

Chapter 7_ Hops and other flavorsome plants

Chapter 7_ Hops and other flavorsome plants

Chapter 7: Hops and other flavorsome plants

了解啤酒花在酿造中的使用历史。

了解酿酒用啤酒花的生长、收获和加工。

了解啤酒花中的苦味化合物。

了解啤酒花中的芳香化合物

正如之前多次提到的，酿造啤酒的主要成分是水、麦芽、啤酒花和酵母。这是大约 1100 年前的做法。但众所周知，在那之前啤酒已经生产了数千年。那么，在啤酒花出现之前，酿酒师使用的是哪些原料呢？根据世界上啤酒的酿造地点，其他当地植物材料也会被使用。

长期以来，人们从季节性植物生长的角度来理解自然界，哪些植物可以用来让你感觉更好（或更糟），哪些植物可以用来治愈伤口，或者哪些植物可以让你的精神状态非常快乐。他们会根据不同植物的用途收获根、叶、树皮、花和种子。

收获的大部分果实富含维生素、矿物质、抗氧化剂和纤维，但他们不知道化学成分，只知道效果。这些人有“巫医”、“治疗师”或可能是“女巫”之类❖❖名字。如今，我们称他们为草药师，他们是天然药物行业的一部分。

无论植物材料的来源如何，酿酒师通常会根据植物的味道、香气和啤酒的效果（包括啤酒的保存效果）混合使用不同的植物。

Gruit 描述了一种草药组合，包括：

石楠

常春藤

白毛茛

艾蒿

薄荷

甜风草

西洋蓍草

苦艾

Gruit 的配方略有不同；每个 Gruit 生产商都使用当地和季节性植物来产生独特的风味和效果。其他草药包括葛缕子籽、茴香、肉桂，有时还会以不同的比例添加啤酒花。如今，“gruit”可以用作啤酒花的替代品，尽管它可能只有一两种植物，而不是多种植物的混合物。通常，一些啤酒厂在拉格啤酒和皮尔森啤酒中使用杜松和云杉尖来代替啤酒花，而拉格啤酒和皮尔森啤酒通常是轻度啤酒花风格。

一些关于添加植物的最有力证据来自那些埃及人，他们是第一批拥有所有这些文件的真正的官僚。从金字塔考古挖掘出来的罐子中的残留物分析表明，在发酵啤酒中添加了许多不同的植物。其中包括生姜和曼德拉草，但后者应谨慎使用，因为它属于颠茄科，有毒。埃及人还添加了枣和蜂蜜来调味，这两种糖都有助于发酵，而其他植物，尤其是干的植物，只会增加调味。无论如何，古埃及人似乎确实希望他们的亲人在来世能喝上这么多啤酒，玩得开心。

在 8 世纪，法国统治者查理曼大帝宣布完全控制 *gruit*，并将其委托给各种宗教和非世俗当局，并称之为 *gruitrecht*。当“*gruit*”的使用在 10 世纪后期变得普遍时，国家统治者（国王和皇帝）到当地城市官员都认为这是征收另一种税的机会。*gruit* 税可以控制使用的 *gruit* 数量。酿酒商必须购买分配的 *gruit* 数量，从而控制啤酒的产量。

但正如我们所知，如果你限制某种东西的供应，人们肯定会寻找替代品。人们经常在国王拥有的当地森林中觅食，这意味着你从国王那里偷走了东西，所以惩罚相当严厉。

虽然欧洲人乐于使用 *gruit*，但这种啤酒会因不同地区而有所不同，但大不列颠群岛的酿酒商却有其他想法。除了不同的麦芽和水外，他们什么也不用做。在这个阶段，不列颠群岛的啤酒被称为“麦芽酒”，而在欧洲，它被称为“啤酒”。

Ale \ Beer

Gruit（或其他草药/香料）\ 使用啤酒花

酒精度更高 \ 酒精度更低

谷物更多 \ 谷物更少

税额更高：*gruitgeld* \ 税额更低

保质期更短 \ 保质期更长

更简单，只有一个酿造容器 \ 不必总是煮沸

需要煮沸啤酒花 \ 燃料成本更低

啤酒花（啤酒酿造中的新宠）

啤酒花已经存在了数千年。像许多其他植物一样，啤酒花用于食物调味。但它还有一个相当特殊的特性，那就是它是一种很好的防腐剂。因此，当人们从啤酒花的原产地迁出时，他们会带走啤酒花种子来种植和培育啤酒花，以及将干燥的啤酒花球果添加到熟食中。

