, T., Dehrmann, F., Smart, K.,... Hort, J. (2016). Modificación de la intensidad percibida del amargor de la cerveza, carácter y perfil temporal por extracto de aroma de lúpulo. *Food Research International*, 86, 104-111. doi: 10.1016 / j.foodres.2016.05.018

[197] Kaltner, D., Forster, C., Flieher, M. y Pinto, T. (2013). La influencia del dry hopping en tres estilos diferentes de cerveza. *Brauwelt International*, 355-359.

[198] Ácidos del lúpulo y sus mínimas inhibiciones inhibitorias. (Dakota del Norte).
HOPSTEINER Recuperado de
<http://www.hopsteiner.de/fileadmin/redeakteur/pdf/hopfenprodukte/antibakteriellprodukte/bacteriostaticeffects.pdf>

[199] Maye, JP, Ph.D. (2018) Secretos ocultos de The New England IPA aka Hazy IPA aka Juicy IPA. Conferencia presentada en Hopsteiner.

[200] Brown, HT y Morris, GH (1893). Sobre ciertas funciones del lúpulo utilizado en el dry hopping de cervezas. *The Brewers Guardian*, 107-109.

[201] Janicki, J., Kotasthane, WV, Parker, A. y Walker, TK (1941). La actividad diastásica del lúpulo, junto con una nota sobre maltasa en el lúpulo. *Revista del Instituto de la elaboración de la cerveza*, 47 (1), 24-36. doi: 10.1002 / j.2050-0416.1941.tb06070.x

[202] Kirkpatrick, K. y Shellhammer, T. (2017, 7 de junio). Investigando el poder enzimático del lúpulo. Conferencia presentada en la Reunión Anual de ASBC 2017 en FL, Fort Myers.

[203] Baillo, A. (sf). Los pellets de agitación en seco y agitación aumentan las dicetonas vicinales y reducen el extracto aparente. Conferencia presentada en la Reunión Anual de ASBC 2017 en Florida, Fort Myers.

[204] Vanderhaegen, B., Neven, H., Coghe, S., Verstrepen, KJ, Derdelinckx, G. y Verachtert, H. (2003). Bioflavoring y referencia de cerveza. *Microbiología Aplicada y Biotecnología*, 62 (2-3), 140-150. doi: 10.1007 / s00253-003-1340-5

[205] Ting, Patrick L., Kay, Susan y Ryder, David. La ocurrencia y

Naturaleza del sabor de Kettle Hop. En: Shellhammer, Thomas H. ed., 2009, HOP SABOR Y AROMA Poceedings del 1er Simposio Internacional de Cerveceros, Master Brewers Association of the Americas, St. Paul, MN. Pág. 25-26

[206] Sarry, J. y Gunata, Z. (2004). Hidrolasas de glucósidos vegetales y microbianos: liberación volátil de precursores de aroma glucosídico. *Química de Alimentos*, 87 (4), 509-

521. doi: 10.1016 / j.foodchem.2004.01.003

[207] Lecas, M., Gunata, ZY, SIPA'Ss, J. y Bayonove, CL (1991). Purificación y caracterización parcial de β -glucosidasa de uva. Fitoquímica, 30 (2), 451-454. doi: 10.1016 / 0031-9422 (91) 83702-m

[208] Sarry, J. y Gunata, Z. (2004). Hidrolasas de glucósidos vegetales y microbianos: liberación volátil de precursores de aroma glucosídico. Química de Alimentos, 87 (4), 509-521. doi: 10.1016 / j.foodchem.2004.01.003

[209] Goldstein, H., TingP., Schulze, WG, Murakami, AA, Lusk, LT, Young, VD, 1999b. Métodos de fabricación y uso de aromatizantes de lúpulo purificados.

[210] Wang, Y., Zhang, C., Li, J. y Xu, Y. (2013). Diferentes influencias de las β -glucosidasas en compuestos volátiles y antocianinas de Cabernet Gernischt y razón posible. Food Chemistry, 140 (1-2), 245-254. doi: 10.1016 / j.foodchem.2013.02.044

[211] The Yeast Bay, METSCHNIKOWIA REUKAUFII. Recuperado el 1 de mayo de 2019, de <https://www.theyeastbay.com/beta-release-cultures/metschnikowia-reukaufii>

[212] Rosi, I., Vinella, M. y Domizio, P. (1994). Caracterización de la actividad de β -glucosida en levaduras de origen enológico. Revista de bacteriología aplicada, 77 (5), 519-527. doi: 10.1111 / j.1365-2672.1994.tb04396.x

[213] Daenen, L., Saison, D., Sterckx, F., Delvaux, F., Verachtert, H. y Derdelinckx, G. (2007). Detección y evaluación de la actividad glucósida hidrolasa en levaduras de elaboración *Saccharomyces* y *Brettanomyces*. J Appl Microbiol Journal of Applied Microbiology, 0 (0). doi: 10.1111 / j.1365-2672.2007.03566.x

[214] Vervoort, Y., Herrera-Malaver, B., Mertens, S., Medina, VG, Duitama,

J., Michiels, L., . . . Verstrepen, KJ (2016). Caracterización de la β -glucosidasa de *Brettanomyces anomalus* recombinante y su potencial de bioflavoring. *J Appl Microbiol Journal of Applied Microbiology*. doi: 10.1111 / jam.13200

[215] Haslbeck, K., Jerebic, S. y Zarnkow, M. (2017). Caracterización del Progress de las variedades de lúpulo no fertilizadas y fertilizadas y la tradición de Hallertauer - Análisis de compuestos de sabor libres y ligados a glucosídicos y actividad de glucosidasa B. *BrewingScience*, 70, 148-158.

