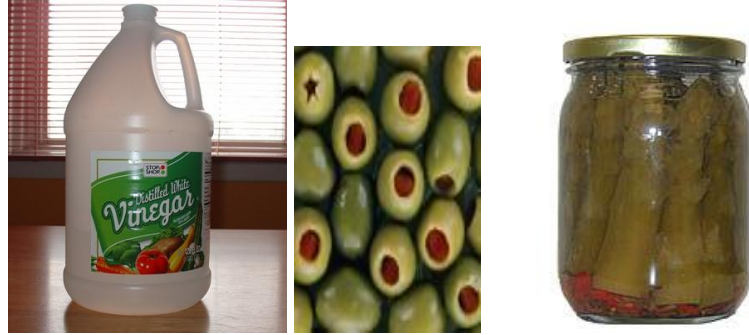


صناعة المخللات والخل



أ.د. علي كامل يوسف الساعد

دكتوراه في التصنيع الغذائي من جامعة لندن

ماجستير وبكالوريوس في التصنيع الغذائي من جامعة القاهرة

عضو هيئة تدريس برتبة أستاذ في الجامعة الأردنية

akamil@ju.edu.jo

٢٠٠٩ م / ١٤٢٩ هـ



٢٥ عاماً من العطاء

صناعة المخللات والخل

Pickling and Vinegar Processing

أ.د. علي كامل يوسف الساعد

دكتوراه في التصنيع الغذائي من جامعة لندن

ماجستير وبكالوريوس في التصنيع الغذائي من جامعة القاهرة

عضو هيئة تدريس برتبة أستاذ في الجامعة الأردنية

akamil@ju.edu.jo

٢٠٠٩ م / ١٤٢٩ هـ



٢٥ عاماً من العطاء

تمت مراجعة هذا الفصل من قبل الاستاذ الدكتور خلف الصوفي
قسم التغذية والتصنيع الغذائي/كلية الزراعة/الجامعة الأردنية

كما تم تحكيم وقبول المادة العلمية من قبل عمادة البحث العلمي بالجامعة
الأردنية وذلك ضمن كتاب تصنيع الفواكه والخضار

بسم الله الرحمن الرحيم

{وَاللَّهُ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِقَوْمٍ يَسْمَعُونَ (٦٥) وَإِنَّ لَكُمْ فِي الْأَنْعَامِ لَعِبْرَةً نُسْقِيكُمْ مِمَّا فِي بُطُونِهِ مِنْ بَيْنِ فَرْثٍ وَدَمٍ لَبَنًا خَالِصًا سَائِغًا لِلشَّارِبِينَ (٦٦) وَمِنْ ثَمَرَاتِ النَّخِيلِ وَالْأَعْنَابِ تَتَّخِذُونَ مِنْهُ سَكَرًا وَرِزْقًا حَسَنًا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِقَوْمٍ يَعْقِلُونَ (٦٧) وَأَوْحَىٰ رَبُّكَ إِلَى النَّحْلِ أَنْ اتَّخِذِي مِنَ الْجِبَالِ بُيُوتًا وَمِنَ الشَّجَرِ وَمِمَّا يَعْرِشُونَ (٦٨) ثُمَّ كُلِي مِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ فَاسْلُكِي سُبُلَ رَبِّكِ ذُلُلًا يَخْرُجُ مِنْ بُطُونِهَا شَرَابٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهُ فِيهِ شِفَاءٌ لِلنَّاسِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ (٦٩)}

صدق الله العظيم
سورة النحل



إلى كل مواطن مخلص
يسهم في توفير مظلة الأمن الغذائي

مقدمة الطبعة الأولى

لا يخفى على أحد أهمية القطاع الزراعي محلياً وعربياً وبنصوي تحت مظلة هذا القطاع التصنيع الزراعي والذي يتضمن إنتاج وتعبئة وتغليف وتصنيع الفواكه والخضار. وتعتبر صناعة المخللات والخل من أكثر الطرق انتشاراً في مجال حفظ وتصنيع الفواكه والخضار، وتعد من الصناعات الغذائية الشائعة في العديد من دول العالم. وحيث أنها من الطرق القديمة والهامة في مجال حفظ الأغذية فقد انتشرت في أماكن زراعة الخضار والفواكه واكتسبت أهميتها من الوجهتين الاقتصادية والغذائية لأنها تؤمن للمستهلك التنوع في غذائه ناهيك عن استعمالها كمقبلات، وكذلك عملها على حفظ الخضار والفواكه التي يمكن أن تتلف في حال عدم تصنيعها.

إن توفير مرجع متكامل حول تصنيع المخللات والخل، يغطي بصورة رئيسية التطورات والمعلومات الفنية الحديثة في هذا المجال خاصة وأن تلك المعلومات مبعثرة بين العديد من الكتب والمجلات والنشرات والتي أغلبها باللغة الانجليزية، سيعمل على إكساب العاملين في هذه الصناعة خلفية علمية لكافة العمليات التي تخضع لها، وسيساعد ذلك في إعداد الفنيين الأكفاء القادرين على تحمل مسؤولية التطوير والارتقاء بهذه الصناعة.

أرجو أن أكون قد وفقت في عملي هذا، كما أرجو من الزملاء والباحثين
والمهندسين والفنيين ومن الطلبة إبداء ملاحظاتهم ونقدتهم البناء على ما ورد في هذا
الكتاب حتى أتمكن من إظهاره مستقبلاً بشكل أدق وأكمل بإذن الله .
ويجدر بي وأنا أختتم هذه المقدمة أن أعترف بالجميل إلى جميع من استعنت
بهم من الزملاء والزميلات الذين قاموا مشكورين بمراجعة الكتاب وكذلك جزيل شكري
للإخوة المقيمين الذين بذلوا جهداً كبيراً في تصحيح وتقويم المادة العلمية ، والله أسأل
أن يسدد خطانا لما فيه الخير ،،،،،،،،

المؤلف

الدكتور علي كامل الساعد

العشرون من ربيع الثاني لعام ١٤٣٠ هـ الموافق السادس عشر من نيسان لعام ٢٠٠٩ م

الفهرس

الموضوع	رقم الصفحة
الإهداء	٥
مقدمة الطبعة الأولى	٦
أولاً: تخمرات الأغذية	
١-١ أهمية التخمرات الغذائية وفوائدها	١١
١.٢ التخمرات كطريقة حفظ للأغذية	١٣
١-٣ التغيرات التي تصاحب عمليات التخمر	١٥
١-٤ الميكروبات ذات العلاقة بالتخمرات الغذائية	١٧
١-٥ العوامل التي تؤثر على التخمرات الغذائية	١٩
ثانياً: صناعة المخلات	
٢.١ مقدمة	٢٥
٢.٢ طرق التملح في صناعة المخلات	٢٦
٢.٣ المراحل التي تمر بها عملية التخليل	٢٨
٢.٤ المواد الأولية والمكونات التي تدخل في صناعة المخلات	٢٨
٢.٥ ميكروبيولوجيا المخلات	٣٠
٢.٦ شروط انجاح صناعة المخلات	٣٢
٢.٧ عيوب المخلات وطرق التخلص منها	٣٤
٢.٨ قراءات في المواصفة الأردنية للمخلات	٣٦

٣٨	٢. ٩ تطبيقات عملية على صناعة المخلات
٤٣	٢. ١٠ أمثلة على دراسات الجدوى الاقتصادية لصناعة المخلات
	ثالثا: صناعة الخل
٤٦	٣. ١ تعريف الخل واستعمالاته
٤٧	٣. ٢ المصطلحات الخاصة بصناعة الخل
٤٨	٣. ٣ بعض الجوانب الكيماوية والميكروبية لصناعة الخل
٤٩	٣. ٤ خطوات انتاج الخل
٥٩	٣. ٥ طرق تصنيع الخل
٦٦	٣. ٦ مكونات الخل وصفاته
٦٧	٣. ٧ عيوب الخل
٧٠	٣. ٨ حسابات خاصة بصناعة الخل
٧٣	٤. المراجع

قائمة الجداول والأشكال

الصفحة	الجدول/الشكل
٦٨	جدول رقم ١. مكونات خل التفاح الطبيعي
٤٤	شكل رقم ١ وحدة لانتاج المخلات والمقبلات والمكائن والعمليات التي يمكن أن تتضمنها
٥٠	شكل رقم ٢. خطوات تصنيع خل التفاح
٦١	شكل رقم ٣. الطريقة القديمة (طريقة البراميل أو أورليانز) لتصنيع الخل
٦٤	شكل رقم ٤. الطريقة السريعة لتصنيع الخل
٦٥	شكل رقم ٥. أحد أجهزة طريقة الغمر لتصنيع الخل (من نوع فرينج)
٦٥	شكل رقم ٦. أحد أجهزة طريقة الغمر لتصنيع الخل (من نوع البرج)
٧١	شكل رقم ٧. نمو الأسيتوباكتريزيليونوم في الخل وتكوين ما يسمى بأم الخل

١. تخمرات الأغذية Food Fermentation

١-١ أهمية التخمرات التغذوية وفوائدها

Food Fermentation: Importance & Benefits

تصنف التخمرات إلى تخمرات طبيعية وتخمرات غذائية. ويمكن القول بصفة عامة أن التخمرات الطبيعية عبارة عن تفاعل بين الميكروبات أو الأحياء الدقيقة وبين المادة العضوية. ويؤدي هذا التفاعل إلى تحلل المادة العضوية وعودة المكونات أو العناصر الكيماوية إلى التربة والهواء، ومن هنا جاءت أهمية التخمرات الطبيعية في المحافظة على ديمومة الحياة. ولتوضيح هذه الأهمية دعنا نتخيل نمو النباتات وما تحتاجه من معادن وكيماويات تحصل عليها من التربة، فماذا سيحدث مثلا بعد ألفي سنة إن لم يكن هناك تعويض لما تستنزفه النباتات من معادن وكيماويات من التربة بعد هذه السنين الطويلة؟ من جهة أخرى دعنا نتخيل أنه لا توجد ميكروبات وأن الجثث سواء أكانت لبني الإنسان أو الحيوان وكذلك الفضلات المختلفة لم تتحلل بواسطة الميكروبات وتراكمت لمدة آلاف السنين! فبعض العلماء يقدر أن ارتفاع الفضلات والجثث قد يصل إلى مئات الأمتار لو لم تتحلل! فهل يمكننا العيش بين هذه الفضلات؟ وهنا تتجلى رحمة الله عز وجل بنا نحن البشر وكيف سخر لنا هذه الأحياء الدقيقة التي لا ترى بالعين المجردة لتقوم بإفراز إنزيماتها وتحلل المواد العضوية من جثث أو قمامة لتستمر الحياة وننعم بها نحن البشر.

أما فيما يتعلق بالتخميرات التغذوية فهي إحدى أقدم طرق حفظ الأغذية التي تعتمد على تشجيع نمو ميكروبات مختارة تحت ظروف محددة لإنتاج أغذية معينة كالخبز واللبن والجبن والخل والمخللات والنقانق ... الخ.

مما سبق يتضح لنا وجود العديد من الفوائد للتخميرات سواء أكانت الطبيعية أو التغذوية نجملها فيما يلي:

١. تقوم التخميرات الطبيعية بالمحافظة على ديمومة الحياة عن طريق تحليل المواد العضوية وإعادتها في صورة عناصر معدنية وكيمائيات وغازات إلى التربة والهواء.

٢. للتخميرات التغذوية العديد من الفوائد يمكن تصنيفها إلى فوائد أساسية وفوائد ثانوية. وتشمل الفوائد الأساسية إعتبار التخميرات إحدى الطرق الرئيسية لحفظ الغذاء فتحويل الحليب إلى لبن هو طريقة حفظ للحليب فبينما نجد أنه يمكن حفظ الحليب على درجة حرارة الغرفة لساعات قليلة نجد من زاوية أخرى أن اللبن أو الزبادي يمكن حفظه لعدة أيام. والفائدة الأساسية الأخرى للتخميرات التغذوية هي عملية إيجاد بدائل أو تنويع للأغذية، فالحليب مثلا يمكن تحويله إلى لبن وجبنة وزبدة وكذلك الكثير من الخضار الطازجة يمكن تحويلها إلى مخللات وهكذا.

٣. تتضمن الفوائد الثانوية لعمليات التخمير الغذائي كلاً من :

أ. تأخير وتنشيط نمو الميكروبات الممرضة في الأغذية عن طريق خفض الرقم الهيدروجيني للأغذية وكما هو الحال في المخلات إلى أقل من ٤,٥ حيث أن النواتج النهائية لعملية التخمرات هي الكحول والحامض.

ب. العمل على زيادة أو رفع القيمة التغذوية للأغذية المتخمرة حيث أن الميكروبات ليست عوامل هدم فقط Catabolic بل هي أيضا عوامل بناء Anabolic وتقوم بتخليق الفيتامينات والمضادات الحيوية ومحفزات النمو...الخ. كما تقوم الميكروبات بإفراز الإنزيمات التي تساعد في تكسر أو تحلل العديد من المواد غير القابلة للهضم كاليسليلوز والهيميسليلوز واللجنين إلى مكونات بسيطة كالسكريات والأحماض الأمر الذي يؤدي إلى رفع القيمة التغذوية للغذاء.

١ - ٢ التخمرات كطريقة لحفظ للأغذية

Fermentation as a Preservative Method

استعملت التخمرات التغذوية كطريقة لحفظ الأغذية منذ آلاف السنين. فتذكر بعض المراجع أن عملية تخليل الخيار والزيتون تعود إلى العصور القديمة ويعتقد أنها نشأت في الشرق حوالي سنة ٣٠٠ قبل الميلاد. وإذا رجعنا إلى الوراء فقط مائة عام لوجدنا أن تخمير الأغذية وتجفيف الأغذية كانتا التقنيتين الوحيدتين المستعملتين في حفظ الأغذية ولعبتا دوراً مهماً في توفير الأغذية في ذلك الوقت.

ومما تجدر ملاحظته أنه حتى وقتنا الحاضر ما زال ما يزيد عن نصف سكان العالم وأغلبهم في الدول النامية يعتمدون على التجفيف والتخمير كطريقتين

لحفظ وتوفير الغذاء. فمثلا تشكل المخللات في الوقت الحاضر جزءاً لا يستهان به من الوجبة التغذوية في مختلف دول العالم.

وفي الدول الصناعية أو الدول المتقدمة فإن الصورة مختلفة بعض الشيء حيث لا تعتبر عملية التخمير الطريقة المفضلة في حفظ وتوفير الغذاء بل أنه نتيجة التقدم الهائل في مجالات العلم والتقنية فقد انتشرت طرق أخرى لحفظ الغذاء ومنها التعليب والتبريد والتجميد والتشجيع الخ، وأصبحت طرق الحفظ هذه تنافس وفي كثير من الأحيان تتقدم على عملية التخمير.