啤酒花来自现在的东欧地区，并通过现在的德国和荷兰向西传播。

但并不是每个人都喜欢啤酒花带来的苦味。为了最大限度地利用啤酒花，酿造过程中还需要另一个步骤，即煮沸。这在技术上更困难，需要单独的煮沸容器。

公元 822 年，科尔比修道院的阿达尔哈德修道院院长记录了收集野生啤酒花用于酿造啤酒的规则。11 世纪（约 1079 年），啤酒花啤酒出现在德国北部贸易城市不来梅，不来梅是当时酿造“白”啤酒的“自由城市”之一。圣鲁珀茨堡修道院院长希尔德加德（约 1150-1160 年）在《物理学》中写道：“虽然苦味添加到饮料中可以防止后期腐败，延长饮料的保质期。”

由麦芽和啤酒花制成的新饮料被称为啤酒（*hoppenbier*），它被认为与麦芽酒（加格鲁特）有着根本的不同。啤酒花啤酒比麦芽酒更苦，添加的啤酒花可以更好地防止啤酒变质。在 14 世纪，来自德国、荷兰和北部低地的移民通常只酿造啤酒花啤酒。

英国人反对让啤酒花“污染”他们的麦芽酒。他们统称（贬义地）将这些把啤酒花带到不列颠群岛的移民称为“荷兰人”和“外国人”。

那么啤酒花有什么特别之处呢？

啤酒花是一种雌雄同株的植物，这意味着有些植物会产生雄性生殖器官，而其他植物会产生雌性生殖器官。在现代啤酒花种植中，理想情况下只有雌性，但偶尔也会有雄性，这样就可以进行一些受精并产生种子。在今天的啤酒花作物中，种子比例过高是不可取的，因为这会降低作物的质量。

啤酒花有几种亚种，但主要使用的类型是普通啤酒花 (*Humulus lupulus*)。但它们长什么样呢？好吧，图 1 显示了两种大小的新鲜收获的 *Humulus lupulus* 类型的啤酒花球果。

其他亚种及其地理区域如下：

***cordifolius*（分布于东亚、日本）**

***lupuloides*（北美东部和中北部）**

***neomexicanus*（北美西部）**

***pubescens*（主要分布于美国中西部）**

在这些其他亚种中，特别要提到的是北美的亚种。在欧洲人出现并引入欧洲啤酒花 (*H. lupulus*) 之前，这些啤酒花可能早在几千年前就被美国人用于食物和发酵饮料中。我将就我所知的新墨西哥州阿尔伯克基的一家啤酒厂做具体评论，Bow and Arrow 啤酒厂的所有者是美国唯一一家由美国原住民女性拥有的啤酒厂。他们与社区合作，并在啤酒花成熟时收获 *H. neomexicanus*，用于酿造他们的皮尔森啤酒。

为了使啤酒花农场高产，农民在高大的结构上种植啤酒花。现代啤酒花种植将啤酒花植物（称为 bine（不是 vine））（图 2）缠绕在地上的一根绳子上，然后将其连接到结构顶部的另一根电线上（见视频）。这些植物通常长到大约 20 英尺（3 米）高。但人们正在努力培育出只长到该高度一半左右但仍能产生相同产量的品种。这些品种被称为矮化品种。

植物从上次收获时留在地里的根茎开始生长。啤酒花在春季收获，整株植物在夏末或初秋收获。与许多其他农作物不同，啤酒花整株植物都会被摘除。相比之下，收获大麦时，通常只收获带有种子的穗，留下茎。

所有收获的啤酒花植物材料都被带到加工厂。摘除啤酒花球果并将其放入窑炉是重中之重。啤酒花球果的含水量和含油量非常高，如果不进行干燥以除去水分并保持质量，它们会很快变质。

