

## الباب السابع عشر

الحل : تعريفه ، أنواعه ، الخامات الزراعية ، الفوائد الصحية ، التخمر الكحولى ،  
التخمر الخليكى ، تحضير السائل الكحولى ، تقدير الكحول ، الطريقة البطيئة لتحضير  
الحل ، الطريقة السريعة لتحضير الحل ، العقد أثناء التخمر الخليكى ، التعتيق ،  
الترويق ، البسترة ، المتاعب الصناعية ، تعديل تركيز حامض الخليك بالخل .

### تعريف :

الحل هو محلول حامض الخليك ويحضر من خامات زراعية سكرية ونشوية عديدة بعد  
تخميرها كحولياً وخليكياً .

### أنواع الحل :

- ١ - خل العنب ( خل النبيذ ) : ويحضر من عصير العنب أو العنب الجاف ( الزبيب )  
أو النبيذ ، وتحتوى كل مائة سنتيمتر مكعب منه فى درجة ٢٠ ° مئوية على ٤ جرام حامض خليك  
على الأقل و جرام واحد من مركبات العنب الصلبة و ١,٣٠ جرام من الرماد .
  - ٢ - خل السيدر : ويحضر من عصير التفاح أو عصيره المتخمر ( السيدر ) ، وتحتوى  
كل مائة سنتيمتر مكعب منه على ٤ جرام على الأقل من حامض الخليك و ١,٦٠ جرام على الأقل  
من مكونات التفاح الصلبة ( نصفها سكريات محولة ) .
  - ٣ - الحل المقطر ( حل الكحول ) : ويحضر من الحبوب النشوية المتخمرة ( كحولياً  
وخليكياً ) ومن الدبس ( العسل الأسود الناتج من صناعة السكر ) وتحتوى كل مائة سنتيمتر  
مكعب منه على ٤ جرام من حامض الخليك على الأقل .
- وبختلف هذا النوع عن الحل المحضر عن تقطير الخشب أو أية مادة سليولوزية أخرى ، إذ  
يحتوى الأخير على حامض خليك ناتج عن أكسدة كحول الميثيل عوضاً عن كحول الايثيل  
( الذى لا يتيسر تحضيره إلا بتخمير المواد النشوية والسكرية ) ويسوق الحل المقطر دون أن  
يلون أو بعد تلوينه بالسكر المتكامل أو المحترق ، كما قد تضاف اليه خلاصة حبوب الشمر أو  
الكرأوية أو ماشابهها لا كسابه نكهة مقبولة ، وقد تلون بعض أصنافه بلون أحمر وتنحصر

طرق غشه التجارى فى مزجه بقدر مناسب من حامض الكبريتيك ، كذلك قد تحضر أنواع منه بتخفيف حامض الخليك المقطر من الخشب بالماء بواقع ٩٦ سنتيمتر مكعب لكل أربعة سنتيمترات مكعبة من الحامض ، ويتركب حامض الخليك التجارى ( المقطر من الخشب ) من ١٠ ٪ حامض خليك و ١,٥ ٪ كحول ميثيل و ١ ٪ أسيتون و ٨٧,٥ ٪ ماء ومواد أخرى أهمها حامض البيروليجنيسوس ( Pyroligneous ) السام ، ولذلك تحظر التشريعات الغذائية فى كثير من البلدان استعماله فى تحضير الخل .

### الحامضات الزراعية :

يحضر الخل من مواد زراعية أولية عديدة أهمها : عصير العنب ، وقصب السكر ، والبنجر والبطيخ ، والعسل الأسود ، وعسل النحل ، كذلك يمكن تحضيره من الثمار النافقة المتساقطة تحت الأشجار ، أو المصابة بآفات التى لا يتيسر تصريفها بالأسواق ، وتحتوى مثل هذه الثمار على مقدار مناسب من السكريات التى يسهل تخميرها إلى سوائل كحولية ثم إلى خل ، وفضلا عن ذلك يمكن تحضيره من المواد النشوية كالذرة والبطاطس والقمح بعد تحليل النشاء إلى سكر بانزيم الدايسزاز .

### الفوائد الصحية : وتتلخص فيما يلى :

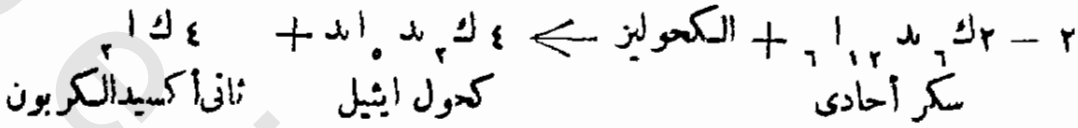
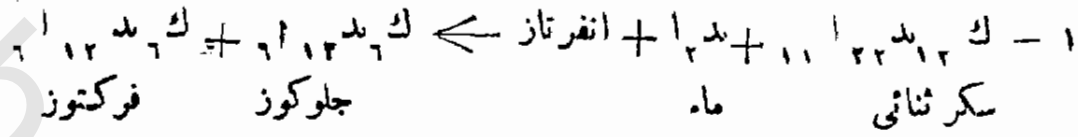
- ١ - تنظيم الاحتياطى القلوى للجسم ، وينصح أحيانا باستعماله عند انخفاض حموضة العصارات عن حدها الطبيعى .
- ٢ - تنبيه الشهية ، وتنشيط العصارات اللعابية والمعدية .
- ٣ - تنشيط عمليات الهضم ، وتأثيره المساعد فى تمثيل الصمغ وبعض البروتينات .
- ٤ - تأكسده بالجسم الى ماء وغاز ثانى أكسيد الكربون ، ويتماثل فى ذلك مع الدهون والكربوهيدرات .

استعمالاته : يستخدم الخل كمادة غذائية متبلة ، وفى التخليل ، وفى صناعة بعض منتجات الطماطم الحريفة ويحضر منه تجارياً الاسيتون ، كما يستعمل فى بعض الصناعات الكيميائية .

### التخمير الكحولى :

ويقصد به تحويل السكريات إلى كحول لإيثيل ، ونستخدم فى ذلك مزارع بكتريولوجية نقية من خمائر حقيقية أهمها خميرة النبيذ ( *Saccharomyces ellipsoideus* ) وخميرة البيرة

(*S. cerevisiae*) ، وتحتوى هذه الخمائر على أنزيمات مهمة، وهما الانفرتاز الذى يحلل السكريات الثنائية إلى سكريات أحادية والالكحوليز (الزيماز) الذى يحلل السكريات الأخيرة إلى كحول ايثيل وغاز ثانى أكسيد الكربون تبعاً للمعادلتين الآتيتين :



ويتضح مما تقدم أن كل ٣٤٢ جزء من سكر ثنائى ينتج ٣٦٠ جزء من سكر أحادى وأن



المقدار الأخير يعطى ١٨٤ جزءاً بالوزن من كحول الايثل ، بمعنى أن كل ١٠٠ جزء من سكر الجلوكوز ( المكافئة لمقدار قدره ٩٥ جزء من سكر القصب ) تعطى ٥١,١ جزء من الكحول ، غير أنه لا يتيسر عملياً الحصول على وزن من الكحول يزيد عن ٤٥ - ٤٧ جزء من كل ١٠٠ جزء من السكر الأحادى لاستهلاك الخمائر ( وما قد يوجد معها من الأحياء الدقيقة الأخرى ) لجزء منه أثناء قيامها بوظائفها الحيوية المختلفة .