وتختلف طريقة التخمير كطريقة لحفظ الأغذية في ميكانيكيته عن طرق الحفظ الأخرى كالتعليب والتجفيف، فهاتين الطريقتين تعتمدان في حفظ الغذاء على مبدأ قتل أو تثبيط أو إعاقة أو منع أو عدم تشجيع نمو الميكروبات عن طريق استخدام الحرارة مثلاً كما هو الحال في التعليب أو خفض درجات الحرارة وكما هو الحال في التبريد والتجميد، أو خفض نسبة الرطوبة المتاحة لنمو الميكروبات وكما هو الحال في طريقة الحفظ بالتجفيف. وعندما يتعلق الأمر بطريقة الحفظ بالتخمير فنجد أن الصورة مختلفة تماماً وعلى النقيض من طرق الحفظ الأخرى حيث أن ميكانيكيته أو مبدأها للحفظ يتوقف على تشجيع نمو ميكروبات محددة تعطي نواتج تمثيل مرغوبة كحامض اللاكتيك أو الخليك ومركبات نكهة مميزة.

وتقوم الأحماض التي تم انتاجها وكذلك الملح الذي تم إضافته كما هو الحال في
المخللات بتثبيط نمو الميكروبات المحللة للبروتينات والدهون الأمر الذي يشجع نمو
ميكروبات التخمر.

وفيما يلي قائمة ببعض الأغذية المتخمرة والميكروبات المسؤولة عن انتاجها.

اسم الغذاء المتخمّر	الميكروبات المسؤولة عن انتاجه
١. المخللات، اللبن أو الزبادي، الجبن، الزبدة، النقانق	بكتيريا حامض اللاكتيك
٢. الخل، المشروبات الكحولية	بكتيريا حامض الخليك
٣. الخبز، البيرة، الخمر	الخمائر (سكارومايسيز سيرفيزيا)
٤. نكهات بعض أنواع الأجبان، بعض أنواع الشوربات	بعض أنواع الفطريات

١-٣ التغيرات التي تصاحب عمليات التخمر

Changes Associated with Fermentation

لقد استعمل مصطلح التخمر منذ آلاف السنين لوصف عملية انتاج
الفقاعات والغازات أثناء تصنيع الخمر وكنتيجة لتكسير الكربوهيدرات وانتاج الكحول
وثنائي أكسيد الكربون. ولقد قام العالم باستور بشرح العلاقة بين الخمائر وانتاج الخمر

ومنذ ذلك الوقت أصبحت عملية التخمير تعزى للميكروبات. وفي مرحلة لاحقة تم الكشف على أن التخمرات ذات علاقة بالإنزيمات التي تنتجها الميكروبات. وتبين فيما بعد أمران مهمان لهما علاقة بالتخمرات، الأول أنه ليس بالضرورة أن يصاحب كل عملية تخمر عملية إنتاج غاز ثاني أكسيد الكربون، والأمر الثاني أن المواد التي تتخمر ليست مقتصرة فقط على الكربوهيدرات بل تشمل أيضا البروتينات والدهون. ونجد في المراجع أن الباحثين يتعاملون مع مصطلح عملية التخمر بعدة طرق فالبعض يطلقه فقط على عملية تكسير الكربوهيدرات تحت ظروف لا هوائية مثل تحول اللاكتوز بواسطة بكتيريا الستريبتوكوكس لاكتس إلى حامض لاكتيك تحت ظروف لاهوائية ويسمى هذا التخمر بالتخمر الحقيقي True fermentation.

من جهة أخرى نجد أن باحثين آخرين يستعملون مصطلح التخمر لوصف عملية تكسير الكربوهيدرات تحت الظروف اللاهوائية وأيضاً تحت الظروف الهوائية وكما هو الحال في أكسدة الايثانول إلى حامض خليك بفعل بكتيريا الأسيتوباكتر أستاي. وفي نهاية المطاف فقد أجمعت الهيئات العلمية على استخدام مصطلح التخمر لوصف عملية تكسير الكربوهيدرات والمواد الشبيهة لها سواء تحت ظروف هوائية أو لا هوائية.

يلاحظ أنه عند إنتاج الأغذية المتخمرة كالخبز والمخللات ومنتجات الألبان

فإن عملية التخمر لا تتضمن فقط تكسير أو تحويل وتغيير الكربوهيدرات ولكنها تتضمن أيضاً البروتينات والدهون. وتم الاتفاق من قبل الهيئات العلمية على تسمية

التغيرات في الكربوهيدرات والمواد الشبيهة بالتغيرات التخمرية Fermentative changes

والتغيرات على البروتينات بالتغيرات ذات الطبيعة البروتينية Proteolytic changes

والتغيرات على المواد الدهنية بالتغيرات ذات الطبيعة الدهنية Lipolytic changes.

ومما يجدر قوله أنه عند تخمير الأغذية فإنه تتم الأنواع الثلاثة من التغيرات

(التخمرية وذات الطبيعة البروتينية وذات الطبيعة الدهنية) وبدرجات محددة، ويعتمد

المنتج النهائي لعملية التخمير على طبيعة الغذاء ونوع الميكروب الموجود والظروف

المحيطة بعملية التخمير كدرجة الحرارة والأكسجين والضوء وغيرها. ويتم في التخمرات

التغذوية المحددة كالمخللات والخبز واللبن مثلاً السيطرة على العوامل السابقة الذكر

والتي تؤثر على عملية التخمير وخاصة نوع الميكروب ونوع الغذاء والظروف المحيطة

بعملية التخمير.

١-٤ الميكروبات ذات العلاقة بالتخمرات التغذوية

سبق أن قسمت التغيرات في الأغذية نتيجة عمليات التخمير إلى ثلاثة أقسام

هي التغيرات التخمرية وذات الطبيعة البروتينية وذات الطبيعة الدهنية. كما يمكن

أيضاً تصنيف أو تقسيم الميكروبات ذات العلاقة بالتخمرات التغذوية إلى ميكروبات

تخمرية Fermentative organism وثانية بروتينية Proteolytic organism وثالثة ميكروبات

مسؤولة عن تخمير الدهون Lipolytic organism.

تقوم الميكروبات التخمرية بمهاجمة الكربوهيدرات والمواد الشبيهة لها وتنتج

الكحول والأحماض وثنائي أكسيد الكربون، وفيما يلي بعض الأمثلة على هذه

الميكروبات:

سكر + خميرة السكر و ماييسز سيرفيسيا ---» كحول + ثاني أكسيد الكربون (خبز أو خمور)

سكر + ستريبتوكوكس لاكتيس ---» حامض اللاكتيك (خثرة الجبن)

كحول الايثانول + أوكسجين + أسيتوباكتر أسيتاي ---» حامض الخليك (الخل)

ومما تجدر ملاحظته أن الكحول والحامض المنتج من قبل الميكروبات

التخمرية تثبط نمو ميكروبات التحلل والتخمر البروتيني والدهني الأمر الذي يشجع

نمو ميكروبات التخمر وهذا سبق وأن تمت الإشارة إليه على أنه المبدأ الذي تقوم

عليه عملية الحفظ بالتخميرات.

وفيما يتعلق بميكروبات تخمير المواد البروتينية ومنها ميكروب البروتياس

فالجارس فإنها تهاجم البروتينات والمواد المحتوية على نيتروجين وتنتج طعوم وروائح

(Putrid) تعتبر مقبولة ضمن تراكيز معينة فإن زادت عن تلك الحدود المعينة أصبحت

غير مقبولة.

ويشمل النوع الثالث من الميكروبات تلك المسؤولة عن تحلل وتخمر

الدهون، ومن الأمثلة عليها بكتيريا الألكاليجينز ليبوليتيك، حيث تهاجم الدهون

والفوسفوليبيدات وتنتج روائح وطعوم ترنخية وسمكية (Rancid and fishy) تعتبر مقبولة

ضمن تراكيز معينة فإن زادت عن تلك الحدود المعينة أصبحت غير مقبولة.

١-٥ العوامل التي تؤثر على التخمرات التغذوية

هناك العديد من العوامل التي تؤثر على التخمرات التغذوية والتي قد تشمل تركيز الحامض وتركيز الكحول وإضافة الباديء ودرجة الحرارة ووجود الأكسجين وتركيز الملح وغيرها.

أ. **تركيز الحامض Level of acid** : من الأمور المسلم بها أنه في الأغذية الحامضية وحيث يقل الرقم الهيدروجيني عن ٥, ٤، فإن الميكروبات الممرضة كـ *بكتيريا الكلوسترديوم بوتشيلينيوم* لا تستطيع النمو في تلك الأغذية، ومع ذلك فإن الميكروبات تتفاوت في قدرتها على تحمل الحموضة. فقد بينت إحدى الدراسات التي تمت على الحليب الخام أن هناك أربعة مراحل يمكن تحديدها فيما يتعلق بنمو الميكروبات وكما يلي:

المرحلة الأولى: مرحلة عدم النمو Germicidal action حيث لا تظهر نموات ملفتة للنظر للميكروبات.

المرحلة الثانية: تبدأ الميكروبات بالنمو وتكون السيادة لبكتيريا *الستريبتوكوكاس لاکتيس* حيث تحول اللاكتوز إلى حامض لاکتيك وترتفع الحموضة إلى حوالي ١ ٪ حيث يتم تثبيط *الستريبتوكوكاس لاکتيس*.

المرحلة الثالثة: تنشط في هذه المرحلة بكتيريا حامض اللاكتيك *Lactobacilli* ويزداد تركيز الحامض إلى أن يصل إلى ٤, ٢ ٪ الأمر الذي يؤدي إلى تثبيط عمل *اللاكتوباسيلاي*.

المرحلة الرابعة: لوحظ عند التراكيز المرتفعة من الحموضة pH (٤, ٢ أو أكثر) يبدأ نمو الأعفان والخمائر حيث تقوم الأعفان بأكسدة الأحماض وتخفيض الحموضة في حين أن الخمائر تقوم بتخمير بعض البروتينات وإنتاج مواد قلوية تعادل جزءاً من الحموضة الموجودة، وعليه يبدأ تركيز الحموضة بالإنخفاض وتنشط بعض الميكروبات المحللة للبروتينات والدهون مما يؤدي إلى إنتاج بعض مواد النكهة المرغوبة.

إن هناك بعض الأنواع من الخبز يتم تخميرها ببكتيريا حامض اللاكتيك *Lactobacilli* وتسهم الحموضة المتكونة في حفظ الخبز ضد بكتيريا الباسيللاس المكونة للأبواغ أو الجراثيم والمسببة لما يسمى بتحبل الخبز Ropy bread كما تعطي أيضاً نكهة مرغوبة. ومما تجدر ملاحظته أنه في الخبز العربي وأنواع أخرى من الخبز لا تكون عملية التخمير بواسطة بكتيريا حامض اللاكتيك بل تقوم الخميرة من نوع السكرومايسيز سيرفسيا *Saccharomyces cervisiae* بتخمير السكر وإنتاج الكحول وثاني أكسيد الكربون ومنتجات تخميرية أخرى وبكميات قليلة. ويقوم ثاني أكسيد الكربون المنتج بدور المواد النافخة Leavening agent كما أنه يؤثر على الصفات الفيزيائية لجلوتين عجينة الخبز الأمر الذي يؤدي إلى الحصول على خبز بصفات مميزة.

ب. تركيز الكحول Level of alcohol: عند إنتاج المشروبات الكحولية كالخمور مثلاً تقوم الخميرة بتخمير سكريات عصير العنب أو غيره من العصائر وإنتاج الكحول.

ويكون تركيز الكحول الناتج في حدود ١٢ - ١٥ ٪، وهذا التركيز من الكحول لا يكفي لحفظ هذه المشروبات الكحولية، وعليه إما أن تبستر أو أن يتم زيادة تركيز الكحول إلى ٢٠ ٪.

ج. إضافة الباديء Addition of starters: لقد أدى التقدم في مجال العلم والتقنية إلى

الحصول على بادئات Starters من ميكروبات التخمر لكل نوع من المنتجات المتخمرة كاللبن الرائب والأجبان والخبز والخل وغيرها. وتتوفر هذه البادئات على نطاق تجاري وتقوم بتوفيرها مختبرات متخصصة. تتوفر هذه البادئات أو البيئات النقية في صورة مساحيق وكما هو الحال في بادئات الخبز والأجبان أو في صورة مركّزات مجمدة.

وتتصف هذه البادئات بالعديد من الصفات الإيجابية مثل مقاومتها لمتبقيات المضادات الحيوية ومتبقيات المبيدات الموجودة في المواد الأولية التي تدخل عملية التخمر. كما أن هذه البادئات مقاومة للفيروسات البكتيرية.

ومما تجدر ملاحظته أنه قبل إضافة البادئات إلى المواد الأولية المراد تخميرها كالحليب أو العصائر فيجب تسخين هذه المواد الأولية لتنشيط نمو الميكروبات الأخرى.

د. درجة الحرارة Temperature degree: لوحظ في التخمرات المختلطة أن ميكروبات

التخمر تحتاج إلى درجة حرارة مثلى لنموها. ومن الأمثلة على ذلك إنتاج مخال الملفوف Sauer krawt والذي يكثر الإقبال عليه في كل من أوروبا وأمريكا. فعند إنتاج

هذا المخلل تستعمل ٣ أنواع من الميكروبات هي اللوكونوستوك ميزينتيرويدز

Leuconostoc mesenteroids واللاكتوباسيللاس كوكاميريس *Lactobacillus cucumeris*

والنوع الثالث هو اللاكتوباسيللاس بينتوأسييتكاس *Lactobacillus pentoaceticus* ومما

تجدر ملاحظته أن النوعين الأخيرين من البكتيريا تنتجان حامض اللاكتيك وليس الخليك.

تبدأ التخمر بكتيريا اللوكونوستوك ميزينتيرويدز حيث تحول سكر عصير الملفوف إلى حامض خليك والقليل من حامض اللاكتيك إضافة إلى الكحول وثاني أكسيد الكربون. وتحتاج هذه البكتيريا درجة حرارة منخفضة لنموها (٢٠°س)، وتستطيع تحمل تركيز من الحموضة يصل إلى ١ ٪. وبناء عليه يبدأ التخمر بهذه البكتيريا وعند الوصول إلى تركيز مناسب من حامض الخليك ومكونات النكهة يتم رفع درجة الحرارة الأمر الذي يشبط نمو بكتيريا اللوكونوستوك ميزينتيرويدز. ومن ثم تبدأ بكتيريا

اللاكتوباسيللاس كوكاميريس بعملية التخمر وتستمر في نشاطها إلى أن يصل تركيز الحامض إلى ٢ ٪، بعدها تبدأ بكتيريا اللاكتوباسيللاس بينتوأسييتكاس وتستمر في نشاطها حتى يصل تركيز الحامض ٢,٥ ٪. ومن هنا نلاحظ تأثير درجة الحرارة على عملية التخمر.

هـ. تركيز الأوكسجين Level of Oxygen: تحتاج بعض الميكروبات لنموها الطبيعي إلى ظروف هوائية أي إلى وجود الأوكسجين Aerobic، في حين أن أنواع أخرى منها تفضل النمو في ظروف لاهوائية Anaerobic. ومن الأمثلة على الميكروبات الهوائية

بكتيريا الأسيتوباكترا أستاي والتي تؤكسد الكحول إلى حامض خليك أثناء انتاج الخل.
أما الميكروبات اللاهوائية فمن الأمثلة عليها بكتيريا الستريبتيكوكس لاكتيس التي
تستخدم في صناعة الأجبان وكذلك خميرة السكرومايسيز سيرفسيا والتي تخمر السكر
إلى كحول.