[216] Wanapu, C., Sripunya, P. y Boonkerd, N. (2012). Selección de cepas de levadura que contienen glucosidas para mejorar el aroma del vino. *Revista de Ciencia y Tecnología Agrícolas*, 691-702.)

[217] Steyer, D., Tristram, P., Clayeux, C., Heitz, F. y Laugel, B. (2017). Cepas de levadura y variedades de lúpulo Sinergia en compuestos volátiles de cerveza. *BrewingScience*, 70, 131-141.

[218] Inui, T. (nd). Estudio sobre el atractivo aroma a lúpulo para la cerveza. Discurso presentado en el World Brewing Congress 2012, Portland, OR.

[219] Sharp, D., Qian, Y., Shellhammer, G. y Shellhammer, T. (2017). Contribuciones de ciertos regímenes de lúpulo al contenido terpenoide y al perfil de aroma de lúpulo de cervezas Ale y Lager. *Revista de la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros*. doi: 10.1094 / asbcj-2017-2144-01

[220] Swangkeaw, J., ViChitphan, S., Butzke, CE y ViChitphan, K. (2009). La caracterización de una nueva β -glucosidasa de *Pichia anomala* con capacidades potencialmente potenciadoras del aroma en el vino. *Ana. Microbiol Annals of Microbiology*, 59 (2), 335-343. doi: 10.1007 / bf03178336

[221] Lei, H., Xu, H., Feng, L., Yu, Z., Zhao, H. y Zhao, M. (2016). Rendimiento de fermentación de levadura lager en fermentaciones de cerveza de alta densidad con diferentes suplementos de azúcar. Revista de Biociencia y Bioingeniería. doi: 10.1016 / j.jbiosc.2016.05.004

[222] Wang, Y., Zhang, C., Li, J. y Xu, Y. (2013). Diferentes influencias de las β -glucosidasas en compuestos volátiles y antocianinas de Cabernet Gernischt y razón posible. Food Chemistry, 140 (1-2), 245-254. doi: 10.1016 / j.foodchem.2013.02.044

[223] Vervoort, Y., Herrera-Malaver, B., Mertens, S., Medina, VG, Duitama, J., Michiels, L., . . . Verstrepen, KJ (2016). Caracterización de la β -glucosidasa de *Brettanomyces anomalus* recombinante y su potencial de bioflavoring. J Appl Microbiol Journal of Applied Microbiology. doi: 10.1111 / jam.13200

[224] Swangkeaw, J., Vichitphan, S., Butzke, CE y Vichitphan, K. (2009). La caracterización de una nueva β -glucosidasa de *Pichia anomala* con capacidades potencialmente potenciadoras del aroma en el vino. Ana. Microbiol Annals of Microbiology, 59 (2), 335-343. doi: 10.1007 / bf03178336

[225] . ("The Sour Hour - Episode 37." Audio blog post. Ed. Scott Moskowitz. The Brewing Network, 21 de junio de 2016. Web

[226] Gil, J., Manzanares, P., Genoves, S., Valles, S. y Gonzalezcandelas, L. (2005) La sobreproducción de la principal exoglucanasa de conduce a un aumento en el aroma del vino. Revista Internacional de Microbiología de Alimentos, 103 (1), 57-68. doi: 10.1016 / j.ijfoodmicro.2004.11.026

[227] Andrew King, Richard Dickinson (2003, marzo). Biotransformación de terpenoides con aroma a lúpulo por levaduras ale y lager. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1567-1364.2003.tb00138.x/full>

[228] Sharp, D., Vollmer, D., Qian, Y. y Shellhammer, T. (2017). Examen de los métodos de hidrólisis de glucósidos para la determinación del contenido de glucósidos de terpenilo de diferentes cultivares de lúpulo. Revista de la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros. doi: 10.1094/asbcj-2017-2071-01

[229] Takoi, K., Itoga, Y., Koie, K., Kosugi, T., Shimase, M., Katayama, Y., . . .

Watari, J. (2010). La contribución del metabolismo de geraniol al sabor cítrico de la cerveza: sinergia de geraniol y β -citronelol bajo coexistencia con exceso de linalool. Revista del Instituto de la elaboración de la cerveza, 116 (3), 251-260. doi: 10.1002 / j.2050-0416.2010.tb00428.x

[230] <https://ychhops.com/varieties>

[231] Detección de lúpulo de sabor rico en geraniol y comportamiento interesante de β -citronelol durante la fermentación bajo diversos tiempos de adición de lúpulo. Revista de la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros. doi: 10.1094/asbcj-2014-0116-01

[232] Takoi, K., Itoga, Y., Koie, K., Takayanagi, J., Kaneko, T., Watanabe, T., . . .