٢ ١

ويقتصر فى هذه الصناعة على استعمال خميرة النبيذ ، وتوجد لها سلالات عديدة ويختلف شكل خلاياها باختلاف سلالاتها ،

وتشمل الكروى المستدير والمصوى الطويل السميك وأشكال أخرى غير منتظمة ، وهى خمائر قاعية وتخمّر الجلوكوز والفركتوز والسكروز دون اللاكتوز ، وطولها ثمانى ميكرونات وعرضها سبع ، وتنجرثم عادة عند ارتفاع الحرارة إلى درجة ٤٠° - ٤١° مئوية أو عند انخفاضها إلى ٥° مئوية ، وتكون الخلية الواحدة ٢ - ٣ جراثيم ، ويبلغ قطر الجرثومة الواحدة غالباً ٣ - ٤ ميكرون . وتبلغ درجة الحرارة المناسبة لمعظم الخمائر ٨٠° فرنهيتية ( ٢٧° مئوية تقريباً ) .

وتوجد الخميرة عادة على سطح ثمار العنب ( وفى هواء مزارعها ) مختلطة بالخمائر الكاذبة ، ويتميز عصير العنب عند تركه عدة أيام بعد تحضيره ببطء تخمره ، أى على حالة غير نشطة لتلوثه بالخمائر الكاذبة ، ولذلك تستعمل دائماً بادئات ( Starters ) تتكون من مزارع نقية نشطة من خميرة النبيذ حتى يتم تخمر المحاليل السكرية فى وقت مناسب بدون أن تفقد مقداراً من الكحول المتكون ( يؤدى تكاثر الخمائر الكاذبة بالعصير المتخمر إلى أكسدة الكحول ) .

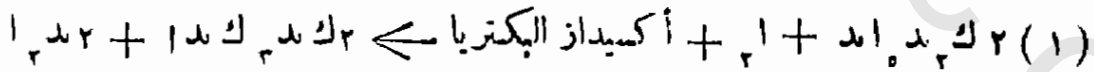
ويتم التخمر الكحولى فى طورين ، يتميز الأول منهما بشدة التخمر ويتحول فيه الوزن

الكامل تقريباً للسكريات إلى كحول وغاز ثانى أكسيد الكربون على حالة سريعة نشطة يستحيل بها نمو وتكاثر الأحياء الأخرى غير المرغوبة ، وتتراوح طول مدة هذا الطور النشط بين ٣ — ٦ أيام ، ويبدأ بعد ذلك الطور الثانى ، ويتميز ببطئه الشديد ويتراوح طول مدته بين ٢ — ٣ أسابيع ، ويتعرض السائل المتخمر ( تبعاً لهذا البطء ) إلى فعل كثير من الأحياء الدقيقة كـ بكتريا حامضى الخليك واللاكتيك وكذلك الميكودورما ، ويراعى عند اشتداد بطء التخمر فى هذه الحالة إضافة قدر من حامض الخليك لا يزيد عن ٥,٠ ٪ من مجموع حجم السائل المتخمر . وعلى العموم يجب أن يتميز المحلول المتخمر بعد انتهاء طورى التخمر بخلوه التام من جميع السكريات الصالحة للتخمر بهذه الخميرة .

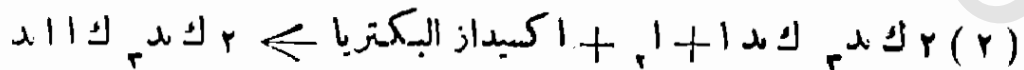
ثم تخزن المحاليل الكحولية الناتجة أسابيع قليلة حتى يتم رسوب الخثرات والمواد الصلبة ، وتنحصر طرق التخزين فى تعبئتها داخل أحواض خشبية وملئها حتى نهاياتها ثم قفلها بأحكام شديد لعزلها عن الهواء الجوى منعاً لنمو الميكودورما على سطحها ، وقد تخزن فى أحواض مفتوحة ( غير مغطاة ) ويراعى فى هذه الحالة إضافة مقدار من حامض الخليك بواقع ١ ٪ بالحجم أو إضافة قدر مناسب من زيت معدنى متعادل ( كالبرافين ) فوق سطحها حتى تكون طبقة عازلة غير سميكة ( عمقها نحو ٥ — ١٠ ملليمترات ) تمنع نمو الميكودورما وكذا التبخر .

### التخمر الخليكى :

ويقصد به تحويل المحاليل المتخمرة إلى حامض خليك ( استيك ) ، ويتوقف على أكسدة الكحول إلى استيتالديهيد ثم إلى حامض خليك بانزيم الأكسيداز الموجود بالأنواع المختلفة لبكتريا حامض الخليك ، وذلك فى وجود الهواء تبعاً للمعادلتين الآتيتين :



كحول الايثيل      اكسيجين      استيتالديهيد      ماء

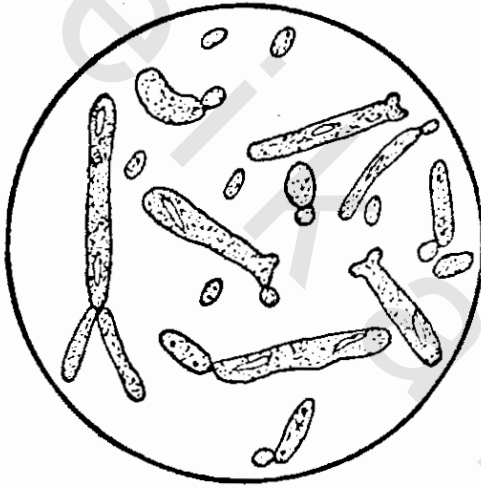


استيتالديهيد      اكسيجين      حامض خليك

ويتضح مما تقدم أن كل ٩٢ جزء من الكحول تنتج ١٢٠ جزء بالوزن من حامض الخليك ، وعلى ذلك ينتج كل ١٠٠ جزء من السكر الأحادى ٥١,١ جزء من كحول الايثيل ثم ٦٦,٦٥ جزء من حامض الخليك ، ولما كان المقدار الحقيقى من الكحول الذى يمكن إنتاجه عملياً من كل ١٠٠ جزء من السكر الأحادى هو ٤٥ — ٤٧ جزء فقط ، فإن وزن حامض الخليك الذى يمكن إنتاجه بالنالى عملياً من كل ١٠٠ جزء من السكر الأحادى يتراوح فقط بين ٥٠ — ٥٥ جزء .