ومن الجدير ملاحظته أن هذه الخميرة تحتاج إلى ظروف هوائية لنموها
وتكاثرها، وإلى ظروف لاهوائية أثناء نشاطها التخميري، ف سبحانه الله عز في علاه
حين قال "وما أوتيتم من العلم إلا قليلا".

و. تركيز الملح Level of salt: تصنف الميكروبات بناء على قدرتها على تحمل

الملوحة إلى صنفين. الصنف الأول يتحمل تراكيز منخفضة من الملوحة
(١ - ٢,٥ ٪) ومن الأمثلة على هذه الميكروبات الميكروبات المحللة للبروتينات
وغيرها من ميكروبات فساد الأغذية. بينما الصنف الثاني هو الذي يتحمل تراكيز
متوسطة إلى مرتفعة من الملوحة (١٠ - ١٨ ٪) ومن الأمثلة عليها بكتيريا حامض
اللاكتيك مثل بكتيريا اللوكونوستوك ميزينتيروبيدز وكذلك اللاكتوباسيللاس كوكاميريس
واللاكتوباسيللاس بينتوأسيتكاس وعندما تبدأ الميكروبات التي تتحمل الملوحة
المتوسطة والعالية بالنمو فإنها تنتج الأحماض الأمر الذي يعمل وبالتعاون مع
الملوحة على تثبيط نمو الميكروبات المحللة للبروتين وكذلك ميكروبات الفساد
الغذائي.

إن إضافة الملح للخضار أو خثرة الجبن أو نفانق اللحم يؤدي إلى خروج السكر والماء من تلك المواد بفعل الخاصية الأسموزية. ويشكل السكر المصدر الكربوهيدراتي لنمو ميكروبات التخمر.

وفي مخلل الملفوف فرغم أن تركيز الملح منخفض (٢,٥ %) إلا أن وجود الحامض يساعد إلى الوصول إلى التأثير الحافظ المطلوب. أما في مخلل الزيتون فإن تركيز الملح قد يصل ما بين ٧ - ١٠ % في حين يصل هذا التركيز إلى حوالي ١٥ % ويصل الرقم الهيدروجيني في المخللات إلى ما بين ٢,٥ - ٣,٥ وبمساعدة الملح نصل إلى الفعل الحافظ في المخللات. أما في النفانق فإن الرقم الهيدروجيني يتراوح ما بين ٤ - ٥,٥ وعليه فلولصول إلى الفعل الحافظ لهذه الأغذية فلا بد من التأثير المشترك للمضافات الأخرى كالمح والبهارات والتدخين والتجفيف.

٢. صناعة المخللات

٢ - ١ مقدمة

تعتبر صناعة المخللات من الصناعات التغذوية المهمة وهي تقع تحت مظلة صناعة الحفظ بالتخميرات، ويعود تاريخ صناعة تخليل الخضار والفواكه وخاصة الخيار والزيتون إلى العصور القديمة ويعتقد أنها نشأت في الشرق حوالي ٣٠٠ قبل الميلاد، وبدأت عمليات التخليل بادئ ذي بدء على نطاق المنزل إلا أنها تحولت في

أيماننا هذه إلى التصنيع على النطاق التجاري حيث أن معظم المخللات المتوفرة في الوقت الحاضر تنتج في المصانع. وتشكل المخللات في الوقت الحاضر جزءًا لا يستهان به من الوجبة التغذوية وفي مختلف بلاد العالم. لقد بدأ وضع الأسس العلمية للمخللات وكذلك التعرف على البكتيريا والخمائر ذات العلاقة بالمخللات منذ حوالي ٩٠ عاما فقط. وتعتمد عمليات التخليل كطريقة لحفظ الخضار والفواكه على التأثير الحافظ لمالح الطعام وحامض اللاكتيك والخليك الناتجين عن التخمير اللاكتيكي للسكريات والتي تقوم على بكتيريا حامض اللكتيك وهي لاهوائية إضافة إلى تأثير التوابل والبهارات.

تتصف المخللات بشكل عام بطعم حامضي مائل للملوحة بناء على المواد الأولية الداخلة في التصنيع وخاصة الأحماض العضوية والتوابل والبهارات والخل والملح وبعض الأعشاب.

هناك العديد من الخضار والفواكه التي تستعمل لأغراض التخليل ولكن الأكثر انتشارا هي الخيار والزيتون يليها الملفوف والفلفل والزهرة والبادنجان واللفت والبصل والبندورة والجزر والشمندر.

يقوم الأساس العلمي لعملية التخليل على وجود محاليل ملحية لا تستطيع أن تنمو فيها البكتيريا المسببة للفساد الغذائي بينما تنمو بها وتنشط بكتيريا حامض اللاكتيك وهي المسؤولة عن عمليات التخمير وإنتاج المخللات. تقوم البكتيريا المسؤولة عن

التخليل بإفراز إنزيمات تحول السكريات الموجودة في الخضار والفواكه إلى أحماض وكحول. ونتيجة لتكون هذه الأحماض ينخفض الرقم الهيدروجيني لمحلول التخليل الأمر الذي يساعد على تنشيط البكتيريا المسؤولة عن التخليل وهي عادة موجودة على أسطح الخضار والفواكه وتتفاوت في مدى تحملها لدرجات الملوحة والحموضة ولذلك فإن أكثر من نوع من أنواع البكتيريا يشترك في عمليات التخليل كما سيتم شرحه لاحقا في الجزء الخاص بميكروبيولوجيا المخلات.

٢-٢ طرق التملح في صناعة المخلات

إن هناك ثلاث طرق رئيسية لتمليح المخلات وهي:

أ- التملح الجاف:

ويتم بهذه الطريقة إضافة ٦٪ ملح من وزن الخضار المراد تخليلها كبدائية ثم يتم زيادة تركيز المحلول الملحي بنسبة ٢٪ كل أسبوع وحتى الوصول إلى تركيز ملحي مقداره ١٥٪ ومن عيوب هذه الطريقة حدوث انكماش في مخلل الخيار. والهدف من البدء بتركيز منخفض هو إعطاء فرصة لبكتيريا حامض اللاكتيك للنمو بكفاءة.

ب- المحاليل الملحية

يتم في هذه الطريقة تحضير محلول مخفف تركيزه ٢.٥ ٪ وتبقى به الخضار التي يتم تخليلها مدة ٥ أسابيع بعدئذ يتم رفع تركيز المحلول الملحي تدريجياً وحتى الوصول إلى تركيز ١٥ ٪.

ج- طريقة المخزون الملحي

يتم البدء بمحلول ملحي تركيزه ٧.٥ ٪ ويتم رفع التركيز بمعدل ٠.٥ ٪ كل يومين لمدة أسبوعين ثم يرفع التركيز بمعدل ١ ٪ كل يومين وحتى الوصول إلى محلول ملحي تركيزه ١٥ ٪.

ومما يجدر ذكره أنه في المحاليل الملحية ذات التركيز ١٥ ٪ لا تستطيع أية أنواع بكتيريا النمو والنشاط فيها وحتى تلك المسؤولة عن التخليل كبكتيريا حامض اللاكتيك ويمكن عند هذا التركيز من المحلول الملحي حفظ المخلاتات فترات طويلة جداً تصل إلى عدة سنوات.

٢-٣ المراحل التي تمر بها عملية التخليل

يمكن تمييز أربعة مراحل تمر بها عمليات التخليل وهي:

- أ- التمليح والتخليل وهذه تشمل خلط الخضار والفواكه بالملح الجاف أو بمحاليل ملحية لفترات زمنية مختلفة ويسمى المخلل الناتج بالمخزون المملح.

ب-إخراج الخضار أو الفواكه التي تم تخليلها من المحاليل الملحية وعمل تدريج حجمي لها.

ج- تصنيع المخللات كإضافة محاليل ملحية جديدة وخل وبهارات وتوابل وأعشاب ومن ثم التعبئة في عبوات مناسبة وإجراء عمليات البسترة لهذه المخللات.

د- إعداد المخللات للتسويق.

ويتضمن الشكل (١) وحدة لإنتاج المخللات والمقبلات والآلات والعمليات التي يمكن ان تتضمنها في حالة الإنتاج التجاري للمخللات

٢-٤ المواد الأولية والمكونات التي تدخل في صناعة المخلات.

أ.الخضار والفواكه : وهذه يجب أن تكون سليمة وخالية من العيوب وأن تكون من صنف مناسب للتخليل وذو درجة نضج مناسبة وكذلك متناسقة في الحجم والشكل....الخ.

ب.الماء : ويجب أن يكون خالي أو قليل العسرة لا يحتوي مواد عضوية وغير قلوي وخالي من أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم والتي قد تسبب الطعم المر للمخلات. كما يجب أن يكون الماء خالي من أيونات الحديد والتي قد تسبب إسوداد المخل ، كما يجب أن لا يحتوي الماء على الكلور حتى لا يؤدي ذلك إلى التأثير على نشاط الميكروبات المسؤولة عن عمليات التخليل.

ج- **الملح** : هناك ثلاث أنواع من الملح المستخدم في عمليات التخليل ويسمى الأول بملح الألبان والثاني بملح المائدة أما الثالث فهو الملح الصخري، وعموماً يجب أن لا تزيد الشوائب في الملح المستعمل عن ١٪ وأن يكون خالياً من أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم والحديد.

د- **البهارات والتوابل** : وتضاف لإكساب المخللات طعماً خاصاً وهي تقسم إلى خمس مجموعات تسمى الأولى بالبهارات الحادة أو الحريفة ومن الأمثلة عليها الخردل والزنجبيل والفلفل أما المجموعة الثانية فتسمى بالبهارات العطرية وتشمل جوزة الطيب والهيل. وتنتمي المجموعة الثالثة من البهارات إلى العائلة الخيمية وتشمل اليانسون والكرفس والكراوية والشبث والكمون. وتضم المجموعة الرابعة بعض الخضار كالبصل والثوم والفجل، أما المجموعة الخامسة والأخيرة من البهارات فتشمل القرفة والقرنفل والكرم والزعفران.

هـ- **الخل** : ويقاس تركيزه بالحنة أو كنسبة مئوية وعادة يستعمل الخل بعد تخفيفه إلى تركيز ٤٪ في صناعة المخللات وعموماً فإن هناك مواصفات خاصة للخل الذي يستعمل في صناعة المخللات.

و- **المواد المضافة** : وهذه قد تشمل مواد حافظة كالبنزوات ويسمح القانون بإضافتها بنسبة لا تتجاوز ٢٥٪ ملجم/كجم من وزن المنتج، وكذلك ثاني أكسيد الكبريت والزنجبيل والنشا والسكر والمواد المحسنة للقوام مثل كلوريد الكالسيوم أو كبريتات

الصوديوم والألمنيوم. وهناك بعض المصانع التي تستخدم المواد الملونة الإصطناعية وأحيانا تكون هذه الألوان غير مسموح باستخدامها أو قد يتم استخدامها بتركيزات أعلى من تلك المسموح بها.

ز- البكتيريا : وسيرد تفصيلها في البند القادم.

٢-٥ ميكروبيولوجيا المخلات

تتم عملية تخليل الخضار والفواكه بواسطة التخمير باستخدام بكتيريا حامض اللاكتيك حيث تحتوي الخضار والفواكه على سكر ومواد أخرى تكفي لنمو بكتيريا حامض اللاكتيك وأنواع أخرى من البكتيريا . وعموما فإن هناك عدد قليل من البكتيريا المسؤولة عن تخمر الخضار وإنتاج المخلات. لقد أثبتت الدراسات العلمية أن غالبية البكتيريا الموجودة على سطح الخضار هي من النوع الهوائي . وقد يصل العدد الكلي للبكتيريا على سطح الخضار كالملفوف مثلا إلى ١٣ مليون خلية أو أكثر لكل جرام واحد ويزداد هذا العدد في حالة الجذور كالجزر والفجل . وتوجد البكتيريا المسؤولة عن التخمرات بأعداد قليلة نسبياً على سطح الخضار وذلك مقارنة بأعداد أنواع البكتيريا الأخرى الهوائية الأمر الذي يستدعي خلق ظروف مثبطة لنمو هذه البكتيريا الهوائية . وعليه يجب عند تعبئة الخضار لغرض تخميرها خلق ظروف مناسبة لنمو بكتيريا حمض اللاكتيك المسؤولة عن التخمر وغير مناسبة لنمو

البكتيريا الأخرى الهوائية . ويعتبر عدم وجود الأكسجين والتركيز المناسب من المحلول الملحي من العوامل المهمة لخلق مثل هذه الظروف.

يمكن القول أن هناك حوالي سبعة أنواع من البكتيريا التي تلعب دورا مهما في تخمير الخضار والفواكه وإنتاج المخلات وهذه تشمل اللاكتوباسيلاس كوكاميراس واللاكتوباسيلاس براسيكا، واللاكتوباسيلاس بلانتاريوم واللاكتوباسيلاس بريفس واللاكتوباسيلاس بنتوأستيكس واللوكونوستك ميزينيترويدس والبيديوكوكس سيرفسيا.

وعادة فإن بكتيريا اللوكونوستك هي التي تبدأ عمليات التخمير في الخضار حيث أن العصارة التي تظهر على سطح الخضار نتيجة القطف والتقطيع تعتبر بيئة صالحة لنموها. وتنتج هذه البكتيريا ثاني أكسيد الكربون وأحماض عضوية هي اللاكتيك والخليك الأمر الذي يؤدي إلى سرعة خفض درجة حموضة الوسط وبالتالي الحد من نشاط الميكروبات الأخرى والإنزيمات التي قد تسبب طراوة الخضار، ويعمل ثاني أكسيد الكربون الناتج على طرد الهواء وخلق ظروف غير هوائية مناسبة للمحافظة على لون الخضار ومحتواها من فيتامين ج. إن نمو ميكروب اللوكونوستك يهياً الظروف المناسبة لنمو الأنواع الأخرى من اللاكتوباسيلاس وبطريقة تدريجية حسب قدرتها على تحمل نسبة الحامض. فعند وصول نسبة الحامض إلى ١٪ يقل نشاط اللوكونوستك ويبدأ نشاط اللاكتوباسيلاس كوكاميراس وهذه يستمر نشاطها حتى وصول تركيز الحامض إلى ٢٪، عندئذ يبدأ نشاط بكتيريا اللاكتوباسيلاس

بنتوأستيكس والبلانتاريوم وهذه يمكنها تحمل درجات حموضة تصل إلى تركيز ٥,٢٪.