. Nomura, M. (2017). Análisis sistemático del comportamiento de alcoholes monoterpenos derivados de lúpulo durante la fermentación y nueva clasificación de lúpulo de sabor rico en geraniol. *BrewingScience*, 70, 177-186.

[233] Schmidt, C. y Biendl, M. (2016). Headspace Trap Análisis GC-MS de compuestos de aroma de lúpulo en cerveza. *BrewingScience*, 69, 9-15.

[234] Takoi, K., Itoga, Y., Koie, K., Kosugi, T., Shimase, M., Katayama, Y., ...

Watari, J. (2010). La contribución del metabolismo de geraniol al sabor cítrico de la cerveza: sinergia de geraniol y β -citronelol bajo coexistencia con exceso de linalool. *Revista del Instituto de la elaboración de la cerveza*, 116 (3), 251-260. doi: 10.1002 / j.2050-0416.2010.tb00428.x

[235] <http://www.themadfermentationist.com/2017/02/gose-neipa-principles- for-coriander.html>

[236] Tominaga, T., Baltweck-Guyot, R., Peyrot des Gachons, C. y Dubourdieu, D., 2000. Contribución de los tioles volátiles a los aromas de los vinos blancos elaborados con varias variedades de uva *Vitis vinifera*. *A.m. J. Enol. Vitic.* 57, 178-181.]

[237] Kammhuber, K., Hundhammer, M. y Weihrauch, S. (2017). Influencia de la Fecha de Cosecha en los Compuestos de Azufre de la Cascade de Variedades "Lúpulo de Sabor Especial", Mandarina Baviera, Hallertau Blanc, Huell Melón y Polaris. *BrewingScience*, 70, 124-130.

[238] Rettberg, N., Thorner, S., Labus, A. y Garbe, L. (2014). Ácidos monocarboxílicos con aroma activo: origen y caracterización analítica en lúpulo fresco y envejecido. *BrewingScience*, 67, 33-47.

[239] Wakabayashi, H., Wakabayashi, M., Eisenreich, W. y Engel, KH. Curso estereoquímico de la generación de 3-mercaptophexanal y 3-mercaptophexanol por hendidura catalizada por B-lisasa catalizada por conjugados de cisteína. *J. Agric. Food Chem.* 52: 110-116, 2004

[240] Wust, M .: Wein - Qualitat entscheidet sich en Nanogramm, chemie en unserer Zeit, 37 (2003), págs. 8-17.

[241] Tominaga T, Furrer A, Henry R y Dubourdieu D (1998a) Identificación de nuevos tioles volátiles en el aroma de *Vitis vinifera* L. var. Vinos Sauvignon Blanc. *Sabor Fragr J.* 13: 152-162.

[242] Steinhaus, M.; Schieberle, P. Transferencia de los potentes odorizantes de lúpulo linalool, geraniol y 4-metil-4-sulfanil-2-pantanona de los lúpulos a la cerveza. En European Brewery Convention, Actas del 31°C ongreso EBC, Venecia 2007; Fachverlag Hans Carl: Nuremberg, Alemania, 2007; 112

[243] Steinhaus, M .; Fritsch, HT; Schieberle, P. Cuantificación de (R) - y (S) -linalool en cerveza usando microextracción en fase sólida (SPME) en combinación con un ensayo de dilución de isótopos estables (SIDA). *J. Agric. Food Chem.* 2003, 51, 7100-7105

[244] Reglitz, K. y Steinhaus, M. (2017). Cuantificación de 4-metil-4-sulfanilpentan-2-ona (4MSP) en lúpulo mediante un ensayo de dilución de isótopos estables en combinación con GC × GC-TOFMS: desarrollo y aplicación de métodos para estudiar la influencia de la variedad, procedencia, año de cosecha y Procesamiento en concentraciones de 4MSP. *Revista de Química Agrícola y Alimentaria*, 65 (11), 2364-2372. doi: 10.1021 / acs.jafc.7b00455

[245] Kishimoto, T.; Kobayashi, M .; Yako, N .; Iida, A .; Wanikawa, A. Comparación de los contenidos de 4-mercacho-4-metilpentan-2-ona en cultívares de lúpulo de diferentes regiones de crecimiento. *J. Agric. Food Chem.* 2008, 56, 1051-1057

[246] Hieronymus, S. (2017, 17 de agosto). Hop Queries: manteniendo nuestra lista de 4MMP actualizada. Hop Queries.

[247] Reglitz, K., NL, SH y MS (2018). Sobre el comportamiento del importante odorante del lúpulo 4-Mercapto-4methylpentan-2-one (4MMP) durante el dry hopping y durante el almacenamiento de cerveza con dry hop. *BrewingScience*, 71 , 96-99.

[248] Roland, A., Delpech, S. y Dagan, L. (2017). Un potente indicador analítico para impulsar la liberación de tioles varietales en cervezas: la "potencia del tiol". *BrewingScience*, 70, 170-175.