( تبعاً للفقد في الحامض ) ، وعلى ذلك يكفى عند تحضير الخل تجارياً استعمال محاليل سكرية ذات درجات من التركيز مضاعفة لدرجات تركيز حامض الخليك في الخل الناتج ، بمعنى أن المحلول السكرى الذى يحتوى على ١٠ ٪ من سكر أحادى ( أو ٩,٥ ٪ من سكر ثنائى ) ينتج خلاى يحتوى على ٥ ٪ حامض خليك تقريباً ، والذى يحتوى على ٨ ٪ من سكر أحادى ( أو ٧,٦ ٪ من سكر ثنائى ) ينتج خلاى يحتوى على ٤ ٪ حامض خليك تقريباً .

ولقد عرف التخمر الخلكى منذ أمد طويل لا يمكن تحديده ، غير أن تفاصيله المتعلقة بالأ كسدة



*Mycoderma vini*

لم تعرف إلا خلال القرن التاسع عشر ، فأطلق برسون (Persoon) في عام ١٨٢٢ كلمة ميكودرما ( أى الغشاء المخاطى ) على الغشاء المتكون فوق سطح النبيذ والجمعة عند تعرضها للهواء الجوى ، ثم شرح برزيلوس ( Berzelius ) في عام ١٨٢٩ عمل غشاء أم الخل كعامل كيمائى مساعد ، ثم تمكن كوتزنج (Kützing) في عام ١٨٣٧ من وصف الخلايا الدقيقة المرتبة في سلاسل الموجودة بالغشاء المتقدم وعرفها كطحالب وسمها ( Uvula aceti ) ، ثم شرح ليبج (Liebig)

في عام ١٨٣٩ نظرية تأكسد الكحول إلى حامض خليك ، ثم وضع باستور في عام ١٨٦٨ الاسم ( Mycoderma aceti ) للدلالة على الغشاء المؤدى لمخوض النبيذ ، والاسم ( Mycoderma vini ) للدلالة على الغشاء المتكون فوق سطح عصير العنب المتخمر ، وأن الأول يتطفل على الثانى حيث يقتصر نموه على المحاليل الكحولية بعد انتهاء تخمرها ، وعارض رأى ستاك (Stack) (عام ١٨٦٣) القائل بعلاقة تلك الأحياء بالبكتيريا .

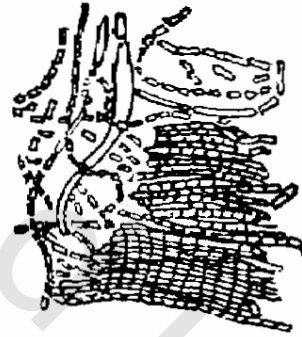
ولقد بطل علمياً استعمال كلمة الميكودرما للدلالة على بكتيريا حامض الخليك منذ عام ١٨٧٨ عند ما تمكن هانسن (Hansen) من إثبات عدم علاقة الميكودرما ( الخيرة الكاذبة ) ببكتيريا حامض الخليك ، على أساس أن الأولى خمائر كاذبة والثانية ببكتيريا ، وتمكن من فصل ثلاث سلالات متنوعة لهذه البكتيريا عرفها بالاسماء الآتية : ( Bacterium aceti ) و ( Bacterium Pasteurianum ) و ( Bacterium Kützingianum ) وأن كلا منها تختلف عن الأخرى في الشكل المورفولوجى والنمو ، ولا تزال حتى الوقت الحاضر تطلق كلمة الميكودرما في بعض مصانع الخل بدلا عن البكتيريا وهو تعريف خطأ ، وتنحصر الأنواع الرئيسية لبكتيريا حامض الخليك فيما يأتى :

١ — *Bacterium aceti* (Hansen) : وهى بكتريا عصوية الشكل يتراوح طولها بين ميكرون واحد وميكرونين ، وتميل للضييق النوعى فى منتصفها ، وترقد فى صفوف متوازية مكونة اسلاسل (Chains) فى الغشاء المخاطى المعروف بأُم الخل (Mother of Vinegar) الذى يتميز بنعومة ملمسه وميوعته وتعرقه ، ويتكون عادة فوق سطح المحاليل المتخمرة ( وفى الخل البكر غير المعقم ) بعد انقضاء يوم عليها من حين تعرضها للهواء الجوى فى درجة قدرها ٣٤° مئوية ، وتكون البكتريا عند إنمائها فى بيئات الجيلاتين بمجموعات محدبة الشطح شمعية اللون ذات حواف غير مفصصة كما قد تكون مجموعات نجمية الشكل .

٢ — *Bacterium Pasteurianum* (Hansen) : وهى بكتريا أكبر حجماً عن النوع الأول وشكلها خيطى وترتب خلاياها أيضاً فى سلاسل على حالة صفوف متوازية ، وتكون عند إنمائها فى بيئات الجيلاتين بمجموعات أصغر حجماً عما تكونه السابقة ، ويتلون غلاف خلاياها الجيلاتينى بالزرقة عند صبغه بمحلول اليود بخلاف الأولى التى لا تتلون .



*Bacterium Pasteurianum*  
(Hansen)



*Bacterium aceti*  
(Hansen)

٣ — *Bacterium Kützingianum* (Hansen) : وخلاياها تشبه خلايا النوع الأول . وتختلف عنها فى وجودها على حالة منفردة أو زوجية أى غير مرتبة فى سلاسل ، ولا يختلف غشاؤها المخاطى عن مثيله للنوع الأول إلا فى تساقطه لجدران الأوانى المعبأة بالخل ، ويتلون غلاف خلاياها الجيلاتينى بالزرقة عند صبغه بمحلول اليود .



*Bacterium Kützingianum* (Hansen)

٤ — *Bacterium xylinum* (Brown) : وتكون خلاياها غشاء سليولوزيا مميكا خشناً ، ويتلون غلاف خلاياها الجيلاتينى بالزرقة عند معاملته بحامض الكبريتيك وصبغه بمحلول

اليود ، وتتميز هذه البكتريا بأكسدتها للكحول البروبيل إلى حامض بروبيونيك دون كحول الميثيل والأميل وتماثل في هذه الخاصية النوع الأول .

٥ — *Bacterium industrium* (Henneberg) : وشكلها عصوى يتراوح طولها بين ٢,٤ — ٢,٠ ميكرون ، وعرضها بين ٠,٣ — ٠,٨ ميكرون ، وتبلغ درجة الحرارة المثلى لنموها ٢٥ ° مئوية .

٦ — *Bacillus oxydans* (Henneberg) : وشكلها عصوى يتراوح طولها بين ٢,٤ — ٢,٧ ميكرون ، وعرضها بين ٠,٨ — ١ ميكرون ، وتكون غشاء مخاطي بارقيقاً يتلون بالزرقاء عند صبغه بمحلول اليود .

٧ — *Bacillus acetigenus* (Henneberg) : وتستخدم في ألمانيا في صناعة الخل ، وتتميز عن الأنواع الأخرى بتكوينها لغلاف ناعم يتكون من السليوز ، ويتلون بالزرقاء عند صبغه بمحلول اليود .