٢-٦ شروط إنجاز صناعة التخليل

- أ. اختيار أنواع الخضار والفواكه من الأصناف الملائمة والجيدة على أن تكون طازجة وغير ذائبة ومناسبة من حيث الحجم والنضج واللون وخالية من الإصابة الحشرية أو الأمراض أو الجروح أو الكدمات.
- ب. تطبيق طرق التخليل المناسبة مع الإستعانة بالخبرات المتوفرة في هذا المجال.
- ج. استعمال الملح المناسب الخالي من أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم والحديد وكذلك الأتربة وغيرها من المواد التي تؤثر على جودة المنتجات.
- د. استعمال الماء النظيف اليسر الخالي من المواد العضوية وأيونات الكالسيوم والمغنيسيوم ومن القلوية والتي تؤثر على حموضة المخلات وتعادلها وتعرضها للفساد وتؤثر على طعمها.
- هـ. استعمال البهارات والتوابل والخل من النوعية الجيدة.
- و- يجب أن تكون أوعية التخمير والتخزين والتعبئة وأدوات التحريك وخزانات التحضير والأنابيب مصنوعة من مواد لا تتفاعل مع أحماض المخلات أو ملح الطعام ويفضل الفولاذ غير القابل للأكسدة ، ويفضل أن تكون العبوات زجاجية أو

معدنية مطلية بطلاء مناسب وقد تستعمل العبوات البلاستيكية، وعموما يجب أن تكون هذه العبوات نظيفة وجافة قبل الاستعمال.

ز- مراعاة شروط النظافة في الصناعة والتخزين وعدم إفساح المجال لعوامل الفساد من أعفان وخمائر وبكتيريا مع تجنب استعمال المواد المضافة الضارة بالصحة وخاصة المواد الملونة الاصطناعية كلما كان ذلك ممكنا.

ح- توجد بكتيريا حامض اللاكتيك بصورة طبيعية على سطح الخضار والفواكه قبل التخليل. ويجب إضافة بادئ في حالة غسلها يكون عبارة عن محلول مأخوذ من مخلل جيد وغير معاملة بالحرارة أو البرودة أو مضاف إليه مواد حافظة ويحتوي على بكتيريا حامض اللاكتيك الحية حيث أن ذلك يسرع من عملية التخليل.

ط- تضاف الأحماض العضوية كاللاكتيك والخليلك أو الستريك (شرائح الليمون) عند الحاجة وخاصة عند انخفاض نسبة الحموضة في المخللات عن الحد المناسب. وقد يضاف في نهاية الأسبوع الأول من التخليل السكر بنسبة ١٪ وخاصة عندما يكون محتوى الخضار والفواكه المستعملة في التخليل من السكر قليلة.

ي-المحافظة على درجة تتراوح ما بين ٢٥-٣٠ °س أثناء فترة التخليل حيث أنها الدرجة المناسبة لنمو ونشاط بكتيريا حامض الخليك.

ق- يراعى أن يغطى المحلول الملحي خلال فترة التخمير كامل الثمار والمواد الأولية ليكون التخمير لاهوائيا حيث أن ذلك يحول دون نمو الخمائر والأعفان على

سطح أوعية التخمر ويسمح فقط لبكتيريا حمض اللاكتيك بالنمو وتحويل السكر إلى حامض وللمساعدة في ذلك تضاف أحيانا الزيوت المعدنية أو التغذية لهذا الغرض.

٢-٧ عيوب المخللات وطرق التخلص منها

أ. طراوة واهتراء الثمار نتيجة نشاط بعض أنواع البكتيريا والأعفان والخمائر التي تفرز إنزيمات محللة للبكتين، وتنمو هذه الميكروبات على سطح المحاليل الملحية لفترات زمنية طويلة نسبياً. وللتخلص من هذا العيب ينصح بإزالة هذه النموات والتي غالبا ما تكون على شكل طبقة بيضاء من فوق المخللات أو إضافة طبقة من الزيوت المعدنية أو التغذية لخلق ظروف لا هوائية لا تناسب نمو هذه الميكروبات ووجد أن تغطية أوعية التخليل بأوراق العنب يحول دون حدوث هذا العيب، كما أن البسترة وتعريض أوعية المخللات للشمس (للأشعة فوق البنفسجية) يمنع اهتراء المخللات.

ب. المخلل اللزج ويحدث نتيجة نمو بعض أنواع من البكتيريا الهوائية على سطح المخللات، ويمكن تجنبه بعمليات البسترة أو التعرض للشمس.

ج. المخلل الأجوف: ويعود إلى نمو الخمائر وبعض البكتيريا داخل الثمار أو نتيجة استعمال ثمار عبرت مرحلة النضج ومجوفة. ويمكن تجنب هذه الظاهرة بانتقاء الثمار عند مرحلة النضج المناسبة وكذلك بضبط الحموضة وتركيز المحلول الملحي.

د. ظهور الروائح الكريهة والتي قد تظهر نتيجة وجود بكتيريا حامض البيوتاريك وغالبا ما يصاحب هذه الظاهرة ظهور جيوب غازية تحت قشرة الثمار نتيجة لنشاط بكتيريا القولون (الكوليفورم) وإفرازها لإنزيمات تسبب تزنخ دهون الخضار والفواكه. ومن الحلول التي تقترح لتجنب هذه العيوب إجراء عملية البسترة وضبط تركيز المحاليل الملحية عند الحد المناسب.

هـ انكماش الثمار وسببه زيادة تركيز المحلول الملحي وينصح باستعمال محاليل ملحية لا يزيد تركيزها عن ١٠٪ في بداية التخمير.

ز- التبقع بظهور البثور والتي تأخذ شكل عين السمكة ويظهر ذلك في الزيتون المخلل وتسببه بعض أنواع البكتيريا ومن الحلول التي تقترح لتجنبه ضبط تركيز المحلول الملحي ورفع نسبة الحموضة وخلق ظروف لاهوائية أثناء عملية التخمير.

ح- تغيير اللون واسوداده أحيانا ويسبب ذلك وجود الأكسجين وبعض المعادن وبعض أنواع البكتيريا التي تنتج غاز ثاني أكسيد الكبريت ويقترح لتجنب هذا العيب إجراء عملية البسترة والقفل المحكم للعبوات.

٨-٢ قراءات في المواصفة الأردنية للمخللات

**الاشتراطات القياسية

يجب توافر الاشتراطات القياسية التالية في المخللات :

١-خلوها من المواد المخاطية والشوائب والعوالق الطافية.

٢-خلوها من الإهتراء والجيوب الغازية.

- ٣-خلوها من الإصابات الفطرية والحشرية وبيوضها.
- ٤-خلوها من الطعم المر والروائح الغريبة المنفرة.
- ٥-خلوها من الطين والرمل والمبيدات الحشرية
- ٦-خلوها من الأحماض المعدنية.
- ٧-خلوها من الأجزاء النباتية المتخشبة أو المتجعدة وغير المرغوب فيها .
- ٨-يجب أن يكون لونها طبيعيا متجانسا.
- ٩-أن لا تزيد نسبة ملح الطعام في وسط التعبئة عن ١٢ ٪ (المفضل ٧٪).
- ١٠- أن لا تزيد نسبة الحموضة الكلية عن ٤ ٪ ولا تقل عن ١.٥ ٪ (مقدرة كحامض الخليك).
- ١١- أن لا يقل حجم المحتويات عن ٩٠ ٪ من السعة المائية الكلية.
- ١٢- يجوز بسترة المنتج.

****المواد المسوح باستخدامها في صناعة المخلات:**

- ١-الأجزاء النباتية الصالحة للاستهلاك البشري (ثمار، سيقان، أوراق، جذور، نورات). أما الأنواع الصالحة للتخليل تشمل الخيار، فلفل، جزر، لفت، زهرة، ملفوف، ففوس، ثوم، بصل، زيتون، شمندر.
- ٢-الماء الصالح للشرب وملح الطعام والسكر والخل.

٣- ملح الطعام.

٤- السكر.

٥- الزيوت النباتية (زيتون، قطن)

٦- بعض أنواع المكسرات (جوز، صنوبر)

٧- التوابل والبهارات

**** الإضافات التغذوية:**

١- مواد تسهيل الإذابة أعلى حد مسموح به ٥٠٠ ملجم/كجم

من المخللات

٢- مواد التثبيت (كلوريد الكالسيوم) ٢٥٠ ملجم/كجم من المخللات

٣- مواد حافظة (حامض البنزويك أو ٢٥٠ ملجم/كجم من المخللات

أملاحه)

٤- مواد ملونة (كلوروفيل، صبغات ٣٠٠ ملجم/كجم من المخللات

طبيعية)

٥- مواد مثخنة (نشا أو بكتين)

٦- مواد تحميض (خل، لاكتيك،

سيتريك)

٢-٩ تطبيقات عملية على صناعة المخللات

أولاً: تخليل الزيتون الأخضر

١. يتم اختيار الزيتون الأخضر من الأصناف المناسبة للتخليل، وتنظف الثمار من الأوراق وأية شوائب أخرى ويتم تدرجها حسب الحجم
٢. يتم تشطيب الثمر أو عمل جروح طولية بها (٣-٤ جروح) باستخدام السكاكين أو يتم رصعها (تضرب الثمار بالشاكوش في التخليل المنزلي أو تستخدم مكائن خاصة لهذا الغرض حيث تتعرض الثمار لعملية تهشيم جزئية للإسراع بعملية التخليل). وتساعد عملية التشطيب والرصع على خروج المواد المسؤولة عن الطعم المر وعلى اختراق المحلول الملحي للثمار.
٣. تعبأ ثمار الزيتون بعد ذلك في العبوات الزجاجية ويضاف لها محلول ملحي تركيزه ١٠٪ أو ٤٠ سالوميتر. ونظراً لاحتواء ثمار الزيتون على نسبة مرتفعة من الماء فإنه بمرور الأيام يحدث تخفيف للمحلول الملحي ولذا يجب إضافة محلول ملحي مشبع ويكون تركيزه ٢٦.٥ ٪ ويحضر بإذابة الملح في كمية من الماء والإستمرار في إضافة الملح والتحريك إلى أن تبقى الكميات المضافة من الملح كما هي ودون إذابة، عندئذ يسمى هذا المحلول بالمحلول المشبع ويستبدل كل يومين جزء من المحلول الملحي المغمورة به ثمار الزيتون بهذا المحلول المشبع وذلك للمحافظة على تركيز

المحلول الملحي في العبوات الزجاجية بحدود ١٠٪ وإذا كانت هناك صعوبة في عملية إضافة المحلول الملحي المشبع كل يومين فيمكن استبدال هذه الطريقة بطريقة أخرى وهي استعمال محلول ملحي منذ البداية ذو تركيز ١٢.٥٪.

٤. قد يضاف الليمون والفلفل الأخضر بعد تقطيعه إلى شرائح.

٥. بعد إتمام عملية التخمير والتي قد تحتاج إلى ستة أسابيع تتحول ثمار الزيتون إلى اللون الأخضر المصفر ويصبح الطعم ممتازاً والنسجة أو القوام على درجة عالية من الجودة.

٦. قد تخضع ثمار الزيتون بعد اكتمال تخليلها إلى عمليات تصنيعية أخرى تشمل إعادة الفرز والتدريج وإزالة النوى والحشو بشرائح من الفلفل أو المكسرات، وإضافة ٢ ٠,٥-٠ ٪ حامض الخليك أو اللاكتيك وقد يتم تغيير المحلول الملحي بمحلول جديد أقل تركيزاً وأخيراً يمكن إجراء عملية البسترة لمخلل الزيتون بعد تعبئته في عبوات صغيرة.

٧. ضرورة حساب نسبة التصافي عن طريق وزن ثمار الزيتون قبل التخليل وبقسمة الثاني على الأول يتم الحصول على نسبة التصافي.

ثانياً: المخللات المخلوطة

١. هناك العديد من الخضار التي يمكن تحضير المخللات المخلوطة منها وهذه قد تشمل الخيار واللفت والبنجر والزهرة والجزر والفلفل والبصل والبندورة... الخ. يتم

اختيار الثمار السليمة والخالية من العيوب وتنظف وتستبعد الأوراق والمواد الغريبة ثم تغسل الثمار .

٢. يتم تقشير البنجر واللفت والجزر وتسلق في ماء مغلي حتى تصبح طرية وقد يستغرق ذلك من ٣٠ إلى ٤٥ دقيقة. وفي حالة الزهرة فإنها تجزأ إلى قطع صغيرة وتسلق في ماء مغلي لمدة ١٠ دقائق. وبخصوص الخيار والفلفل الأخضر فيتم تقطيعها إلى شرائح مناسبة.

٣. عند التخليل للأغراض المنزلية فإنه يتم تحضير محلول ملحي تركيزه ١٠٪ ويضاف له خل بنسبة ٢٪ وكذلك بهارات بنسبة ٢, ٠ ٪.

٤. تخلط مجموعة الخضار بعد تجهيزها وتغطى بمحلول التخليل السابق ذكره في البند ٣ . بعد تعبئتها في العبوات المناسبة.

٥. أما في حالات التخليل في المصانع أو على نطاق تجاري فإن كل نوع من الخضار يتم تخليله لوحده وبدون إضافة خل أو بهارات، وبعد الانتهاء من التخمير فإنه يتم خلط مخلات الخضار المختلفة بالنسبة المرغوبة ويضاف الخل والبهارات وكذلك محلول ملحي ذو تركيز مناسب لتغطية المخلات بعد أن تعبأ في عبوات مناسبة ومن ثم تبستر .

وبين الشكل (١) وحدة لإنتاج المخلات والمقبلات والمكائن والعمليات التي يمكن أن تتضمنها.

٦. قد تستغرق عملية التخليل من ٤-٦ أسابيع حسب درجة الحرارة وتوفر الظروف الملائمة للتخليل. ويراعى هنا أيضا حساب نسبة التصافي عن طريق وزن الخضار المخلوطة قبل التخليل وبعد التخمير وقسمة الثاني على الأول.

ثالثا: تخليل الخيار

١. يتم اختيار خيار من صنف يصلح للتخليل. وتفضل الثمار ذات الحجم الصغير لأغراض التخليل، ينظف الخيار وتستبعد الشوائب ومن ثم يدرج حسب الحجم.
٢. يحضر محلول ملحي تركيزه ٧.٥٪ ويستعمل لتغطية الخيار بعد تعبئته في العبوات المناسبة.
٣. يتم رفع أو زيادة تركيز المحلول الملحي كل يومين باستبدال جزء وليكن ٢٥٪ من المحلول الملحي في العبوة الزجاجية بمحلول ملحي مشبع سبق شرح طريقة تحضيره عند تصنيع مخلل الزيتون الأخضر. وتستمر عملية الاستبدال هذه حوالي خمسة أسابيع وإلى أن يصل تركيز المحلول الملحي إلى ١٥٪.

٤. بعد الوصول إلى كمال عملية التخمير أو التخليل، وهذا قد يستغرق ٥-٦ أسابيع حسب ظروف التخمير المتوفرة من درجة حرارة وتركيز محلول ملحي وغيره، يفرغ الخيار من العبوات وينقع في الماء مرتين أو ثلاث لمدة ٨ ساعات في كل مرة وذلك

لإزالة الملوحة من مخمل الخيار في محلول مائي أو ملحي مناسب بعد إضافة الخل و البهارات إليه وأخيراً تتم عملية البسترة لهذه المخملات.