[249] Tioles polifuncionales en cervezas belgas especiales frescas y envejecidas: destino de los conjugados de S-cisteína del lúpulo. (2015) Revista de la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros. doi: 10.1094 / asbcj-2015-0130-01

[250] C. (2013). Primera evidencia de la producción de toldos polifuncionales de olor por referencia de botella. Revista de la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros. doi: 10.1094 / asbcj-2013-0117-01

[251] Masneuf-Pomarede I, Mansour C, Murat ML, Tominaga T y Dubourdieu D (2006) Influencia de la temperatura de fermentación en las concentraciones de tioles volátiles en los vinos Sauvignon Blanc. *Int J Food Microbiol* 108: 385-390.

[252] Subileau, M., Schneider, R., Salmon, J. y Degryse, E. (2008). La represión del catabolito de nitrógeno modula la producción de tioles aromáticos característicos de Sauvignon Blanc a nivel del transporte de precursores. *FEMS Yeast Research*, 8 (5), 771-780. doi: 10.1111 / j.1567-1364.2008.00400.x

[253] DUBOURDIEU, D .; LAVIGNE, V .; 1990: Incidencia de la hiperoxigenización sobre la composición de la chimenea y las clases organolépticas de las vides blancas secs du bordelais. *Rev. Fr. Enol.* 124, 58-61.

[254] Gros, J., Nizet, S. y Collin, S. (2011) Ocurrencia de tioles polifuncionales compuestos de lúpulo en el cultivar súper alfa Tomahawk hop. Comparación con la variedad amarga de Nelson Sauvin, rica en tiol. *J. Agric. Food Chem.*, 59, 8853-8865.

[255] Grant-Preece, PA, Pardon, KH, Capone, DL, Cordente, AG, Sefton, MA, Jeffery, DW y Elsey, GM Síntesis de conjugados de tiol del vino y análogos etiquetados: fermentación del conjugado de glutatión de 3- mercaptohexan-1-ol produce el correspondiente conjugado de cisteína y tiol libre. *J. Agric. Food Chem.* 58: 1383-1389, 2010

[256] Roland, A., Schneider, R., Le Guerneve, C., Razungles, A. y Cavelier, F. Identificación y cuantificación por LC-MS / MS de un nuevo precursor de 3-mercaptohexan-1-ol (3MH) usando un ensayo de dilución de isótopos estables: Elementos para comprender la producción de 3MH en vino. *Food Chem.* 121: 847-855, 2010

[257] Swiegers JH y Pretorius IS (2007) Modulación de compuestos volátiles de azufre por levadura de vino. *Appl Microbiol Biotechnol* 74: 954-960.

[258] Gros, J., Tran, TT y Collin, S. (2013). Liberación enzimática de tioles polifuncionales olorosos a partir de conjugados de cisteína en lúpulo. *Revista del Instituto de*

Elaboración de la cerveza, 119 (4), 221-227. doi: 10.1002 / jib.80

[259] Tominaga, T., R. Baltenweck-Guyot, C. Peyrot de Gachons y D. Dubour-dieu. 2000. Contribución de los tioles volátiles a los aromas de los vinos blancos elaborados con varias variedades de uva *Vitis vinifera*. *A.m. J. Enol. Vitic.* 51: 178-181

[260] Howell, KS, JH Swiegers, G. Elsey, TE Siebert, EJ Bartowsky, GH Fleet, Pretorius, IS y M. de Barros Lopes. 2004. Variación en la liberación de 4-mercaptopentan-2-ona por diferentes cepas de vino. *FEMS Microbiol. Letón.* 240: 125-129

[261] Murat ML, Masneuf I, Darriet P, Lavigne V, Tominaga T, Dubourdieu D (2001) Efecto de las cepas de levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la liberación de tioles volátiles en el vino Sauvignon Blanc. *Am J Enol Vitic* 52: 136–139

[262] Swiegers, JH y Pretorius, IS (2007). Modulación de compuestos volátiles de azufre por levadura de vino. *Microbiología Aplicada y Biotecnología*, 74 (5), 954-960. doi: 10.1007 / s00253-006-0828-1

[263] Howell, KS, Klein, M., Swiegers, JH, Hayasaka, Y., Elsey, GM, Fleet, GH, . . . Lopes, MA (2005). Determinantes genéticos de la liberación de tiol volátil por *Saccharomyces cerevisiae* durante la fermentación del vino. *Microbiología Aplicada y Ambiental*, 71 (9), 5420-5426. doi: 10.1128 / aem.71.9.5420-5426.2005

[264] Murat, ML; Masneuf, I.; Darriet, P.; Lavigne, V.; Tominga, T.; Dubourdieu, D. (2001a) Efecto de las cepas de levadura *Saccharomyces cerevisiae* sobre la liberación de tioles volátiles en el vino Sauvignon blanc. *A.m. J. Enol. Vitic.* 52: 136-139.

[265] Swiegers, J., Francis, I., Herderich, M. y Pretorius, I. (2006).

[266] <http://www.oenobrands.com/en/our-brands/anchor/new-world-wine- yeasts / product-data-sheet / vin-7>

[267] <http://www.oenobrands.com/en/our-brands/anchor/alchemy-yeast- blends / anchor-alchemy-ii>

[268] King, ES, Swiegers, JH, Travis, B., Francis, IL, Bastian, SE y

Pretorius, IS (2008). Las fermentaciones coinoculadas con levaduras *Saccharomyces* afectan la composición volátil y las propiedades

sensoriales de *Vitis vinifera*L. CV. Vinos Sauvignon Blanc. Revista de Química Agrícola y Alimentaria, 56 (22), 10829-10837. doi: 10.1021 / jf801695h

[269] Howell, KS; Cozzolino, D.; Bartowsky, E.; Fleet, GH; Henschke, PA Perfiles metabólicos como una herramienta para revelar las interacciones de *Saccharomyces* durante la fermentación del vino. FEMS Levadura Res. 2006, 6, 91-101.