٨ — *Bacillus Orleanensis* (Henneberg) : وتتميز بسرعة أكسدتها للكحول ، وتكون غلافاً خشناً للغاية يصقل سطحه عند ما يقدم عهد ، والباسيلوس خلايا عسوية صغيرة يتراوح طولها بين ١,٥ — ٢,٥ ميكرون ، وعرضها بين ٠,٤ — ٠,٥ ميكرون ، ثم يزداد طولها حتى يصبح خيطي الشكل ، وتتراوح درجة الحرارة المثلى لنموها بين ٢٠ ° — ٢٥ ° مئوية ، ويمتنع نموها في درجة ٨ ° مئوية وكذا ٣٩ ° مئوية ، ولا يتلون غلافها بمحلول اليود .

٩ — *Bacillus Schützenbachii* (Henneberg) : وتكون خلايا عسوية مستطيلة أو بيضاوية منفردة أو في سلاسل ، ويتراوح طولها بين ١,٦ — ٢,٤ ميكرون ، وعرضها بين ٠,٣ — ٠,٤ ميكرون ، ولا يتلون غلافها بمحلول اليود .

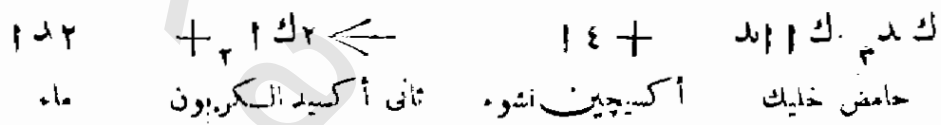
١٠ — *Bacillus vini acetati* (Henneberg) : وتكون غلافاً غير صلب ويؤدي نموها إلى تعكر السائل في مبدأ الأمر ، ويتراوح طولها بين ١ — ٢ ميكرون ، وعرضها ٠,٤ ميكرون ، وتنمو في درجة تتراوح بين ١٥ — ٣٦ ° مئوية ، ويمتنع نموها في درجة ٨ ° مئوية .  
وأهم العوامل الرئيسية المتعلقة بنمو الأنواع المختلفة لبكتريا حامض الخليك هي :

١ — الأكسجين : وهو عامل مهم نظراً لعدم نمو هذه البكتريا إلا في وجود الهواء . حتى تقوم بأكسدة الكحول ويتحد كل سنتيمتر مكعب واحد منها مع ١,٣ جرام من غاز الأكسجين .

٢ — درجة الحرارة : وتبلغ في المتوسط ٣٠ ° مئوية وتتراوح درجات الحد الأدنى بين

٤ - ٧ مئوية في حين تبلغ درجة الحرارة القصوى ٤٠ مئوية ، ( عادة بين ٢٥ - ٣٣ مئوية ) .  
٣ - تركيز الكحول بالمحاليل المتخمرة : يمتنع عادة نمو وتكاثر هذه البكتريا عند ارتفاع تركيز الكحول في المحاليل الكحولية عن ١٤ ٪ ، وفي هذه الحالة يشتد ببطء التخمير الخليكي وقد لا يتكون غشاء أم الخل ، كما لا يتم تأكسد الكحول وتتكون الدهيدرات غير كاملة ومواد أخرى مهيجه للاغشية المخاطية المبطنة للقناة الهضمية .

وتتخفظ البكتريا بنشاطها عند ما لا يزيد تركيز الكحول عن ١٤ ٪ وتتكون بعض الاثرات مع حامض الخليك ، ويزداد تكون الاثرات عند ببطء التخمير الخليكي . وكذا عند انخفاض تركيز الكحول الى مقدار يتراوح بين ١ - ٢ ٪ ( لتأكسد الجزء الآخر من الكحول الى حامض خليك ) ، وتقوم البكتريا في هذه الحالة بتحليل الاثرات ، كما قد تحلل في النهاية حامض الخليك المتكون الى ماء وغاز ثاني أكسيد الكربون تبعاً للمعادلة الآتية :



ولتلافي هذه الحالة ، يضاف قدر مناسب من محلول كحولى جديد الى المحلول المتخمير خليكياً ، غير أن مصانع الخل توقف عادة عملية التخمير عند ما ينخفض تركيز الكحول بالمحلول المستعمل الى ١ - ٢ ٪ .

٤ - تركيز حامض الخليك بالخل : يمتنع نمو البكتريا عند ارتفاع تركيز حامض الخليك بالمحلول المتخمير خليكياً عن ١٠ - ١٢ ٪ .

٥ - القوة الحيوية للبكتريا : يقتصر على استخدام البكتريا النشطة الفعالة ، وتتوقف قوتها الحيوية على مقدار الرطوبة بالبيئة وتركيز الكحول ودرجة الحرارة والهواء الجوى ، وعلى العموم تحتفظ هذه البكتريا بقوتها الحيوية لمدة طويلة قد تصل عشرين سنوات في المحاليل الغنية بالعناصر الغذائية التي تتطلبها البكتريا ، ولمدة ثلاثة شهور في درجات الحرارة العادية في البيئات الجافة واثني عشر في درجة ٢٠ مئوية في البيئات الجافة أيضاً .

### تحضير السائل الكحولى :

تهرس الثمار العصيرية ثم تعصر ، وتقطع الثمار اللحمية الصلبة كالبلح بعد فصل النوى ، ثم تغلى بقدر مناسب من الماء وتغلى نصف ساعة ثم تصفى ، ويقدر السكر بالمحلول ويخفف بالماء حتى الحد المطلوب ، كما قد يضاف اليه مقدار من أحد السكريات الرخيصة وخصوصاً عند تحضير الخل من ثمار لم يكتمل تكونها .



وتحضر المحاليل السكرية من المنتجات النشوية كالبطاطس بتجليها مائياً بأنزيم الديستاز أو بأحد الأحماض المعدنية المخففة . وتتلخص العملية الأولى في طبخ النثار المهروسة بالحرارة المرتفعة تحت ضغط جوى مرتفع أو بالماء في درجة الغليان أو بالبخار الحى ثم تبريد العجينة المتكونة الى درجة ٦٠° مئوية وخلطها بطحين المولت بواقع ٢ — ٥ ٪ ومزجها جيداً فيتم تحول النشاء الى سكر ملتوز ثم يخفف بالماء حتى درجة التركيز المطلوبة.

ويجب تحضير بادیء ( أى محلول متخمر يحتوى على خميرة نبيذ نشطة ) قبل إعداد المحلول السكرى ، ويستخدم البادیء بواقع عشر حجم المحلول ، بمعنى أن يضاف خمسون لتراً من بادیء حديث التحضير ( ٣ — ٤ أيام ) الى كل ٥٠٠ لتراً من المحلول السكرى أو عصير الفاكه ، ثم يترك المخلوط ليتخمّر لمدة ٣ — ٥ أيام ويضاف الى ٥٥٠٠ لتراً من المحلول أو العصير وهكذا ، ويراعى تغيير الخميرة المستخدمة عند تلوثها بخمائر كاذبة أخرى غير مرغوبة أثناء العمل عند استعمال ثمار فاسدة من الفاكه .