从视频中可以看到，啤酒花藤被捆起来，放在传送带上，然后送到机器上，机器会摘除叶子和茎。分离后的啤酒花球果随后被运送到上层，按不同大小分类，并去除可能随球果一起进入的任何其他植物材料。然后，啤酒花球果被运送到窑炉，在那里被平整到大约 2 英尺高的床上。

啤酒花球果在 24 小时内被干燥到大约 60°C

加工商不希望温度过高，因为穿过啤酒花球果的热空气可能会开始驱动香气化合物。

干燥的啤酒花球果随后将被包装到密封袋中，然后真空密封以便储存。袋子的大小可以不同，但通常小袋子可容纳约 10 磅，大袋子可容纳约 200 磅。一些酿酒商更喜欢使用干燥的啤酒花球果。但袋子占用了相

当大的空间，可能难以处理。

还有其他一些更有效地处理和储存啤酒花的方法。然后将干燥的啤酒花磨碎并压成颗粒。这些小颗粒更容易处理，也更容易加入到发酵罐或锅中。

另一种选择是从啤酒花中提取所需的化合物，尤其是导致苦味的 α 酸。这种提取过程是在极低的温度和二氧化碳下进行的。与大量的颗粒或大量的球果相比，所需的量非常小。

啤酒花球果并不全都一样。作者手中拿着两个啤酒花球果。

藤蔓上的啤酒花。

锥体的结构如图 3 所示。黄色的小“球”（嗯，它们看起来有点像球）是蛇麻素腺。这些腺体含有一些相当独特的化学物质，酿酒师几百年前就知道这些化学物质对啤酒有积极的影响。这些腺体中有树脂，主要由两种有机酸组成。它们被称为 α 酸和 β 酸。如果你知道希腊字母表（该字母表的第一个和第二个字母），你就会知道这些名字并不十分有创意。但重要的是，这两种酸中的前者是啤酒花在所有用于酿造啤酒的植物中缓慢但最终占据主导地位的原因之一，这些植物有助于啤酒的风味。

带有可见蛇麻素腺的啤酒花球果。

α -酸有三种形式，分别是葎草酮、ad-葎草酮和 co-葎草酮。它们的化学结构差异很小。不同啤酒花品种或啤酒花产地的 α -酸含量也不同，但所有 α -酸都会在煮沸过程中发生转化。

啤酒花加工商会测量 α -酸的含量，并以百分比形式报告。因此，您可以查看啤酒花加工商网站，查看他们销售的啤酒花品种，每种品种都应该有一定水平的 α -酸报告。 α -酸的范围可以从非常低的 4% 左右到非常高的 20%。

α -酸在煮沸过程中会发生轻微的结构变化。这种轻微的结构变化加剧了苦味。 α -酸本身是苦的。但经过修改的形式会更苦。我相信没有人尝过这些，不会露出厌恶的表情，喝一大杯水。

经过改性的 α -酸称为异 α -酸，其中“异”表示异构化。图 3 显示了 α -酸和异 α -酸之间的结构差异。这三种 α -酸都会异构化并产生苦味。

α 酸“异构化”为异 α 酸

啤酒的最终苦味程度受几个因素控制。 α -酸的量将用于计算最终苦味的潜在水平。但并非 100% 的 α -酸在沸腾过程中都会异构化。根据水壶类型和加热系统，效率或利用率平均约为 30%。酿酒师将很好地了解水壶中啤酒花的利用率，以便他们可以计算最终的苦味。

对于啤酒花含量较低的啤酒，例如拉格啤酒或小麦啤酒，酿酒师可能会使用低 α -酸品种，并在沸腾过程开始时添加。但对于苦味水平非常高的啤酒，例如印度淡色艾尔啤酒或大麦酒，酿酒师将使用 α -酸含量较高的啤酒花，并多次添加。

沸腾过程会产生大量蒸汽。随着蒸汽的上升，香气化合物会随蒸汽消失。一些啤酒，如前面提到的后两种，应该具有更浓郁的啤酒花香气。因此，为了恢复一些香气，酿酒师可以在煮沸后才添加啤酒花，通常

在煮沸结束前 10 到 15 分钟左右。这会增加苦味，但也会保留一些香气。酿酒师还可以在沸腾的麦芽汁开始冷却时将啤酒花添加到漩涡中，啤酒花中的固体物质以及一些麦芽和啤酒花化合物会从麦芽汁中析出。这种固体物质称为酒渣，是一种废物流。