[270] <https://www.chr-hansen.com/en/food-cultures-and-enzimas/wine/cards/product-cards/frozent-first-ever-pichia-kluyveri-yeast>

[271] Holt, S., Mukherjee, V., Lievens, B., Verstrepen, KJ y Thevelein, JM

(2018) Bioflavoring por levaduras no convencionales en fermentaciones de cerveza secuenciales. Food Microbiology, 72, 55-66. doi: 10.1016 / j.fm.2017.11.008

[272] Zuchowski, J.; Jonczyk, K.; Pocio, L.; Oleszek, W. Concentraciones de ácido fenólico en trigo de primavera e invierno cultivado de manera orgánica y convencional. J. Sci. Food Agric. 2011, 91, 1089-1095.

[273] Kishimoto, Toru. "Compuestos de lúpulo derivados del lúpulo que contribuyen a las características aromáticas de la cerveza". Diario de la sociedad cervecería de Japón, vol. 104, no. 3, 2009, pp. 157-169., Doi: 10.6013 / jbrewsocjapan.104.157.

[274] K. (2008). Comportamientos del acetato de 3-mercaptophexan-1-ol y 3-mercaptophexilo durante los procesos de elaboración de la cerveza. Revista de la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros. doi: 10.1094 / asbcj-2008-0702-01

[275] Kishimoto, T., Morimoto, M., Kobayashi, M., Yako, N. y Wanikawa, A. (nd). Comportamientos del acetato de 3-mercaptophexan-1-ol y 3-mercaptophexilo durante los procesos de

elaboración de la cerveza. Sociedad Americana de Químicos Cerveceros, 192-196.)

[276] Roland, A., Delpech, S., Reillon, F., Viel, C. y Dagan, L. (nd). Primera identificación de precursores cisteinilados y glutatiónilados de 3-mercaptophexan-1-ol en cebada. Presentación EBC 2017

[277] Dresel, M., Praet, T., Van Opstaele, F., Van Holle, A., Naudts, D., De Keukeleire, D., . . . Aerts, G. (2015). Comparación de los perfiles analíticos de volátiles en mosto de un solo lúpulo y cervezas en función de la variedad de lúpulo.

BrewingScience, 68, 8-28

[278] Takoi, K. ; Tominaga, T. ; Degueil, M. ; Sakata, D. ; Kurihara, T. ; Shinkaruk, S. ; Nakamura, T. ; Maeda, K. ; Akiyama, H. ; Watari, J. ; Bennetau, B. y Dubourdieu, D. : Identificación de nuevos compuestos de sabor únicos derivados del lúpulo Nelson Sauvin y desarrollo de nuevos productos utilizando este lúpulo. Proc. 31°C ongreso EBC, (2007)

[279] Takoi, K., Degueil, M., Shinkaruk, S., Thibon, C., Kurihara, T., Toyoshima, K., . . . Tominaga, T. (2009). Compuestos de sabor específicos derivados de Nelson Sauvin Hop y sinergia de estos compuestos. *BrewingScience*, 62, 108-118.

[280] Takoi, K., Itoga, Y., Koie, K., Takayanagi, J., Watanabe, T., Matsumoto, I. y Nomura, M. (2018). Comportamiento de los ésteres de cadena ramificada derivados del lúpulo durante la fermentación y características únicas del lúpulo de melón Huek y Ekuanot (HBC366). *BrewingScience*, 71 , 100-109.

[281] <http://scottjanish.com/toasted-oat-hull-melon-pale-ale/>

[282] Takoi, K., Sanekata, A., Itoga, Y., Koie, K., Matsumoto, I. y Nakayama, Y. (2016). Diferencia varietal de los compuestos de sabor derivados del lúpulo en cervezas de lupulado tardío / dry hop. *BrewingScience*, 69, 1-7.

[283] Schmidt, C. y Biendl, M. (2016). Headspace Trap Análisis GC-MS de compuestos de aroma de lúpulo en cerveza. *BrewingScience*, 69, 9-15.

[284] Matsche, B., Muñoz, A., Wiesen, E., Schönberger, C., y Krottenthaler, M. (2018). *La influencia de las cepas de levadura y las variedades de lúpulo en el aroma de la cerveza* (Vol. 71). *BrewingScience*.

[285] Haslbeck, K., Bub, S., Schönberger, C., Zarnkow, M., Jacob, F. y Coelhan, M. (2017). Sobre el destino del B-mirceno durante la fermentación: el papel de la extracción y la absorción de los compuestos de aceite de lúpulo por la levadura de cerveza en el mosto y la cerveza con dry hop. *BrewingScience*, 70, 159-169.