أحواض التخمير

ونظراً للتأثير المثبط لغاز ثانى أكسيد الكربون على التخمير الكحولى ، فانه يجب تهوية السائل المتخمّر من وقت لآخر وتقليبه جيداً لطرد الغاز المتكون . فاذا اشتد بطل التخمير فانه يجب نقل السائل إلى أحواض أخرى وبذلك تتسنى تهويته وطرد أكبر قدر من الغازات المتكونة به ، كذلك يجب خفض درجة حرارة المحلول المتخمّر عند ارتفاعها عن ٨٠° فهرنهايت ( ٢٧° مئوية ) ، ويرجع هذا الارتفاع الحرارى الى تحلل السكريات الكحول ،

ويولد الجرام الواحد من سكر الجلوكوز ١٢٠ سعراً صغيراً ، كما يؤدى انحلال الجرام الواحد منه الى رفع درجة حرارة ١٠٠ سنتيمتر مكعب من المحلول ١,٢° مئوية ( أى ٢,١٦° فهرنهايت ) . ويتمتع التخمير تماماً عند ارتفاع الحرارة الى ٣٥ — ٤٠,٥° مئوية ، وينشط هذا الارتفاع نمو بكتريا حامض الحليك قبل اكتمال تخمر السكريات ، ويتم التبريد صناعياً بامرار المحلول المتخمّر داخل أنابيب حازونية مزدوجة الجدران تعد الداخلية لمروده والخارجية لمرور ماء بارد ، ويراعى كذلك رفع درجة حرارة الجو الداخلى لحجرات التخمير الكحولى عند

انخفاضها عن  $25^{\circ}$  —  $33^{\circ}$  مئوية ، ويستخدم في ذلك البخار الساخن المار خلال أنابيب للتسخين تقام في مواضع مناسبة بالحجرات المذكورة .

ويجب تنظيف أحواض التخمر الكحولى جيداً قبل البدء بالعمل للتخلص من جميع أنواع بكتريا حامض الخليك وحامض اللاكتيك والخمائر غير المرغوبة والفطريات ، ويستخدم في غسلها محلول مخفف من الصودا الكاوية ( قوة ١٪ ) ثم تبخيرها بغاز ثانى أكسيد الكبريت ، كذلك تفضل معاملة جميع الأجهزة المعدة لهرس الفاكهة وعصرها ونقل عصيرها وخلقها بنفس المعاملة السابقة ، وقد يفضل أحياناً إضافة ٦ — ٨ أوقيات من ميتايسلفيت البوتاسيوم أو ٣ — ٤ أوقيات سائلة من ثانى أكسيد الكبريت للطن الواحد من الثمار المهروسة أو لكل ٩٠٠ لتر من المحلول المعد للتخمر ، وقد أثبت ( Cruess, Zion and Sefredi ) في عام ١٩١٥ تأثير هذه المعاملة على التخمر وتقييط ثانى أكسيد الكبريت نمو الأحياء غير المرغوبة وتنشيط التخمر بالنالى .

### تقدير الكحول بالسوائل المنخمرة :

يقدر الكحول بالمحاليل الكحولية بواسطة الوزن أو الحجم أو دليل الكحول ( Proof Spirit ) فمثلاً إذا مزج خمسون لترأ من الكحول المطلق بخمسين لترأ من الماء المقطر فإن المحلول الكحولى الناتج يحتوى على ٥٠ ٪ من الكحول تقريباً حجماً ، وإذا مزج خمسون رطلاً من الكحول المطلق بخمسين رطلاً من الماء المقطر فإن المحلول الكحولى الناتج يحتوى على ٥٠ ٪ من الكحول تقريباً وزناً .

ويعرف دليل الكحول على وجه التقريب بكونه نصف درجة التركيز المئوية للكحول فى محلول كحولى ما مقدراً على أساس الحجم ، ويمكن تعريفه على وجه أدق بأن المحلول الكحولى النموذجى ( Proof ) هو ما كان وزن  $\frac{1}{2}$  من حجم مساو له من الماء ، ويتركب هذا المزيج وزناً من ٤٩,٢٨ جزئياً بالوزن من كحول الايثيل (الذى تبلغ كثافته ٠,٧٩٣٨١) + ٥٠,٧٢ جزئياً بالوزن من الماء المقطر ، ويتركب المحلول الكحولى النموذجى حجماً من ٥٧,١٠ جزئياً بالحجم من كحول الايثيل + ٦٤,٦٨ جزئياً بالحجم من الماء المقطر ، وأنه رغماً عن أن مجموع هذين الرقمين يزيد فى قيمته عن الرقم ١٠٠ إلا أن مجموع أحجامها تكون فى الواقع مائة جزء بالحجم على وجه الدقة ، ويرجع سبب هذا الاختلاف فى القيمتين الى انتشار جزئيات الكحول فى المسافات البينية لجزئيات الماء .

وتوجد عدة طرق لتقدير النسبة المئوية للكحول في السوائل المتخمرة والكحولية ويتطلب بعضها استعمال الدقة المتناهية عند التقدير ووقت طويل كطريقة تقدير الوزن النوعي بقنينة الكثافة أو بالريفرأكتومتر أو بطرق كيميائية مستفيضة كأكسدة الكحول إلى حامض خليك ثم تقدير الحموضة بالمحلول الحمضي المتكون ، في حين يتميز البعض الآخر بالبساطة وسهولة الاستعمال وسرعة العمل مما قد لا يتطلب أكثر من عشر دقائق لتقدير تركيز الكحول بالمحاليل المختبرة .

وتنقسم الطرق المهمة المستخدمة لتقدير الكحول بالمحاليل الكحولية إلى قسمين كالآتي :

- ١ — استخدام الأيدرومترات وأهمها الأيدرومتر ترالز ( Tralles ) ، ويشبه الأيدرومترات المستخدمة لتقدير السكر أو الملح في المحاليل السكرية أو الملحية .
- ٢ — استخدام جهاز لونج ( Joseph Long's alcoholometer ) أو أى جهاز آخر مماثل له .

أولاً — أيدرومتر ترالز : وتدل قراءته على عدد الأجزاء من الكحول المطلق الموجودة بالسائل المختبر وذلك على أساس الحجم ، ولما كان تركيز المحاليل يتوقف إلى حد كبير على درجة حرارة الجو فإن استخدام هذا الأيدرومتر يتطلب ، للحصول على نتائج حقيقية اختبار المحاليل الكحولية في درجة قدرها  $15.6^{\circ}$  مئوية ( $60^{\circ}$  فهرنهايت) مع تصحيح قيمة القراءة عند اختلاف درجات الحرارة عن الدرجة السابقة ، بمعنى أنه يتأق إضافة رقم تصحيح إلى قيمة القراءة المستخرجة لمحلول كحول في درجة تقل عن الدرجة السابقة ، وأن يطرح رقم التصحيح المناسب من قيمة القراءة المستخرجة لمحلول كحول في درجة تزيد عن الدرجة السابقة .