苦味（国际苦味单位）

测量啤酒花的苦味使用标准化方法。苦味以国际苦味单位 (IBU) 确定，科学单位为毫克每升 (mg/L) 或相当于百万分之一。重要的是要记住它不是百分比 (%)，因此如果您看到啤酒以百分比形式报告 IBU 值，也许可以用您掌握的这些新知识与他们交谈。

IBU 的典型范围是 5 到 100。但 IBU 通常是基于啤酒花中的 α 酸水平和锅煮工艺的利用率（通常在 30% 左右）的理论计算。

啤酒样式将具有允许的 IBU 范围，而不是单个数字。例如，对于皮尔森样式，范围可能是 10 到 20 IBU。苦味会有明显的差异，但麦芽味道和香气仍然比苦味和啤酒花香气更占主导地位。

不同啤酒类型的苦味程度不同。

苦味和啤酒泡沫

一杯新鲜且正确倒出的啤酒的主要特征之一就是顶部的泡沫。这是我们寻找的关键质量特征。有几个因素会影响泡沫，但让我们假设负面因素（如脏杯子或高酒精度）不涉及此因素，那么您可以高兴地看到泡沫中的气泡是通过一些麦芽蛋白和啤酒花异阿尔法酸的化学键产生的。这些蛋白质和异阿尔法酸有点疏水（它们不喜欢在水中），它们形成气泡壁并容纳二氧化碳。几分钟后，随着啤酒倒出几分钟后温度升高，气泡会部分消失，几分钟后您喝完啤酒。

由于麦芽蛋白和异阿尔法酸之间的相互作用，一些啤酒风格（如 IPA）可能会产生大量泡沫。但 IPA、双倍 IPA 和一些黑啤酒风格中还有其他负面因素，这些因素会减少泡沫形成和泡沫稳定性。因此，有可能有很多跳跃，但无法获得你希望的视觉刺激泡沫。这很复杂。

但我的啤酒闻起来像……！

自然化学中有一个奇怪的现象，当分子暴露在紫外线 (UV) 光（如阳光）下时，异构化的 α -酸会发生变化。异构 α -酸会失去侧链。而这个较小的分子会进一步变化，变成3-甲基2-丁烯1-硫代 (MBT)，并产生一种你可能不幸闻到过的气味，那就是臭鼬味。

几个世纪以来，棕色瓶子一直保护啤酒免受紫外线照射，这可以降低啤酒变臭的风险。但是，当他们把啤酒倒进玻璃杯里（如果当时人们买得起玻璃杯的话），然后在阳光下喝啤酒时，啤酒会在几分钟内变臭。

现在我认识的人都不喜欢臭鼬的味道。没有人希望他们的啤酒有这种味道。因此，科学家们再次通过化学的威力，发现如果他们提取异 α 酸并进行化学处理，就会产生还原形式，这种形式在紫外线下非常稳定。因此，不再有臭鼬味，你可以在炎热的夏天在棒球或板球比赛期间安全地在户外喝啤酒，你的啤酒也不会变臭。当然还有其他风险，比如你的啤酒被氧化，尝起来像纸板，但那是另一回事，这不是啤酒花造成的。

闻起来像臭鼬的途径。

啤酒花除了苦味之外，还有更多其他味道

如果你看一下啤酒风味轮，你会发现一些味道和香气来自麦芽。苦味来自啤酒花。但是有很多香气组来自啤酒花。很多花香、果香、植物香、草本香和时髦的描述。因此，许多 IPA 不仅具有热带或花香，还有特定的香气，如玫瑰、菠萝、芒果、松树、柠檬、天竺葵或大麻。

当然，这些香气也存在于其他植物中，例如水果或花朵。所有这些通常被称为油。有时也被称为精油。但为什么植物会产生这些香气呢？嗯，植物会产生理想的香气来吸引传粉者或动物到水果或花朵上，可以食用，然后在动物需要上厕所时传播种子。

啤酒花贡献的下一个最重要的化学物质组可能是萜烯。这些是天然植物化学物质，许多其他植物物种也会产生萜烯。这些是香气的来源。这些香气化合物的化学结构具有主链异戊二烯单元。但不要太担心。只要明白当许多萜烯结合在一起时，以及它们如何结合在一起，就会产生独特的香气。