٥. يلاحظ أنه في الطريقة المنزلية يتم تحضير محلول ملحي عالي التركيز (١٠-١٢٪) بدلا من ٧.٥٪ وتجري بعد عملية تخليل الخيار وغالبا لا يستبدل هذا المحلول الملحي بعد إتمام عملية التخليل بل يتم استهلاك المخمل وهو مغمور بهذا المحلول الملحي المرتفع ولذا قد يشكل ذلك بعض المخاطر الصحية لذوي ضغط الدم المرتفع وخاصة عند استهلاك كميات كبيرة من هذا الخيار المخمل ذو الملوحة المرتفعة. لقد آن الأوان لتغيير بعض عاداتنا التغذوية وخاصة عندما يتعلق الأمر بالصحة والسلامة.

٢- ١٠ مثال على دراسات الجدوى الإقتصادية لصناعة المخملات

وحدة إنتاج المخملات والزيتون والصلصات (شكل ١١-١)
حجم الإنتاج السنوي:- ٣٠٠ طن مخملات و ٥٠ طن زيتون
مساحة وحدة الإنتاج ٣٠٠ متر مربع.

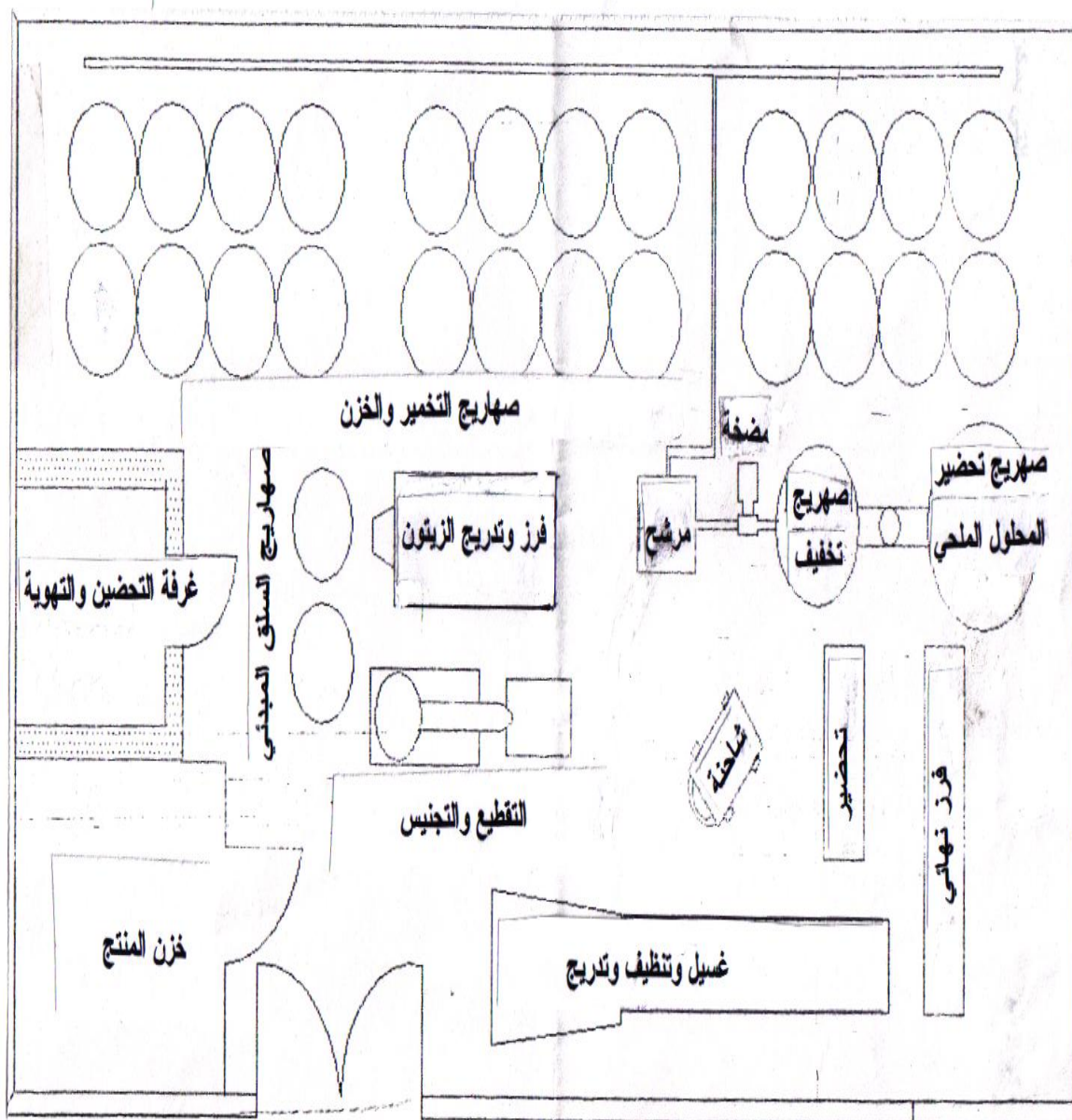
الطاقة التخزينية على شكل صهاريج ٧٠ طن (موزعة على ٣٥ صهريج سعة ٣ طن للصهريج الواحد).

المعدات المطلوبة:-

الوحدة	التكلفة بالدينار
٣٥ صهريج	٧٨٥٠
معدات تنظيف المواد الأولية	١٥٠٠
طاوولات تصنيف وتعبئة	٦٠٠
عربات نقل	٤٠٠
صهريج إعداد المحلول الملحي مع خلاط	١٠٠٠
وحدة تصفية المحاليل مع مضخة	٢٠٠٠

١٠٠٠	مضخة خاصة مقاومة للأحماض والأملاح
	أحواض معالجة حرارية عدد ٤
١٢٠٠	(مصنعة من فولاذ غير قابل للصدأ)
١٠٠٠	غرفة حضن وتهوية ٣,٥X ٢ م
٢٠٠٠	تمديدات ومنشآت
٥٠٠	آلة إغلاق أكياس بلاستيك
٢٠٠٠	آلة تصنيف الزيتون ورصعه
٥٠٠٠	آلات تقطيع وطحن ومجانسة
٣٠٠٠٠	المجموع

شكل (١). وحدة لانتاج المخلات والمقبلات والمكائن والعمليات التي يمكن أن تتضمنها



٣٤٧

المصدر: أبو الخير (١٩٨٦)

حساب الكلفة والربح:-

كمية الزيتون المصنعة بواقع ٥٠ طن سنوياً.

كلفة طن الزيتون	٤٠٠ دينار
كلفة تصنيع الطن مع تعبئته	٢٠٠ دينار
المجموع	٦٠٠ دينار
سعر البيع	٩٠٠ دينار
الربح الصافي	٣٠٠ دينار
الربح السنوي: $٣٠٠ \times ٥٠ =$	١٥٠٠٠ دينار
المخللات: بواقع ٣٠٠ طن سنوياً	
كلفة الطن للمواد الأولية	٢٠٠ دينار
كلفة تصنيع الطن مع تعبئته	١٥٠ دينار
المجموع	٣٥٠ دينار
البيع للطن الواحد	٥٠٠ دينار
الربح الصافي للطن	١٥٠ دينار
الربح السنوي: $١٥٠ \times ٣٠٠ =$	٤٥٠٠٠ دينار

٣ . صناعة الخل Vinegar production

٣-١ تعريف الخل واستعمالاته Vinegar definition and uses

تعرف المواصفة الأردنية الخل الطبيعي بأنه ناتج عملية التخمير الكحولي ثم التخمير الخليكي للخامات الطبيعية المحتوية على النشا أو السكر أو كلاهما معا دون أن يتخلل صناعته عملية تقطير، وهذا ما يميزه عن الخل الصناعي وهو الخل المحتوي على حامض الخليك الصالح للاستهلاك البشري وغير الناتج من عملية التخمير الكحولي.

يعتبر الخل من الأغذية التقليدية الواسعة الانتشار حيث يستعمل لأغراض عديدة وعموما يمكن تصنيف استعمالاته إلى استعمالات غذائية وأخرى طبية.

أ. استعمالات الخل التغذوية

١. يستعمل في عمل سلطات المائدة.
٢. يستخدم في صناعة المخللات والكاتشب والمايونيز والكاربي ومنتجات السمك والخردل.
٣. يستخدم في تحضير الماسترد وهي مادة حارة تضيف طعما للحوم.
٤. يضاف أحيانا للخبز لمنع نمو الفطريات عليه.
٥. يضاف لبعض الأغذية لخفض رقمها الهيدروجيني ومنع نمو الميكروبات المكونة للجراثيم.

ب. الاستخدامات الطبية

١. يعتبر الخل بشكل عام أول مضاد حيوي عرفه الإنسان حيث استخدم في علاج الجرب والتهابات الأذن المزمنة ومرض الاسقربوط وعلاج الجروح وبعض أنواع التسمم والحروق والدوالي.
٢. استعمل الخل في تثبيط نمو الخلايا السرطانية وحقق بعض النجاح في علاج السرطان.
٣. يساعد في علاج الحصى والرمل.
٤. يساعد في تخفيف الوزن والتجميل.
٥. يدخل في صناعة المطهرات والاستون.

٣-٢ تعريف بعض المصطلحات الخاصة بصناعة الخل Terms definition

الخل Vinegar: عرفت المواصفة الدولية الخل بأنه المادة التي تنتج من التخمير الكحولي والخليكي لأية محاليل تحتوي على سكر.

خل التفاح Cider vinegar: هو الخل الناتج من التخمير الكحولي لعصير التفاح ومن ثم التخمير الخليكي.

الخل المقطر Distilled vinegar: يستعمل هذا المصطلح في بريطانيا للتعبير عن الخل الناتج من الشعير المنبت Malt والذي تم تقطيره بعد التخمير الخليكي. أما في أمريكا

الشمالية فيعني هذا المصطلح الخل المصنع مباشرة من التخمر الخليكي لكحول

الايثايل ويسمى أحيانا خل الاسبيرتو Spirit vinegar.

الخل المنكه Flavored vinegar: يشير هذا المصطلح إلى الخل المقطر بالطريقة

الأمريكية والمضاف إليه مواد ملونة ونكهات ليصبح شبيها بخل التفاح.

تركيز الخل Vinegar concentration: يتم التعبير عن تركيز الخل بطرق مختلفة في

الدول المختلفة. ومن أكثر الوحدات استعمالا الحبة Grain وتعادل الحبة الواحدة تركيز

مقداره ١.٠ ٪ وزن/حجم حامض خليك حسب المواصفة الأمريكية بينما في بريطانيا

فإن الحبة الواحدة تعني ٢.٠ ٪ حامض خليك وزن/حجم. مما سبق نرى وجود

اختلافات في مصطلحات الخل من مكان إلى آخر.

٣-٣ بعض الاعتبارات الكيميائية والميكروبية لصناعة الخل

Chemical and microbiological aspects of vinegar production

تمر عملية انتاج الخل بمرحلتين رئيسيتين، الأولى هي مرحلة التخمر

الكحولي حيث تقوم خميرة السكرومايسيز سيرفسيا *Saccharomyces cerviciae* بتخمير

السكر وانتاج الكحول وثاني أكسيد الكربون ومنتجات تخميرية أخرى وبكميات قليلة

وكما يتبين من المعادلة التالية:

سكر + خميرة ===== ثاني أكسيد الكربون + ايثانول(كحول) + طاقة(٥٥ كيلوسعر حراري)

أما فيما يتعلق بالمرحلة الثانية من عملية التخمير فيتم تحويل الكحول المنتج في

المرحلة الأولى إلى حامض خليك بفعل بكتيريا الأسيتوباكتر أسيتاي *Acetobacter*

aceti وهو ما يسمى بالتخمير الخليكي وكما يتبين من المعادلة التالية:

كحول الايثانول + أوكسيجين + أسيتوباكتر أسيتاي \Rightarrow حامض خليك + ماء + طاقة (١١٦ كيلوسعر حراري)

ويتضح من المعادلات السابقة أن التفاعل من النوع المنتج للحرارة

Exothermic وعليه فليست هناك حاجة لاستخدام الحرارة بل العكس هو الصحيح إذ

يجب التخلص من الحرارة المتكونة باستخدام التبريد للمحافظة على ميكروبات التخمير

بحالة جيدة.

٣-٤ خطوات انتاج الخل Steps involved in vinegar production

يبين الشكل (٢) الخطوات المتبعة لانتاج خل التفاح، ويمكن اتباع هذه

الخطوات لانتاج الخل من فواكه ومواد أولية أخرى كالتنمر والعنب والعصائر المختلفة

ولكن مع ادخال بعض التعديلات الطفيفة.

أ. إعداد ثمار الفاكهة وعصرها وتجهيزها لصناعة الخل

تختلف المعاملات التي تتعرض لها ثمار الفاكهة أو الخضار لتجهيزها

لصناعة الخل وعموما تشمل المعاملات كلا من الغسيل والتجفيف (للتخلص من ماء

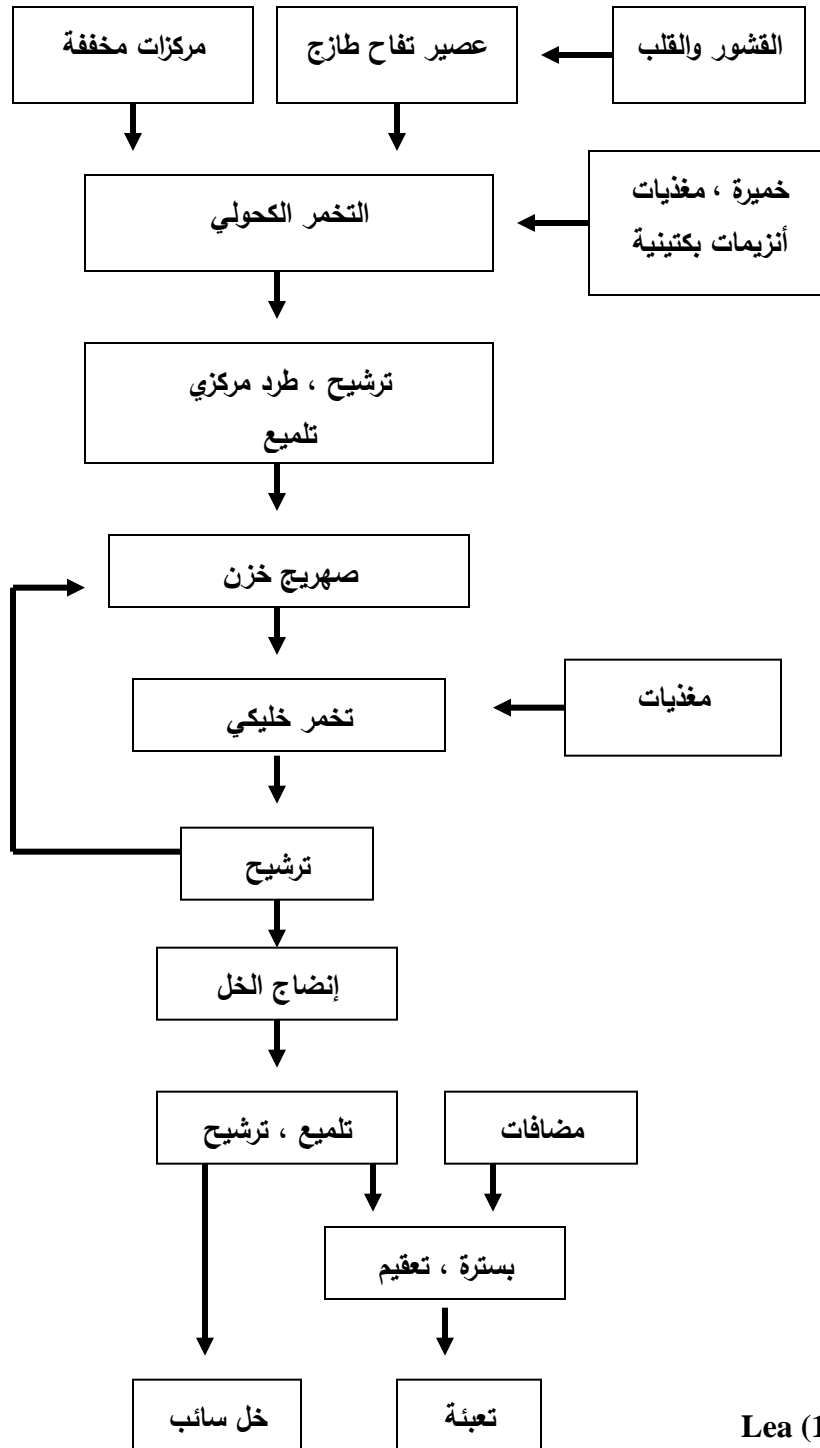
الغسيل) والتقطيع والتششير والطحن والتنعيم (كما في التفاح) وإزالة البذور (كما في