[286] S. (2011). Volatilización de compuestos aromáticos relevantes para cerveza de trigo en agua en condiciones que simulan fermentación alcohólica. *Revista de la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros*. doi: 10.1094/asbcj-2011-0822-01

[287] Ferreira, V., Peña, C., Escudero, A. y Cacho, J. (1996). Pérdidas de compuestos volátiles durante la fermentación. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*, 202 (4), 318-323. doi: 10.1007/bf01206104

[288] Hieronymus, S. (2017, 17 de agosto). Hop Queries [Correo electrónico].

[289] <https://ychhops.com/varieties>

- [290] Kaltner, D., Forster, C., Flieher, M. y Pinto, T. (2013). La influencia del dry hopping en tres estilos diferentes de cerveza. *Brauwelt International*, 355-359
- [291] Parkin, E. y Shellhammer, T. (nd). Hacia la comprensión de la amargura de la cerveza con dry hop. *American Society of Brewing Chemists, Inc.* 75 (4): 363-368,2017
- [292] L. Mélotte, INBR, UcL, XIII. J. DE CLERCK CHAIR, septiembre de 2008
- [293] Propiedades modificadoras de la amargura de los polifenoles del lúpulo extraídos del material del lúpulo decantado. *Revista de la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros*. doi: 10.1094 / asbcj-2008-0619-01
- [294] Forster, A. y Gahr, A. (2013) Sobre el destino de ciertas sustancias del lúpulo durante el dry hopping. *Brewing Science*, 66, 93-103.
- [295] Berner, T., Jacobsen, S. y Arneborg, N. (2013). El impacto de las diferentes cepas de levadura de cerveza en el proteoma de la cerveza inmadura. *BMC Microbiology*, 13 (1), 215. doi: 10.1186 / 1471-2180-13-215
- [296] Siebert KJ (1999) Efectos de las interacciones proteína-polifenoles en la turbidez, estabilización y análisis de bebidas. *J Agric Food Chem* 47: 353-362
- [297] Siebert, K. y Lynn, PY: Efecto de la relación proteína-polifenol sobre el tamaño de las partículas de turbidez, *Journal of the American Society of Brewing Chemists* 58 (2000), no. 3, págs. 117 - 123.
- [298] Hagerman, AE, Rice, ME y Ritchard, NT (1998). Mecanismos de precipitación de proteínas para dos taninos, pentagalloyl glucosa y epicatequina16 (4 8) catequina (procianidina). *J. Agric. Food Chem.* 46, 2590-2595.

[299] Delvaux, F., Combes, F. y Delvaux, F. El efecto de la malta de trigo en la turbidez coloidal de las cervezas blancas. Tech. P. Master Brew. Asoc. A.m. 41: 27-32, 2004.

[300] (Klose, C., Schehl, B., y Arendt, E. (2008). Cambios de proteínas durante el malteado de cebada utilizando la nueva tecnología Lab-on-a-Chip en comparación con la electroforesis en gel bidimensional. BrewingScience, 56)

[301] Delvaux, F., Combes, F. y Delvaux, F. El efecto de la malta de trigo en la turbidez coloidal de las cervezas blancas. Tech. P. Master Brew. Asoc. A.m. 41: 27-32, 2004.

[302] Shewry, PR, Tatham, AS, Fido R., Jones, H., Bercelo, P. y Lazzeri, PA Mejora las propiedades de uso final del trigo al manipular la composición de la proteína del grano. En: Trigo en Medio Ambiente Global. Sexta Conferencia Internacional del Trigo, Budapest, Hungría, 2000.

[303] Narziss, L. y Black, W. Die Technologie der Malzbereitung. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, Alemania, 2009.

[304] Asano, K., Shinagawa, K. y Hashimoto, N. (1982). Caracterización de proteínas formadoras de turbidez de cerveza y sus funciones en la formación de turbidez fría. Journal of the American Society of Brewing Chemists, 40. doi: 10.1094 / asbj-40-0147) En otras palabras, durante la germinación, las proteínas de almacenamiento (proteínas de gluten

[305] Faltermaier, A., Waters, D., Becker, T., Arendt, E. y Gastl, M. (2013). Modificaciones de proteínas y cambios metabólicos que tienen

lugar durante el malteado del trigo común (*Triticum aestivum L.*). Sociedad Americana de Químicos Cerveceros, Inc., 71, 153-160.

[306] Asano K, Shinagawa K, Hashimoto N (1982) Caracterización de las proteínas de la cerveza que forman turbidez y su papel en la formación de turbidez. J AM Soc Brew Chem 40: 147-154

[307] <https://whitelabs.com/other-products/wln4000-clarity-ferm>

[308] El efecto del tiempo de germinación en la calidad final de malta del trigo sarraceno.

(2006) Revista de la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros.

doi: 10.1094 / asbcj-64-0214

[309] Asano, K., Shinagawa, K. y Hashimoto, N. (1982). Caracterización de las proteínas de la cerveza formadoras de turbidez y su papel en la formación de turbidez. Mermelada. Soc. Elaborar cerveza. Chem 40, 147-154

[310] Siebert KJ (2006) Formación de turbidez en bebidas. LWT-Food Sci Technol 39: 987-994

[311] MacLeod, A., O'Donovan, J., Kelly Turkington, T. y Edney, M. (sin fecha). Composición de aminoácidos del mosto de nuevas variedades de cebada de malta canadiense y su relación con la proteína de grano. Conferencia presentada en el 2012 World Brewing Congress en Canadá.