وبين الجدولان الآتيان أرقام التصحيح التي يجب إضافتها أو طرحها من قراءات المحاليل الكحولية المختبرة للحصول على درجة التركيز الحقيقية في درجة قدرها  $60^{\circ}$  فهرنهايت ، وبين العمود ( أ ) تركيز الكحول بالمحاليل الكحولية مبينة على أساس النسبة المئوية بالحجم وبين العمود ( ب ) في الجدول الأول درجات الحرارة الفرنسية اللازمة لإضافتها ، وفي الجدول الثاني درجات الحرارة الفرنسية اللازمة طرحها إلى أو من النسبة المئوية المتحصل عليها في درجة تقل عن  $60^{\circ}$  فهرنهايت أو تزيد عنها .

وبين الجدول الآتي قيمة التصحيح لتركيز المحاليل الكحولية عند انخفاض حرارتها عن  $60^{\circ}$  فهرنهايت :

| ب      | ا  | ب     | ا       | ب     | ا       |
|--------|----|-------|---------|-------|---------|
| ٧,٤٢٥  | ٨٩ | ٥,٤   | ٦٢ — ٥٧ | ٥,٤   | ٢١      |
| ٧,٦٥   | ٩٠ | ٥,٦٢٥ | ٦٧ — ٦٣ | ٥,١٧٥ | ٢٢      |
| ٧,٥٧٥  | ٩١ | ٥,٨٥  | ٧٣ — ٦٨ | ٤,٧٢٥ | ٢٣      |
| ٨,١    | ٩٢ | ٦,٠٧٥ | ٧٧ — ٧٤ | ٤,٥   | ٢٧ — ٢٤ |
| ٨,٣٢٥  | ٩٣ | ٦,٣   | ٨٠ — ٧٨ | ٤,٢٧٥ | ٣٤ — ٢٨ |
| ٨,٧٧٥  | ٩٤ | ٦,٥٢٥ | ٨٢ — ٨١ | ٤,٥   | ٤٠ — ٣٥ |
| ٩      | ٩٥ | ٦,٧٥  | ٨٦ — ٨٣ | ٤,٧٢٥ | ٤٤ — ٤١ |
| ٩,٤٥   | ٩٦ | ٦,٩٧٥ | ٨٧      | ٤,٩٥  | ٤٩ — ٤٥ |
| ١٠,١٢٥ | ٩٧ | ٧,٢   | ٨٨      | ٥,١٧٥ | ٥٦ — ٥٠ |

وبين الجدول الآتي قيمة التصحيح لتركيز المخاليل الكحولية عند ارتفاع حرارتها عن ٦٠° فرنهية :

| ب     | ا       | ب     | ا       | ب     | ا       |
|-------|---------|-------|---------|-------|---------|
| ٦,٧٥  | ٨٩      | ٤,٩٥  | ٥٥ — ٥٣ | ٥,٨٥  | ٢١      |
| ٦,٩٧٥ | ٩١ — ٩٠ | ٥,١٧٥ | ٦٥ — ٥٦ | ٥,٦٢٥ | ٢٢      |
| ٧,٤٢٥ | ٩٣ — ٩٢ | ٥,٤   | ٦٨ — ٦٦ | ٥,٤   | ٢٣      |
| ٧,٦٥  | ٩٥ — ٩٤ | ٥,٦٢٥ | ٧٤ — ٦٩ | ٥,١٧٥ | ٢٤      |
| ٨,١   | ٩٧ — ٩٦ | ٥,٨٥  | ٧٨ — ٧٥ | ٤,٩٥  | ٢٦ — ٢٥ |
| ٨,٣٢٥ | ٩٨      | ٦,٠٧٥ | ٨٢ — ٧٩ | ٤,٧٢٥ | ٢٨ — ٢٧ |
| ٩,٤٥  | ٩٩      | ٦,٣   | ٨٥ — ٨٣ | ٤,٥   | ٤٦ — ٢٩ |
| ٩,٩   | ١٠٠     | ٦,٥٢٥ | ٨٨ — ٨٦ | ٤,٧٢٥ | ٥٢ — ٤٧ |

ونذكر فيما يلي مثالا لشرح طريقة استعمال الجدولين السابقين :  
إذا كان تركيز الكحول في محلول كحولي اختبر في درجة ٥٠ فرنهية هو ٤٠ ٪ فسا هي  
درجة التركيز الحقيقية ؟

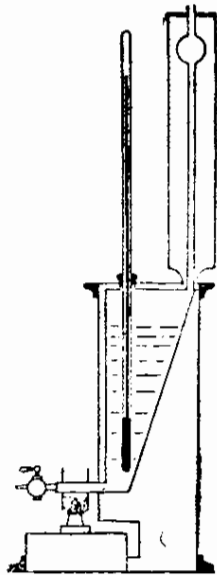
∴ الفرق بين درجتى الحرارة = ٦٠ — ٤٥ = ١٥ درجة فرنهية .  
وعند البحث في الجدول الأول نجد أن العدد المقابل للرقم ٤٠ في العمود ا هو الرقم  
٤,٥ في العمود ب .  
وبدل ذلك على ضرورة زيادة تركيز الكحول درجة واحدة لكل ٤,٥ درجات فرنهية .

أى يجب إضافة  $\frac{1 \times 10}{4,0} = 3,3$  درجات تركيز لكل  $10^\circ$  فرنهيتية .

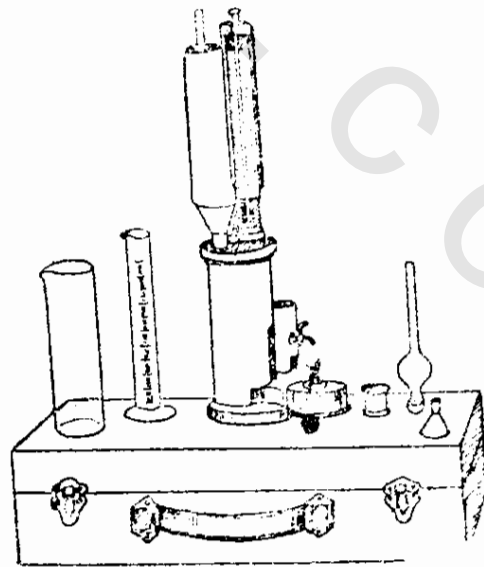
وعلى ذلك تكون القراءة الحقيقية فى درجة  $60^\circ$  فرنهيتية  $40 + 3,3 = 43,3\%$