التنمر) وإزالة القلب (تفاح) والعصر (كما في العنب والتفاح) والتحول الى عجينة

(تنمر). وقد تستعمل العصائر الطازجة في صناعة الخل أو قد تستعمل المركبات

بعد تخفيفها وأحيانا يتم عصر مخلفات صناعة عصير الفاكهة كالعشور

شكل (٢). خطوات تصنيع خل التفاح



المصدر: (Lea 1990)

وغيرها ويستعمل العصير الناتج في صناعة الخل. ومما تجدر مراعاته أن يكون العصير المستخدم في صناعة الخل ذو تركيز مناسب من السكر (١٠ - ١٥ ٪)، حيث أن التراكيز المرتفعة من السكر تؤثر على ميكروبات التخمر.

ب.التخمر الكحولي Alcoholic fermentation

تتم عملية التخمر الكحولي بفعل الخميرة (سكاروميسيز سيرفسيا) التي تحول السكريات إلى كحول وثاني أكسيد الكربون وكما تم توضيحه سابقاً. إلا أن هناك بعض الخمائر التي تتواجد طبيعياً في المادة الخام أثناء هذا التخمر وتؤدي نتائج غير مرغوبة. ومن الأمثلة على هذه الخمائر الهانسينيا (*Hansenia*)، والمايكوديرما (*Mycoderma*)، والتوريلا (*Torula*) وغيرها. وتوجد الهانسينيا في جميع عمليات تخمر عصير الفاكهة، وتنمو وتتكاثر بسرعة في العصير وتستهلك الجزء الأكبر من غذاء الخميرة المرغوبة مما يترتب عليه قلة نشاط ونمو الخميرة المرغوبة. وتفرز الهانسينيا أثناء نموها ونشاطها بعض المواد السامة المثبطة لنشاط الخميرة المرغوبة، ولتحاشي الضرر الناشيء عن هذه الخميرة الضارة تضاف كمية زائدة من الباديء.

أما المايكوديرما فهي خميرة تعرف أحياناً باسم زهور الخمر (*Wine flowers*) وهي هوائية تتكاثر على سطح العصير أثناء التخمر الكحولي، ولها قدرة كبيرة على أكسدة الكحول والسكريات والأحماض العضوية المنتجة إلى ثاني أكسيد الكربون وماء.

وعادة تبدأ الميكوديروما نشاطها بعد اتمام التخمر الكحولي وقبل أن تبدأ الأكسدة للكحول إلى حامض خليك. ويظهر نشاطها في صورة غشاء مبيض اللون ومموج المظهر ذي رائحة أستيرية قريبة من رائحة الفاكهة على سطح السائل. ويمكن إيقاف نشاط المايكوديروما بجعل الظروف غير هوائية أو بإضافة حامض الخليك وزيادة نسبته الى ١ %.

وهناك نوعين من الخميرة المرغوبة في مجال التخمر الكحولي، الأولى وسبقت الإشارة إليها وهي سكارومايسيز سيرفسيا، والثانية هي سكارومايسيز ايليسويداس *Saccharomyces ellipsoideus*. وتتميز هذه الخمائر بكفاءتها العالية في تحويل السكر إلى كحول، كما تمتاز هذه الخمائر بسرعة ترسبها بعد التخمر، وتخلو السوائل التي تنشط فيها من الروائح الغريبة ومن المظهر الغريب. ويلاحظ إضافة الخميرة المرغوبة النقية بكمية كافية للتغلب على الخمائر الضارة الموجودة في المادة الخام. ويمكن الحصول على مزارع الخميرة النقية من بعض المصادر التجارية المتخصصة.

يحضر باديء الخميرة من المزرعة النقية باستعمال انبوبة اختبار محتوية على بيئة آجار حيث يضاف عصير الفاكهة إلى المزرعة بالقدر الموازي لنصف حجم أنبوبة مع مراعاة تحاشي تلوث المزرعة بالأعفان وميكروبات الفساد الغذائي الأخرى. تترك المزرعة مع العصير في الغرفة على درجة حرارة ١٨ - ٢٤ °س لبضعة أيام وحتى يتم التخمر ويعرف ذلك بتصاعد الغاز بوفرة، بعدها يضاف العصير المتخمر

إلى ٣ لتر عصير طازج مع الخلط الجيد، ثم تسد الفوهة بسدادة قطنية معقمة ويترك العصير لمدة ٢-٣ يوم حتى يتخمّر تماما. تضاف هذه الكمية المتخمرة إلى ١٥٠-٢٠٠ لتر من العصير المبستر على درجة حرارة ٧١-٧٤ °س والمبرد إلى درجة ٢٤ °س ، وبعد الخلط الجيد والترك لمدة ٢-٤ يوم لاتمام التخمّر وعليه يكون قد تم تحضير الباديء (حوالي ٢٠٠ لتر)، وتكفي هذه الكمية لتخمير حوالي ١٤٠٠ لتر عصير طازج. ويراعى تجديد الخميرة على فترات متعاقبة.

ويمكن تقسيم فترة التخمّر الكحولي إلى مرحلتين ، الأولى تستغرق ٣-٦ أيام ويكون التخمّر فيها سريعا حيث ينحول معظم السكر إلى كحول. أما المرحلة الثانية فتستغرق حوالي ٢-٣ أسابيع ويكون التخمّر فيها بطيئا. وجرت العادة على قياس تركيز السكر في المحلول وهو ما يسمى بقراءة البالنج للتعرف على طبيعة وسرعة عمليات التخمّر، وتكون قراءة البالنج صفراً عند انتهاء التخمّر.

وعند انتهاء التخمّر الكحولي تترسب الخميرة وبقايا الثمار الصلبة في أسفل الصهريج، ويراعى التخلص من هذه الرواسب عقب انتهاء عملية التخمّر مباشرة لمنع تحللها ونمو بكتيريا حامض اللاكتيك عليها وتكوين روائح غير مقبولة. كما يتم فصل السائل عن الراسب بالمضخة وتسمى هذه العملية Sacking. وعادة يتم ترشيح الراسب لاسترداد بقايا العصير.

لوحظ أن إضافة ثاني أكسيد الكبريت أو أحد أملاح الكبريت قبل التخمّر تسبب ارتفاع نسبة الكحول الناتج وعزي ذلك إلى قيام الكبريت بتنشيط نشاط الأعفان

والخمائر الضارة الموجودة في المادة الخام وبكتيريا حامضي اللاكتيت والخليك مما يترتب عليه زيادة نشاط الخميرة المرغوبة. ويضاف غاز ثاني أوكسيد الكبريت عادة بتركيز يصل إلى ١٢٥ جزء بالمليون. وبعد الإضافة يترك العصير مدة ساعتين ومن ثم يضاف الباديء (الخميرة) إلى العصير. وتهدف هذه الفترة الزمنية إلى قيام الكبريت بقتل الأعفان والخمائر والبكتيريا الضارة الموجودة في المادة الخام أو إيقاف نشاطها. ترتفع درجة حرارة العصير أثناء التخمير نتيجة الحرارة المنطلقة من تحول السكريات إلى كحول وكما تم ايضاحه سابقا عند عرض معادلات التفاعل. ووجد أنه عند وصول درجة الحرارة في محيط عملية التخمير إلى ما بين ٣٥-٤٠ °س يتوقف التخمير بفعل الخميرة. ومن هنا يلزم تبريد العصير أثناء تخمره سواء بغمس صفائح مبردة بالماء البارد في العصير أو بدفع العصير في أنابيب مبردة خارجيا بالماء البارد.

ويعتبر تبريد عصير العنب ضروريا إذا استعمل بدون تخفيفه نظرا لارتفاع نسبة السكر به إلى ٢٢ ٪. بينما لا يعتبر التبريد ضروريا في حالة عصير التفاح أو العصائر الأخرى المخففة. وتعتبر درجة الحرارة المثلى للتخمير الكحولي ٢٧ °س. بعد الانتهاء من عملية التخمير الكحولي يتم قياس تركيز الكحول الناتج باستخدام الهيدروميتر أو جهاز لونج (Alcohol meter) استعدادا لبدء المرحلة التالية وهي التخمير الخليكي. ويفضل أن يكون تركيز الكحول ما بين ١٠-١٣ ٪. أما في التراكيز المرتفعة من الكحول فإنه يصعب تحويله بالكامل إلى حامض خليك. أما إذا

استعملت تراكيز منخفضة من الكحول (١-٢ %) فإن كمية الخل الناتج من الكحول تكون قليلة كما أن طعم الخل الناتج لا يكون في أحسن صورته.

ج. التخمر الخليكي Acetuous fermentation

يتم أثناء التخمر الخليكي تحويل الكحول الناتج أثناء مرحلة التخمر الكحولي أو أكسدته بواسطة بكتيريا الأسيتوباكتر أسيتاي إلى حامض خليك. وقد سبق وأن تم توضيح المعادلة الخاصة بذلك في باب الجوانب الكيماوية والميكروبية لصناعة الخل. وبالإضافة إلى ميكروب الأسيتوباكتر أسيتاي فهناك أنواع أخرى من هذا الجنس تقوم بمهمة أكسدة الكحول إلى حامض خليك. ومن ذلك الأسيتوباكتر

باستيريانم *Acetobacter pasteurianum* وكذلك الأسيتوباكتر كاتزينجيانم *Acetobacter*

kutzingianum.

وتمتاز بكتيريا الأسيتوباكتر بأنها عصوية قصيرة جداً وتظهر كخلايا منفردة أو في أزواج أو على هيئة سلاسل. وتتصف بعض أنواع هذا الجنس من البكتيريا مثل الأسيتوباكتر زيلينام *xylinum* بتكوينها أغشية على سطح السائل المتخمر كما أنها تكون طبقة فليينية في الخل المعبأ بزجاجات وهو ما يسمى بأم الخل ويعتبر أحد عيوب الخل. وتعتبر جميع أفراد جنس الأسيتوباكتر هوائية ولها القدرة على أكسدة بعض المركبات العضوية الأخرى بالإضافة إلى كحول الايثانول، كما أنها تمتاز بعدم تكوينها للأبواغ أو الجراثيم.

د. الترشيح المبدئي للعصير المتخمر أو الخل أو طرده مركزيا وتلميعه

Rough filtration/centrifugation/fining

تتم عملية الترشيح بعد عملية التخمير الكحولي وكذلك بعد عملية تكوين الخل بشكل نهائي وقبل عملية البسترة وذلك بهدف الحصول على خل رائق وخالي من الشوائب. كما يرشح الخل لتحسين مظهره وتستعمل عادة بعض المواد المساعدة على الترشيح. وتستعمل أيضا أجهزة الترشيح تحت ضغط. ويفضل أن تصنع أجهزة ترشيح الخل من الصلب غير القابل للصدأ أو من البرونز والألمنيوم المقاوم للتآكل ويجب عدم صناعتها من النحاس المطلي بالقصدير لأن مثل هذه المعادن تتآكل بتأثير الخل فتتكون العكارة.

وقد يستعمل الطرد المركزي للمساعدة في عملية الترشيح والتخلص من الشوائب المتناهية في الصغر كتلك المركبات التي تتشكل من تفاعل السكر والبروتين وعديد الفينولات، كما يتم تلميع العصير المتخمر (بعد التخمير الكحولي) عن طريق إضافة لتر من محلول الشيتوسان Chitosan solution لكل ١٠٠ لتر من العصير المتخمر وتسمى هذه العملية Fining.

وتتم عملية التلميع في بعض مصانع الخل (والتي قد يعتبرها البعض بديلاً أو مكماً لعملية الترشيح والترويق) بإضافة ١ كجم ايسينج جلاس أو جيلاتين إلى ٥٠٠٠ لتر خل يتبعها إضافة ٢ كجم من عجينة البينتونايت، ثم الخلط والتحرك، يترك بعدها لمدة أسبوع قبل أن يتم سحب الخل الرائق عن الراسب.

ومن الجدير ملاحظته أن عملية التلميع يفترض أن تتم على خل سبق إنضاجه جيداً Well-aged vinegar حيث أن ذلك يقلل من أعداد الأسيتوباكتريز في الخل المراد تلميعه ويقلل من احتمالية إعادة العكارة مرة أخرى.

هـ. إنضاج الخل Maturation

بعد اكتمال عملية التخمر الخليكي يضخ الخل إلى خزانات خاصة وتتم عملية إنضاجه وذلك بهدف تحسين طعمه وترويقه والتخلص من ظاهرة الغباشة Haze التي قد تصاحبه أحيانا نتيجة تجمع مركبات عديد الفينول وارتباطها بمركبات أخرى. كانت عملية الإنضاج في السابق تستغرق سنة كاملة إلا أنه حديثاً ونتيجة زيادة عمليات الإنتاج وارتفاع كلفة التخزين وتقدم تقنية الترشيح والترويق فإنها تستغرق شهراً واحداً أو شهرين في أحسن الأحوال.

وتسمى هذه العملية أحيانا بعملية تعتيق الخل Aging حيث تتحسن نكهته ورائحته بزوال محتوياته من الكحولات مرتفعة الوزن الجزيئي والأستالدهايد وبعض الأحماض.