[312] Fontana, M. y Buiatti, S. (2009) Aminoácidos en cerveza, en Salud y Prevención de Enfermedades (Preedy, VR, Ed.), Págs. 273 284, Elsevier Academic Press, Londres.

[313] Deželak, M., Zarnkow, M., Becker, T. y Košir, IJ (2014). Procesamiento de bebidas de cerveza sin gluten fermentadas en el fondo a base de trigo sarraceno y malta de quinoa con caracterización química y sensorial. Revista del Instituto de la elaboración de la cerveza. doi: 10.1002 / jib.166

[314] <http://www.bobsredmill.com/whole-grain-oat-flour.html>

[315] https://en.wikipedia.org/wiki/Rolled_oats

[316] Schnitzenbaumer, B., Kaspar, J., Titze, J. y Arendt, EK (2013). Implementación de harinas comerciales de avena y sorgo en la elaboración de cerveza. European Food Research and Technology, 238 (3), 515-525. doi: 10.1007 / s00217-013-2129-0

[317] <https://www.whitelabs.com/yeast-vault>

[318] <https://www.themadfermentationist.com/2017/11/new-england-pale-ale- brewing-video.html>

[319] Oxígeno y radicales de oxígeno en malteado y elaboración de cerveza: una revisión. (1993) Journal of the American Society of Brewing Chemists, 51. doi: 10.1094 / asbj-51-0079

[320] Kaneda, H., Takashio, M., Osawa, T., Kawakishi, S. y Tamaki, T. Comportamiento de sulfitos durante la fermentación y almacenamiento de cerveza. Mermelada. Soc. Elaborar cerveza. Chem 54: 115-120, 1996.

[321] Ilett, DR 1995. Aspectos del análisis, función y destino del dióxido de azufre en cerveza: una revisión. *MBAA Technical Quarterly* 32: 213-221.)

[322] HARDING, D., "Finings", Química e industria. 1979,895.

[323] Lund, MN, Krämer, AC y Andersen, ML (2015). Mecanismos antioxidantes de los tioles derivados de sulfito y proteínas durante las primeras etapas de las reacciones oxidativas inducidas por metales en la cerveza. *Revista de Química Agrícola y Alimentaria*, 63 (37), 8254-8261. doi: 10.1021 / acs.jafc.5b02617

[324] El papel del cobre, el oxígeno y los polifenoles en la inestabilidad del sabor de la cerveza.

(1991) *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 49. doi: 10.1094 / asbj-49-0140

[325] Almeida, NE, Lund, MN, Andersen, ML y Cardoso, DR (2013). Compuestos que contienen tiol de cerveza y estabilidad redox: estudio cinético de la capacidad de eliminación de radicales 1-hidroxietilo. *Revista de Química Agrícola y Alimentaria*, 61 (39), 9444-9452. doi: 10.1021 / jf402159a

[326] Lindoff-Larsen, K. y Winther, JR Estabilidad sorprendentemente alta de la proteína de transferencia de lípidos de cebada, LTP1, hacia la desnaturalización, el calor y las proteasas. *FEBSLett.* 488: 145-148, 2001

[327] Wu, M., Clarke, F., Rogers, P., Young, P., Sales, N., O'Doherty, P. y Higgins, V. (2011). Identificación de una proteína con actividad antioxidante que es importante para la protección contra el envejecimiento de la cerveza. *Revista Internacional de Ciencias Moleculares*.

[328] Sorensen, SB, Bech, L. / M., Muldbjerg, M., Beenfeldt, T. y Breddam, K., la proteína de transferencia de lípidos de cebada 1 está implicada en la formación de espuma de cerveza. Tech. P. Master Brew. Asoc. Enm. 1993, 30, 136-145

[329] Klose, C., Schehl, B. y Arendt, E. (2008). Cambios de proteínas durante

Malteado de cebada utilizando la nueva tecnología Lab-on-a-Chip en comparación con la electroforesis en gel bidimensional. *BrewingScience*, 56.

[330] Faltermaier, A., Negele, J., Becker, T., Gastl, M. y Arendt, E. (2015). Evaluación de atributos de maceración y perfil de proteínas utilizando diferentes composiciones de grano de cebada y malta de trigo. *BrewingScience*, 68, 67-77.)