ثانياً — جهاز لونيغ لتقدير الكحول : ويشمل نوعين ، يبين الأول منهما تركيز الكحول بالمحاليل الكحولية مباشرة ويتطلب الثانى جداول معينة لمعرفة قيمته ، ويفضل النوع الأول .  
وتتوقف نظرية تقدير الكحول بهذا الجهاز على قياس درجات غليان المحاليل الكحولية المختلفة وتبلغ درجة غليان الماء المقطر تحت الضغط الجوى العادى  $100^\circ$  مئوية ، وتنخفض عن ذلك عند مزج الماء بمقادير متنوعة من الكحول ، ولقد رعى عند تصميم هذا الجهاز ، نظراً لتغير درجات غليان المحاليل على وجه عام باختلاف الضغط الجوى ومقدار المواد الصلبة الذائبة ، وضع تعديلات مناسبة بتدرج المقياس لبيان تركيز الكحول مباشرة ، فيتم تسخين المحاليل للغليان تحت الضغط الجوى العادى وتكشف الأبخرة المتصاعدة فى مكثف خاص متصل بالجهاز . ثم تقدر درجة غليان المحاليل مع اعتبار درجة غليان الماء المقطر ( تحت الضغط الجوى المعتاد قبل القيام بالاختبار مباشرة ) كأساس للمقارنة .

ويراعى ، عند تقدير تركيز الكحول بالسوائل الكحولية المحتوية على مقدار منخفض من الكحول كالخمر الجافة كالبيرة ، تعبئة العينة مباشرة بالجهاز وتقدير درجة الغليان مباشرة ثم مقارنتها بدرجة غليان الماء المقطر بالجهاز نفسه ، ويراعى فى حالة المحاليل المحتوية على مقدار مرتفع



رسم تفصيلي لجهاز لونيغ



جهاز لونيغ

من السكر والكحول كالخمور الحلوة ، تقطير ١٠٠ سنتيمتر مكعب من العينة لفصل القدر الزائد من المواد الصلبة الذائبة ثم يقدر الكحول بالسائل المقطر ، ويمكن في هذه الحالة أيضا الحصول على نتائج تقريبية بتخفيف الخمور الحلوة مباشرة إلى ضعف حجمها بالماء المقطر وتقدير الكحول بالمحلول المخفف .

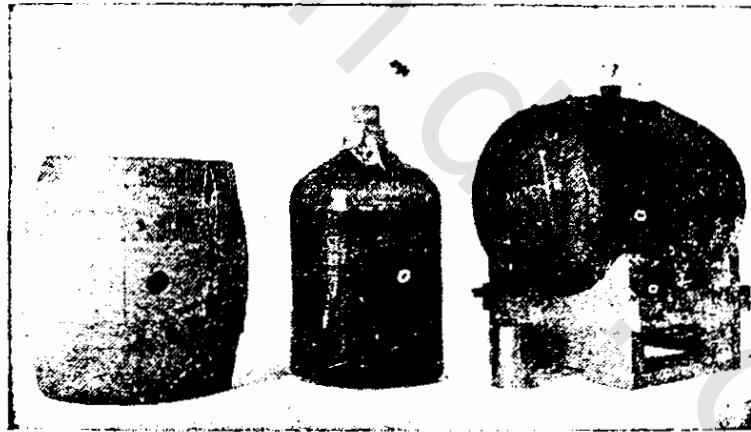
### طريقة الاستعمال : وتتلخص فيما يأتي :

- ١ — يغسل المستودع بالماء لازالة جميع الآثار التي قد تكون عالقة بالجهاز .
- ٢ — يوضع ٥٠ سنتيمتر مكعب بالضبط من الماء المقطر في المستودع ، ويمكن في تقدير هذا الحجم من الماء استخدام الخبار الخاص الملحق بالجهاز ، ثم يصب الماء في المستودع بجمع وتقلل فتحة المستودع بالغطاء المعد لذلك بإحكام شديد مع وضع الجلبة المطاط في مكانها بحذر شديد .
- ٣ — يثبت الترمومتر في مكانه مع إحكام وضع السدادة المطاط التي يتفاد ساقه من خلالها ، منعاً لفقد أية أبخرة من السائل عند غليه ، ويعدل ووضع الترمومتر بمسار علوى يقع بالقرب من الحافة العليا للمسطرة ( المدرجة إلى تدريجين أحدهما يبين تركيز الكحول بالوزن والآخر بالحجم ) .
- ٤ — يملأ المكثف بالماء ( ماء الصنبور ) إلى دون حافته العلوية بسنتيمتر واحد ، ويجب حفظ الماء في المكثف بارداً بتغييره من وقت إلى آخر حتى لا نقل سعة العملية لتكثيف أبخرة الكحول عند ارتفاع حرارته .
- ٥ — عند ما يثبت ارتفاع عمود الزئبق في الترمومتر بعد انتهاء غليان الماء ، تحرك المسطرة المدرجة إلى أعلى أو إلى أسفل بالمسار الخاص حتى ينطبق صفر التدريج مع نهاية ارتفاع عمود الزئبق ثم يطفأ اللهب بعد ذلك .
- ٦ — يملأ المستودع ثانية بالعينة المختبرة بواقع ٥٠ سنتيمتر مكعب ، بعد غسل المستودع أولاً بالسائل الكحولى ، ثم تغلى العينة وتقدر نقطة غليانها ويقرأ ما يقابلها على التدريج وتدل القراءة في هذه الحالة على نسبة الكحول بالعينة المختبرة .
- ٧ — يراعى ، عند استعمال الجهاز لمدة تزيد عن ساعة واحدة لتعدد العينات ، اختبار نقطة غليان الماء المقطر من وقت إلى آخر خوفاً من تغير قيمة الضغط الجوى .
- ٨ — يغسل المستودع بالماء المقطر عقب الانتهاء من العمل .

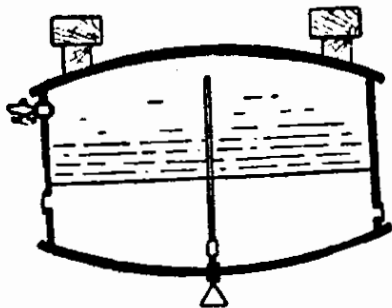
### الطريقة البطيئة المفل :

وهي قديمة العهد وتتميز ببساطة قواعدها وعدم تطلبها خبرة عملية واسعة ، وبشدة بطئها عن الطريقة السريعة وتقل صفات الخل المحضر بها عن المحضر بالطريقة الأخرى ، وتصلح هذه الطريقة لصناعة الخل بالمنازل وبالأزراع لانخفاض سعرها وإنتاجها .