و. الترويق Clarification

يتم ترويق الخل لتحسين مظهره وذلك بإضافة مواد الترويق إليه مثل الجيلاتين والكازين وطمى البنتونايت حيث ينقع الأخير في الماء أو الخل بضعة أيام ويرج بشدة لتكوين معلق تركيزه حوالي ٥ ٪، ثم يضاف هذا المعلق للخل بنسبة ٦ لتر/٤٠٠ لتر خل، ويترك الخل للترسيب ثم يفصل الخل الرائق، وينصح بعمل الترويق على كمية قليلة من الخل بداية ومن ثم التعميم على نطاق أوسع.

وتعتبر المادة الصمغية المسماة ايسينج جلاس Isinglass من أفضل المواد لترويق الخل

حيث تؤخذ ٢٥٠ جرام منها وتخلط بكمية مماثلة من حامض الستريك وتتقع في ٢

لتر من الماء لمدة ٢٤ ساعة ثم تمزج وتخلط جيداً وتصفى خلال مصفاة دقيقة

الثقوب، وتكفي هذه الكمية من مادة الترويق لترويق حوالي ٢٠٠ لتر خل. ويعبأ الخل

بعد خلطه بمادة الترويق في برميل ويغلق الأخير ويقلب الخل جيداً ويترك لمدة ١٠

أيام، يسحب بعدها الخل الرائق بعيداً عن الرواسب.

وعند استعمال الكازين تذاب كازينات الصوديوم أو البوتاسيوم في الماء الساخن

بتركيز ٢ ٪، وتكفي ٥ لتر من محلول الترويق المحضر لترويق ٤٠٠ لتر خل. وفي

حالة استعمال التانين تذاب كمية مناسبة منه مع القليل من الخل ثم تخلط هذه الكمية

ببقية الخل وتترك لمدة أسبوع.

ز. بسترة الخل وتعبئته Pasteurization/sterilization and bottling

تتم عملية البسترة للخل بتعبئته في زجاجات محكمة الإغلاق وذلك بهدف

القضاء على أي نوع من البكتيريا التي قد تحدث تغيير في الطعم واللون. وتتم عملية

البسترة على ٦٠ - ٦٦ °س لمدة ٣٠ دقيقة أو على ٧٢ °س لمدة ٥ دقائق أو على

٨٠ °س لمدة ٣ ثواني أو بإضافة ١١٠ - ١٥٠ جزء بالمليون ثاني أكسيد الكبريت أو

ما يعادلها من بايكبريتيت الصوديوم.

وتعتبر العبوات الزجاجية هي الأفضل في مجال تعبئة الخل، ويراعى أن

يكون الغطاء مبطناً بحيث لا يصل الحامض إلى معدن الغطاء، كما تراعى نظافة

العبوات وتعبئتها كاملة لمنع وجود الهواء. وفي حال استعمال العبوات البلاستيكية فيراعى توخي الحذر فيما يتعلق بنفاذيتها للأكسجين.

٣-٥ طرق تصنيع الخل Vinegar manufacturing processes

يتم تصنيع الخل بإحدى ثلاث طرق، الأولى هي الطريقة البطيئة والثانية الطريقة السريعة والثالثة طريقة الغمر.

أ. **الطريقة البطيئة Slow process** وتسمى أيضا بطريقة أورليانز أو بطريقة البراميل Orleans or barrel process. وتعتبر الطريقة المنزلية لتصنيع الخل وهي من أقدم طرق إنتاج الخل. تستخدم فيها البراميل الخشبية سعة ٢٠٠ لتر، ويفضل استعمال أوعية ذات مساحة سطحية أكبر وعمق أقل لتسريع عملية إنتاج الخل.

يملأ ثلث هذه البراميل بالخل (الرفع الحموضة ومنع نمو المايكوديروما وتنشيط الأسيتوباكتر أسيتاي)، ثم يضاف ١٥ لتر من الكحول أسبوعيا ولمدة ٤ أسابيع كما يزود كل برميل بفتحات تهوية تعلو سطح السائل مباشرة وكما يتضح من الشكل (١١-٣).

تستغرق عملية تكوين الخل بهذه الطريقة من عدة أسابيع إلى ٣ شهور، وعليه يسحب كل شهر ثلث إلى ربع الخل الناتج لإعداده للاستهلاك وتضاف كمية مماثلة من العصير المتخمر أو السائل الكحولي بدلا من الكمية المسحوبة وتصبح العملية بعد ذلك مستمرة. ويراعى حفظ البراميل عند درجة حرارة ٢٩ °س.

تتميز هذه الطريقة بإنتاج خل جيد النكهة للأسباب التالية:

١- احتواء الخل على أحماض عضوية مثل اللاكتيك نتيجة لدور بعض أنواع من

البكتيريا التي تعيش في الهواء الأمر الذي يكسب الخل نكهة خاصة.

٢- تكون بكتيريا الأسيتوباكتر زيلينوم *A. xylinum* نمو لزج جيلاتيني من السيليلوز

على شكل طبقة سطحية أو فيلم تسمى أم الخل Mother of vinegar. ويعتبر ذلك ميزة

في الطريقة البطيئة إلا أنه عيبا في الطرق الأخرى. وكونها ميزة يعزى إلى تجمع

خلايا الأسيتوباكتر على هذه الطبقة وتعرضها للهواء مباشرة.

٣- تحقق هذه الطريقة تعتيق الخل أثناء إنتاجه الأمر الذي يؤدي إلى تحسين

مظهره ونكهته.

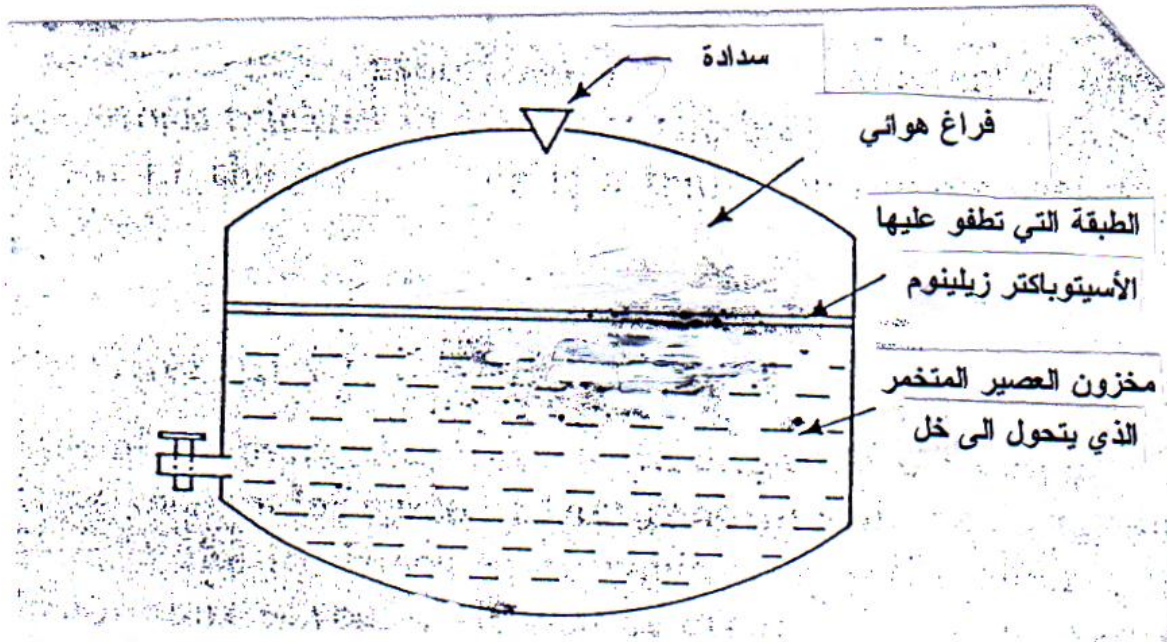
وتتلخص عيوب هذه الطريقة بأنها تستغرق وقتا طويلا وأن كفاءتها الإنتاجية

منخفضة نظراً لفقدان جزء من الكحول نتيجة التبخر، كما أن أي اهتزاز للبراميل قد

يؤدي إلى سقوط النموات البكتيرية إلى أسفل البرميل الأمر الذي يعيق عملية إنتاج

الخل.

شكل ١١-٣. الطريقة القديمة (طريقة البراميل أو أورليانز) لتصنيع الخل



المصدر: (Salunkeh et. Al (1991)

ب. الطريقة السريعة

The quick vinegar making (packed generator) process

تمتاز هذه الطريقة بسرعة تحول الكحول إلى خل ويتناسب ذلك مع كمية الأكسجين المتوفرة والمتصلة بالعصير المتخمّر أي مع السطح المعرض للهواء فزيادة مساحة هذا السطح تزداد سرعة تكوين الخل.

وتستخدم في الطريقة السريعة لإنتاج الخل العديد من الأجهزة، بعضها قديم والآخر

حديث. والأجهزة القديمة هي إما براميل لها قاع كاذب مثقب وفي وسطها رف ويتم

ملئها بنشارة الخشب لزيادة المساحة السطحية. وقد تكون الأجهزة القديمة عبارة عن صهرج رأسي أسطواني الشكل تملأ منطقة الوسط به بنشارة الخشب ويبلغ قطره حوالي ١٥٠ سم وارتفاعه ٤٠٠ سم، وهو مزود قرب القاعدة بفتحات للتهوية، كما يثبت أعلى الفراغ الوسطي الحوض الدوار الخاص بتوزيع العصير المتخمر.

ومن الصعوبات التي تعترض استخدام أجهزة الخل القديمة تكون نمو لزج جيلاتيني من السيليلوز على شكل طبقة سطحية أو فيلم تسمى أم الخل Mother of vinegar بواسطة بكتيريا الأسيتوباكتري زيلينوم *A. xylinum* الأمر الذي يستلزم إيقاف عملية تصنيع الخل وتنظيف الجهاز جيداً.

من جهة أخرى فقد بدأ باستعمال أجهزة حديثة لتصنيع الخل بالطريقة السريعة، ومنها على سبيل المثال أجهزة الدوران السريعة Recirculating generators وتلحق بها مضخة تثبت أسفل الجهاز لدفع العصير المتخمر خلال أذرع مثقبة مصنوعة من الصلب غير القابل للصدأ أو من المطاط الصلب (شكل ١١-٤)، وعليه يتوزع العصير المتخمر بانتظام على نشارة الخشب والفحم، ويتم ضبط درجة الحرارة للجهاز بواسطة أنابيب مزدوجة يمر بين جدرانها الماء الذي تم تحديد درجة حرارته. وفي جميع الأحوال يجب تجنب درجة الحرارة الخطرة والتي تقدر بحوالي ٤٠ °س حيث يتوقف عندها نمو ميكروبات التخمر في حين أن درجة الحرارة المثلى عند إنتاج الخل ٢٩ °س.

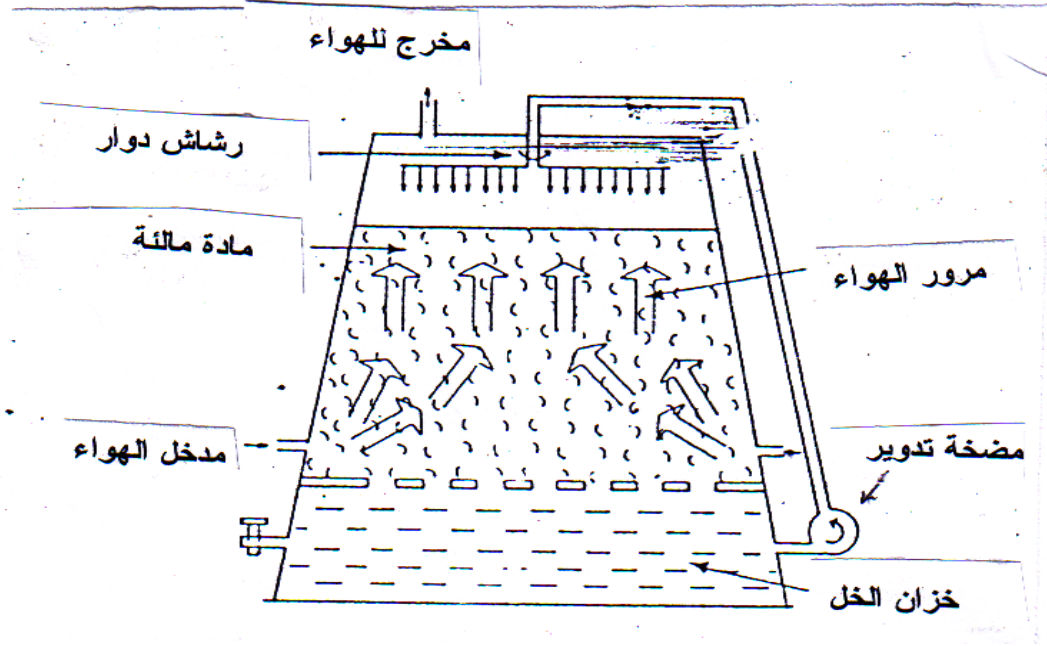
كما يزود الفراغ السفلي للجهاز بثقوب التهوية أو بمروحة لدفع الهواء، وتستغرق عملية إنتاج الخل حوالي أسبوع. ويتم عادة سحب ثلثي كمية الخل من الجهاز ويترك الثلث كباديء لتحميض الدفعة القادمة من العصير المتخمر.

ج. طريقة الغمر Submerged-culture fermenter

تتميز هذه الطريقة بعدم استخدام المواد المائلة كمنشأة الخشب والفحم وبذلك لا يخشى من مشكلة أم الخل أو اسوداد لون الخل نتيجة التلوث بحديد الفحم. وتستخدم عدة أنواع من الأجهزة لإنتاج الخل بطريقة الغمر وكما يتبين من الشكلين (٥، ٦).

ويتم ضخ الهواء وإعادة دورته داخل هذه الأجهزة، كما يمنع تصميم هذه الأجهزة تكون كتل من الأحياء المجهرية التي تعيق سريان العصير المتخمر والهواء. وتعمل أجهزة التخمير بالغمر بكفاءة عالية وبعدل انتاج سريع، كما أنها صغيرة الحجم مقارنة بأجهزة الطريقتين البطيئة والسريعة وعليه فإنها تحتل مساحة صغيرة في المصنع.

شكل (٤). الطريقة السريعة لتصنيع الخل



المصدر: Salunkeh et. Al (1991)

تحتاج أجهزة التخمير بالغمر إلى وسائل تبريد وكما هو الحال في انتاج الخل بالطريقة المستمرة كما أنها بحاجة إلى استعمال مرشحات بكفاءة عالية. ومن سلبيات طريقة الغمر ظهور الرغوة وضرورة السيطرة عليها كما تواجه هذه الطريقة مشاكل ضعف نمو ميكروبات التخمر أحيانا الأمر الذي يستدعي تفريغ الجهاز والبدء بعملية تخمير جديدة.