[331] B. (2009). Almacenamiento de Malt, Thiol Oxidase y Brewhouse Performance. Revista de la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros. doi: 10.1094 / asbcj-2009-0219-01

[332] A. (2007). Efectos de los productos de maillard y caramelización sobre las reacciones oxidativas en la cerveza lager. Revista de la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros. doi: 10.1094 / asbcj-2007-0112-02

[333] Zufall, C. y Tyrell, T. (2008). La influencia de los iones de metales pesados en la estabilidad del sabor de la cerveza. Revista del Instituto de elaboración de la cerveza, 114 (2), 134-142. doi: 10.1002 / j.2050-0416.2008.tb00318.x

[334] Deželak, M., Gebremariam, MM, Zarnkow, M., Becker, T. y Košir, IJ (2015). Parte I: la influencia de la repotenciación en serie de *Sacharomyces pastorianus* en la dinámica de absorción de iones metálicos y carbohidratos fermentables durante la fermentación de cebada y trigo sarraceno sin gluten y mosto de quinoa. Revista del

Instituto de elaboración de la cerveza, 121 (3), 356-369. doi: 10.1002 / jib.244

[335] Porter, J. y Bamforth, C. (2016). NOTA: Manganeso en la elaboración de materias primas, disposición durante el proceso de elaboración e impacto en la inestabilidad del sabor de la cerveza. Revista de la Sociedad Americana de Químicos Cerveceros. doi: 10.1094 / asbcj-2016-2638-01

[336] <https://en.wikipedia.org/wiki/Spelt>(<https://en.wikipedia.org/wiki/Barley>

[337] Wietstock, P., Kunz, T. y Methner, F. (2016). Influencia de la tecnología Hopping en la estabilidad oxidativa y los carbonilos relacionados con el pelado en la cerveza Pale Lager. *BrewingScience*, 69, 73-84.)

[338] Wietstock, P., Kunz, T., Pereira, F. y Methner, F. (2016). Comportamiento de quelación de metales de los ácidos del lúpulo en soluciones modelo tamponadas. *BrewingScience*, 69, 56-63.

[339] http://www.craftbrewersconference.com/wp-content/uploads/2015-presentations/R0900_Ruth_Martin.pdf

[340] Deželak, M., Zarnkow, M., Becker, T. y Košir, IJ (2014). Procesamiento de bebidas de cerveza sin gluten fermentadas en el fondo a base de trigo sarraceno y malta de quinoa con caracterización química y sensorial. Revista del Instituto de la elaboración de la cerveza. doi: 10.1002 / jib.166

[341] Deželak, M., Gebremariam, MM, Zarnkow, M., Becker, T. y Košir, IJ (2015). Parte I: la influencia de la repotenciación en serie de *Sacharomyces pastorianus* en la dinámica de absorción de iones metálicos y carbohidratos fermentables durante la fermentación de cebada y trigo sarraceno sin gluten y mosto de quinoa. *Revista del Instituto de elaboración de la cerveza*, 121 (3), 356-369. doi: 10.1002 / jib.244

[342] Elbagermi, MA, y col. "Monitoreo del contenido de metales pesados en frutas y verduras recolectadas de sitios de producción y mercado en el área de Misurata en Libia". *ISRN Analytical Chemistry*, vol. 2012, 2012, pp. 1-5, doi: 10.5402 / 2012/827645.

[343] Dalgiesh, CE (1977). Estabilidad del sabor. *Actas del Congreso de la Convención Europea de Cervecería*, 623–659.

[344] Meilgaard, M. (1972). Sabor a carbonilos rancios en la elaboración de la cerveza. *Brewers Digest*, 47, 48–57.

[345] Clapperton, JF (1976). Sabor Ribes en cerveza. *Revista del Instituto de la elaboración de la cerveza*, 82, 175-176.)

[346] Furusho, S., Kobayashi, N., Nakae, N., Takashio, M., Tamaki, T. y Shinotsuka, K. (1999). Una prueba sensorial descriptiva desarrollada revela cambios en el sabor de la cerveza durante el almacenamiento. *MBAA Technical Quarterly*, 36, 163–166

[347] Bamforth, CW (1999b). La ciencia y la comprensión de la estabilidad del sabor de la cerveza: una evaluación crítica. *Brauwelt International*, 98–110

[348] Fritsch, H. y Schieberle, P. (2003). Cambios en compuestos clave de aroma durante la ebullición del mosto sin lúpulo y lúpulo. En: *29th European Brewery Convention Congress*, Dublín, pp. 259-267. Fachverlag Hans Carl, Nürnberg, Alemania.

[349] Kaltner, D., Steinhaus, M., Mitter, W., Biendl, M. y Schieberle, P. (2003). R-linalool como sabor clave para el aroma de lúpulo en la cerveza y su comportamiento durante el envejecimiento de la cerveza (en alemán). Monatsschr. Brauwiss 56 (11/12): 192-196.

[350] Peacock, V. y Deinzer, M. (1988). Destino de los componentes del aceite de lúpulo en la cerveza. Journal of the American Society of Brewing Chemists ASBCJ, 46. doi: 10.1094 / asbj-46-0104

[351] Vanderhagen, B., Coghe, S., Verachtert, H. y Derdelinckx, G. (2002). Microbiología y aspectos bioquímicos de la referencia. Cerevisia 28: 48-58.

[352] Van den Berg, S., Demeyere, K. y Van Landschoot, A. (2001). El uso de levadura seca para el refinado de botellas de cerveza. Cervisia 26: 102-108.)

[353] Quain, D. (2006). Levadura seca activa - en aumento? Elaborar cerveza. Guardian 135: 31-

35

[354] Z. (2011). El uso de levadura seca para acondicionamiento de botellas. Trimestral técnico. doi: 10.1094 / tq-48-1-0225-01

[355] www.lallemandbrewing.com/wp-content/uploads/.../lallemand-tds-cbc1-022817-1.pdf