以下列表提供了一些较常见的萜烯及其香气的信息：

蒎烯——清新、木质和辛辣

石竹烯——辛辣、麝香和碎胡椒

蛇麻烯——啤酒花、鼠尾草、草本和生姜

法呢烯——青苹果、草本和生姜

香叶醇——花香、玫瑰和淡柑橘味

芳樟醇——花香、柑橘味、清新和甜美

月桂烯——柑橘味、泥土味和草味

柠檬烯——橙子、柑橘皮、冷杉针和葛缕子

如前所述，在煮沸过程中加入啤酒花以引入苦味，但大部分香气都会消失。那么我们如何恢复啤酒花的香气呢？好吧，我们只需将啤酒花（球果或颗粒）添加到发酵罐中或发酵结束后立即添加。这个过程称为干投酒花。

当比较用于苦味的啤酒花量与用于香气的啤酒花量时，后者的重量可能是前者的 5 到 10 倍。IPA 的增长是美国和其他 IPA 爱好者国家（如澳大利亚和新西兰）啤酒花产量大幅增长的主要原因。世界上大多数地区尚未完全受到 IPA 的青睐。

如果您是家庭酿酒师，您无法轻松地自己测试阿尔法酸。但您可以评估啤酒花的香气。需要进行简单的摩擦测试。使用球果比使用颗粒更容易，但您只需抓起满手的球果，用力握住双手，深吸一口揉搓过的啤酒花即可。

对于商业酿酒商来说，他们会让团队中的一个人前往他们购买啤酒花的啤酒花产区。酿酒商将拜访啤酒花供应商，并评估供应商提供的多种啤酒花。供应商提供每种啤酒花的球果，通常摊开在桌子上，如图 6 所示。酿酒商将揉搓香气，并决定香气是否符合他们的啤酒风格。

前面提到啤酒花球果或颗粒的包装方式时，重要的是要记住酿酒商需要从一次收获中获得 12 个月的啤酒花。因此，当酿酒商在收获后 1 个月到 12 个月内收到他们选择的啤酒花时，干燥以避免香气流失和安全包装对于保留这些香气至关重要。

有几种不同品种的啤酒花球果可供进行感官摩擦。

次要啤酒花化合物

与所有植物一样，啤酒花含有多酚、蛋白质和单个氨基酸、少量淀粉和多种矿物质。啤酒花的蛋白质含量很少受到关注，但啤酒花球果中的蛋白质含量范围约为 12% 至 16%。我们是否认为啤酒花球果中的任何蛋白质在酿造中发挥作用，答案是“可能”。但蛋白质并没有像 α -酸和萜烯那样引起酿酒科学家的关注。

令人感兴趣的是多酚。多酚与第 2 章大麦和其他谷物中提到的多酚不同。但尽管如此，它们都是抗氧化剂。

一种主要的多酚是黄腐酚，它是啤酒花中独有的，并且特别受到医疗行业的关注。从科学角度来说，黄腐酚是啤酒花中存在的一种异戊烯基化查耳酮，但不要太在意这个术语，那只是我们这些化学迷才知道的。重要的是要明白，它对人体健康至关重要，因为它具有抗氧化、抗炎、免疫抑制和化学预防特性。现在这听起来很神奇。但成品啤酒中的黄腐酚含量仍然相对较低（0.2-1.2 毫克/升）。这听起来很多吗？其实并非如此，但当与我们从食物（以及啤酒和葡萄酒）中获取的所有其他抗氧化剂结合起来时，黄腐酚肯定会有所帮助。但我们将在“啤酒与健康”一章中详细介绍这一点。

黄腐酚对健康有积极的好处。

数千年来，人们一直在向啤酒中添加替代植物，对啤酒品质的贡献各不相同。

用于酿造的植物混合物被称为 *gruit*。

啤酒花取代 *gruit* 成为主要的苦味植物。

啤酒花中的 α -酸使啤酒有苦味。

啤酒花还提供一些香气化合物，尤其是在发酵过程中添加时。

啤酒花含有抗氧化剂。

你无法通过苦味程度来区分某些啤酒的风格。