شكل (٥). أحد أجهزة طريقة الغمر لتصنيع الخل (من نوع فرينج)

٦-٣ مكونات الخل ومواصفاته

Vinegar composition and specification

تعتمد مكونات الخل بشكل عام على طبيعة المادة الأولية المصنع منها. وسبق أن عرفنا الخل الاصطناعي بأنه الخل المحتوي على حامض الخليك الصالح للاستهلاك البشري وغير الناتج من عملية التخمير الكحولي الخلي. وتتوفر العديد من الطرق التي يمكن استعمالها للتفريق بين الخل الطبيعي والخل الاصطناعي وكذلك بين الخل الناتج من كحول إيثانول بترولي أو كحول إيثانول ناتج من تخمير عصير الفاكهة. ويبين الجدول رقم (١١-١) مكونات خل التفاح الطبيعي.

تتوفر مواصفة خاصة بالخل الاصطناعي أو روح الخل وأخرى بالخل الطبيعي. كما أن للخل الطبيعي مواصفاته حسب المادة الأولية التي صنع منها فهناك خل التفاح وكذلك خل العنب وخل التمر وما إلى ذلك. وفيما يلي بعض ما جاء في مواصفة خل التفاح الطبيعي:

١. أن يكون له نكهة خاصة بنوع المادة الخام المنتج منها وهي التفاح

٢. أن لا يقل ما يحتويه من حامض الخليك عن ٤ (٪ وزن/حجم)

٣. أن لا تزيد نسبة الرماد عن ٠.٥ (٪ وزن/حجم)

٤. أن لا تزيد نسبة المواد الصلبة عن ٢٪

٥. أن لا تزيد نسبة الكحول عن ٠.٥ (٪ وزن/حجم)

٦. أن لا تزيد نسبة حامض الفوسفوريك عن ٠.٥ ٪ (وزن/حجم) محسوبة كخامس أكسيد الفوسفور.

٣-٧ عيوب الخل Defects of vinegar

يتعرض الخل أثناء وبعد تصنيعه إلى العديد من المشاكل والعيوب والتي من

أهمها:

١. ديدان الخل Vinegar eels: وهي عبارة عن نيماتودا تنتقل من مكان لآخر بواسطة

ذبابة الفاكهة *Drosophila fruit fly*، وتبلغ طول الدودة ١-٢ ملم وتتجمع عادة على

الجزء العلوي من البرميل أو الصهرج وهي تتغذى على ميكروبات الأسيتوباكتريا

الميتة. وتظهر ديدان الخل في أي مرحلة من مراحل إنتاج الخل إلا أنها أقل ظهوراً

في عملية الإنتاج بالطريقة المغمورة. وهناك اختلاف في وجهات النظر لدى مصنعي

الخل بالنسبة لديدان الخل. فالبعض يراها مفيدة وخاصة أنها تتغذى على الميكروبات

الميتة وتعمل على تنظيف وتنشيط عملية التخمير كما أنه يسهل التخلص منها عند

تعبئة المنتج النهائي. في حين أن البعض الآخر يرى أنها ضارة ويعتقد أنها تقلل

العدد الكلي لميكروبات التخمير كما أنها تخفض حموضة الخل عن طريق أكسدة الخل

إلى ثاني أكسيد الكربون والماء. ولم يتضح بعد أي الفريقين أكثر صواباً.

جدول (١). مكونات خل التفاح الطبيعي

الكثافة النسبية	١,٠١٣ - ١,٠٢٤
مجموع الأحماض كحامض خليك (% وزن/حجم)	٣,٣ - ٩
الأحماض المتطايرة كحامض ماليك (% وزن/حجم)	٠,٣ - ٠,٤
المواد الصلبة الكلية (% وزن/حجم)	١,٣ - ٥,٥
الرماد الكلي (% وزن/حجم)	٠,٢ - ٥,٠
قلوية الرماد (عدد الملل من الحامض الذي عياريته ٠,١,٠ مولر لكل ١ ملل خل)	٢, ٢ - ٥, ٦
مواد صلبة غير سكرية (% وزن/حجم)	١, ٢ - ٢, ٩
سكريات كلية (% وزن/حجم)	١٥,٠ - ٧٠,٠
كحول (% وزن/حجم)	٠,٣ - ٢
بروتين %	٠,٣
عديد الفينول %	٠,٢ - ١
فوسفات كخامس أكسيد الفوسفور %	٠,٢ - ٣,٠
جليسيرول (% وزن/حجم)	٢٣,٠ - ٤٦,٠
سوربيتول (% وزن/حجم)	١١,٠ - ٦٤,٠

المصدر: (Lea 1990)

ومما تجدر ملاحظته أنه يمكن تقليل احتمالية انتشار ديدان الخل عن طريق ممارسة التصنيع الجيد وتطبيق الشروط الصحية على المواد الخام الداخلة في التصنيع وعلى العاملين ومباني مؤسسة التصنيع الغذائي. كما يمكن التخلص من هذه الديدان في جهاز التخمير برفع درجة الحرارة إلى ٤٠ °س حيث أن ذلك لا يؤثر على ميكروبات التخمير، كما تستخدم عمليات الترشيح والبسترة للتخلص من هذه الديدان.

٢ . أم الخل Mother of vinegar : وتتصف بعض أنواع الأسيتوباكتري مثل

الأسيتوباكتري زيلينام *A. xylinum* بقدرتها على تكوين أغشية على سطح السائل المتخمّر

كما أنها تكون طبقة فليينية أو سيليلوزية في الخل المعبأ بزجاجات غير محكمة الإغلاق أو غير المبسترة جيداً، وهو ما يسمى بأم الخل ويعتبر أحد عيوب الخل عند استخدام الطريقة الحديثة أو طريقة الغمر لإنتاج الخل، ولكنه لا يعتبر، من وجهة نظر العديد من المهتمين بصناعة الخل عيباً بالنسبة للطريقة القديمة بل هو ميزة حيث تقوم خلايا الأسيتوباكتر بالتجمع على هذه الطبقة وتعرضها للهواء مباشرة. ويبين الشكل (١١-٧) هذا العيب في عبوات الخل الزجاجية.

٣. الغباشة أو العكارة الناتجة عن عديد الفينول Polyphenol hases

تعتبر مشاكل الخل الحيوية كديدان الخل وأم الخل بسيطة ويتم التعرف عليها بسهولة وكذلك التغلب عليها بالبسترة. إلا أن المشاكل غير الميكروبية كالغباشة أو العكارة تعتبر أكثر تعقيداً من المشاكل الحيوية. وكان يعتقد في السابق أن هذه المشاكل تعزى إلى البروتينات وثبت أن هذا الاعتقاد خاطيء. ففي خل التفاح مثلاً فعدد الفينول هو السبب الرئيسي لتكون الغباشة. وتعتبر البروسيانيدين Procyanidin أو ما يمكن تسميته ببساطة بالتانين مبلمرات معقدة لها دور رئيسي في تكوين الغباشة في الخل وذلك نظراً لقابليتها لتكوين مبلمرات أخرى أكثر تعقيداً. وهناك ٣ نظريات تناقش آلية تكون الغباشة من قبل عديد الفينول في الخل إلا أن المجال لا يتسع للخوض في تفاصيل هذه الفرضيات. ومن الوسائل الناجعة لمنع أو التقليل من احتمالية حدوث الغباشة إجراء عمليات التعتيق والتلميع التي سبقت الإشارة إليها.

٤. أزهار الخمر Wine flowers

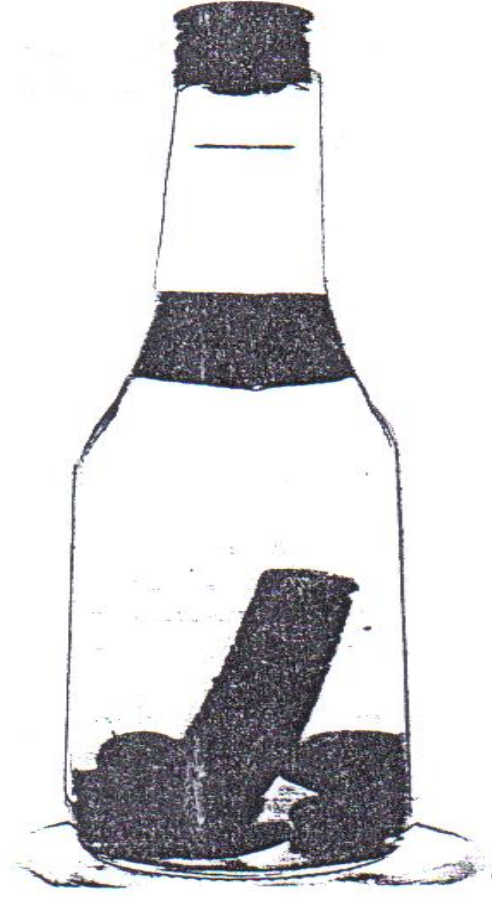
وتطلق هذه التسمية على الطبقة البيضاء المتكونة على سطح الخل والنااتجة من نمو خلايا شبيهة بالخمائر. وتتخلص مضار هذه الطبقة في تسببها بتكوين الغباشة في الخل وفقد الخل لنكهته. وحيث أن الميكروبات التي تسبب هذه المشاكل هوائية لذا فان تعبئة أجهزة التخمير بالكامل ومنع وصول الهواء يحول دون حدوث هذه المشكلة.

٣-٨ حسابات خاصة بصناعة الخل

سنحاول التعرف على كيفية حساب كمية الخل التي يمكن إنتاجها من كمية محددة من فاكهة ما عن طريق حل المسألة التالية:

احسب كمية الخل التي يمكن إنتاجها من ٥ طن من التمور إذا علمت أن التمور تحتوي على ٧٠ ٪ سكر على أساس وزنها الطازج، وأن كفاءة الخميرة في تحويل السكر إلى كحول هي ٨٠ ٪ وكفاءة بكتيريا الأسيتوباكتري في تحويل الكحول إلى خل هي ٧٥ ٪ وأن كفاءة استخلاص سكريات التمور تبلغ ٩٠ ٪.

شكل (٧). نمو الأسيتوباكتري زيلينيوم في الخل وتكوين ما يسمى بأم الخل



المصدر: Salunkeh et. Al (1991)

لحل المسألة أعلاه لا بد من استحضار المعادلتين الخاصتين بالتخمير الكحولي والخليكي بحيث تكونا (المعادلتين) موزونتين لكي نتمكن من حساب كميات المواد الداخلة في التفاعل بدقة.

سكر (١٨٠) + خميرة \rightleftharpoons ٢ ثاني أكسيد الكربون (٨٨) + ٢ ايثانول (٩٢) + طاقة (٥٥ كيلوسعر حراري)

كحول الايثانول (٤٦) + أكسجين (٣٢) + أسيتوباكترا أسيتاي \rightleftharpoons حامض خليك (٦٠) + ماء (١٨) + طاقة (١١٦ كيلوسعر حراري)

كمية السكر الموجودة في ٥ طن من التمر : $٥ \times ٧٠ / ١٠٠ = ٣,٥$ طن سكر

كمية السكر الفعلية التي يمكن استخلاصها: $3,5 \times 100/90 = 3,9$ طن سكر
من معادلة التخمر الكحولي فإن كل ١٨٠ جم سكر تعطي ٩٢ جم كحول، وعليه فإن

كمية الكحول التي تنتج من ٣,٩ طن سكر هي:

$$3,9 \times 92/180 = 1,98 \text{ طن كحول (100\%)}$$

وحيث أن كفاءة التحويل من سكر الى كحول هي ٨٠ %:

$$1,98 \times 100/80 = 2,48 \text{ طن كحول}$$

تحسب كمية الخل الناتجة من ٢,٤٨ طن كحول وكما يلي:

$$2,48 \times 60/46 = 3,21 \text{ طن حامض خليك}$$

وحيث أن كفاءة التحويل من كحول إلى حامض خليك هي ٧٥ %:

$$3,21 \times 100/75 = 4,28 \text{ طن حامض خليك (100\%)}$$

وحسب المواصفة فإن تركيز حامض الخليك يجب أن لا يقل عن ٤ %، وعليه فإن

كمية الخل التي يمكن إنتاجها من ٥ طن تمر هي: $4,28 \times 100/4 = 107 \text{ طن}$

٤. المراجع

1. Yousif,A.K.;A.M.Hamad and W.A.Mirandella.(1985) .Pickling of dates at the early khalal stage.J.Food Technology,20,(6),697-702.
- 2.Hamad.A.M. and A.K.Yousif.(1986) Evaluation of brine and salt stock pickling of two date varieties in the kemri stage. Proceedings of the 2nd Date Symposium,3-6 March,Hofuf,Saudi Arabia.
- 3.Salunkhe, D.; Bolin, H. and Reddy, N. (1991). Storage, Processing and Nutritional Quality of Fruits and Vegetables, Vol. II. Processed Fruit and vegetables. Chapter 6: Fermentation; p. 99-104; 2nd Edn, CRC Press, Inc, Boston.
- 4.Jongen, W. (2002). Fruit and vegetable processing. Woodhead Publishing Limited,Cambridge, England.
- 5.Woodroof, J. and Luh,B.(1986). Commercial Fruit processing,2nd edition; Champan& Hall, London.
6. Pederson, C. S. and Luh, B. (1988). Pickling and fermenting of vegetables,in: Commercial vegetable processing,p.475-518; edited by Luh, B. and Woodroof, J.; 2nd edition; Champan& Hall, London.
7. Lea, A. G.(1990). Cider vinegar, p.279-301, in: Processed apple products, edited by: Downing, D. L. AVI Publishing Co., Westport.

٨. حميض، محمد علي؛ وحدادين، مالك؛ وعمرو، عايد شاكر. (١٩٩٤). حفظ وتصنيع

لأغذية جامعة القدس المفتوحة، عمان، الأردن.

٩. عنقور، ملك محمد؛ عجو رضوان يوسف. تصنيع الخضار والفواكه (٢٠٠٢). دار الأمل للنشر والتوزيع، اربد، الأردن.

١٠. العاني، صالح خليفة (١٩٨٣). استخدام سكريات التمر في إنتاج الخل. الدورة التدريبية لسكريات التمر، مركز البحوث الزراعية والموارد المائية، بغداد، العراق.

١١. أبو الخير، صالح (١٩٨٦). الصناعات الغذائية، الفصل الخامس عشر: صناعة التخليل والتخمير، ص ٢٦٠ - ٢٧٥، جامعة حلب، حلب، سوريا.

Pickling and Vinegar Processing

By

Dr. Ali Kamil Yousif Alsaed

**(B.Sc., M.Sc., Cairo University)
(Ph.D., London University)**

**(Professor of Food Science
University of Jordan, Amman, Jordan
akamil@ju.edu.jo**

This book presents an illustration for research and studies conducted in the field of pickling and vinegar processing. The book covers three sections; the first deals with food fermentation from several points of view i.e. importance and benefits of food fermentation, microorganisms related to food fermentation and factors affecting food fermentation. The second section deals with fruit and vegetable pickling. It also covers different aspects with regard to pickling such as salting methods, steps included in pickling, pickling microbiology, pickling defects and examples on fruits and vegetables pickling. The third section deals with vinegar processing from several points of view i.e. vinegar definition and utilization, chemical and microbiological aspects of vinegar, steps to be followed in vinegar production, methods of vinegar production as well as vinegar defects.

1st edition 1430H/2009G