ولاتختلف هذه الطريقة عن طريقة أورليانس (Orleans Process) الفرنسية إلا في بضع تفاصيل ، والأصل في الطريقة الأخيرة تحضير الخل من النبيذ فقط وتشوين البراميل داخل سراديب تحت الأرض وتنظيم الهواء المار إليها بفتحات في سقوفها وأبوابها ، والحرارة بامرار ماء ساخن إلى درجة ٣٠° مئوية ( ٨٦° فهرنهايت ) في أنابيب معدة لهذا الغرض ، ولقد احتفظت منطقة أورليانس بطريقةها رغمًا عن عيوبها وابتكار الطريقة السريعة نظراً لعدم اكسدة الأخيرة للكحول النبيذ عند انخفاض تركيزه عن ٢٥ ٪ وحاجته في الحالة الأخيرة لإضافة مواد فوسفاتية وأزوتية أى إلى تخفيف النبيذ بالتالي وإنتاج خل يختلف عن خل النبيذ الذى يقتصر تحضيره على الطريقة السابقة .



من اليمين اليسار : برميل خشبي عادى فدمجاجة معدة لانتخمير الكحولى فبرميل خشبي مجهز لصناعة الخل ويتكون جهاز الطريقة البطيئة من برميل خشبي مقفل تتراوح سعته بين ٤٠ — ٢٠٠ لتراً



رسم تفصيلي لبرميل خشبي مجهز لصناعة الخل

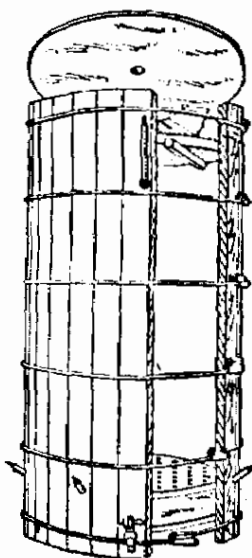
تحتوى فتحته العلوية ( الجانبية للبرميل ) على قطعة من الفلين تمر خلالها أنبوبة من الزجاج ملتوية الطرف ( أحياناً ) وتمر إلى البرميل حتى تنغمس تحت سطح السائل المتخمّر عند ملء البرميل به بدون أن يلاصق طرفها السفلى جدران البرميل ويوضع بطرفها العلوى الخارجى قمع زجاجى يعد لصب السائل المتخمّر وإمراره إلى داخل البرميل حتى

يتيسر صب السائل المتخمر إلى داخل البرميل بدون إنلاف غشاء أم الخل عند تكونه على سطح السائل المتخمر ، ثم تثبت للجهاز أنبوبة زجاجية ملتوية لبيان حجم السائل بالبرميل ، ويثقب بالبرميل في موضعين جانبيين فتحتان بقطر قدره خمسة سنتيمترات على ارتفاعين مختلفين فوق مستوى ارتفاع السائل داخله ، ثم تغطى الفتحتان بقطعتين من السلك الدقيق ( لمنع دخوله المذباب إلى البرميل ) لمرور الهواء إلى داخل الجهاز وانكساره على حالة زاوية مائلة حتى يتخلل السائل المتخمر ويفذيه بالأكسجين الذي تتطلبه الأكسدة .

وتتلخص طريقة استعماله في ملء نصف أو ثلث حجمه بسائل كحولى كالنبيذ أو العصير المتخمر الذى تم تحول محتوياته السكرية إلى كحول ، ثم يضاف إليه خل غير معقم أى بكر ( يحتوى على بكتريا حامض الخبيك ) بواقع ١٠ ٪ من حجمه ويترك البرميل بعد ذلك في حجرة تبلغ حرارتها ٣٠° مئوية حتى يتم تحويل الكحول الموجود بالسائل الكحولى إلى حامض خليك ، وتتراوح المدة التى يتطلبها تكون الخل بين شهر واحد وسنة كاملة ويفصل من الحجم الموجود الربع أو الخمس ويموض بسائل كحولى جديد وتكرر العملية باستمرار .

### الطريقة السريعة للخل :

ومبتكرها الباحث الألماني ( Schützenbach ) في عام ١٨٢٣ وتستخدم في ألمانيا وبعض البلدان الأخرى في صناعة الخل من الكحول ، وقد أدخلت إلى إنجلترا لتحضير الخل من المولت بعد تعديلات بسيطة بجهازها ، ويشتهر في انتقال هذه الطريقة من فرنسا لألمانيا إذ كانت تستعمل طريقة مماثلة في الأولى منذ عام ١٦٧٠ .

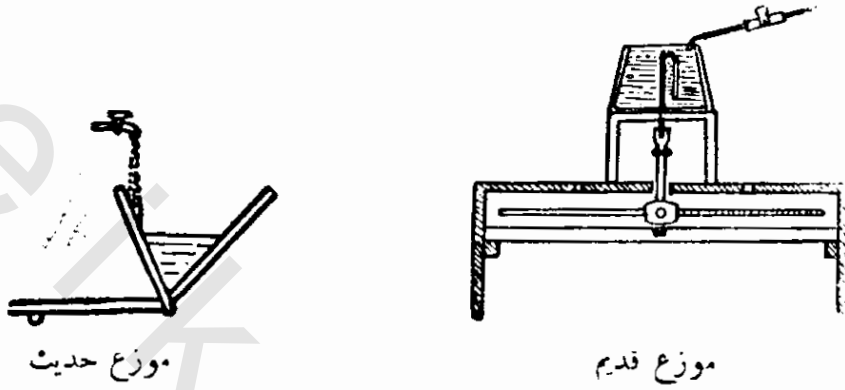


جهاز الطريقة السريعة  
لصناعة الخل

ويتكون الجهاز المستخدم في المعتاد من اسطوانة خشبية مصنوعة من خشب جيد غير قابل للتشقق كالأرو والعزيزى ، ويتراوح قطر الحجم المستعمل بين ٤٨ — ٦٠ بوصة و ١٠ — ١٤ قدماً في الطول ، وتكون من ثلاث مقصورات ، تعبأ الوسطى منها ، وهى أكبرها حجماً ، بمساحة خشب جيد كالعزيزى كما قد تعبأ بقوايح الذرة ، كذلك قد يستخدم قطع الفحم البلسدى والكوك في تحضير الخل المقطر من الكحول ، ويتكون سطح وقاع المقصورة الوسطى من قرصين خشبيين مثقوبين بثقوب عديدة ، وتحتوى المقصورة العليا على جهاز صغيرة لتنظيم توزيع المحلول للكحولى داخل أجزاء المقصورة الوسطى ، وتنحصر أجهزة التوزيع الرئيسية في نوعين ، يتكون القديم منهما من أنبوبة (أو أنبوتين



متعامدين في منتصفهما) مثقوبة في مواضع عديدة ، وتتحرك أفقياً حول محورها الوسطى وتتصل منه رأسياً بأنبوبة أو بسيفون لمروور المحلول الكحولى ، وتصنع هذه الأنابيب من المطاط الصلب ، وتتحرك رحوياً أفقياً عند سقوط المحلول بفعل الجاذبية الأرضية ومرورة داخلها ، وتقوم بذلك بتوزيع المحلول فوق المادة المائلة المقصورة الوسطى ، وتعرف هذه



الأنابيب بالرشاشات (Sparge) ولا تختلف في نظريتها عن المستعملة في رش المسطحات الخضراء ، وقد تتصل بسيفونات لتنظيم مقدار السائل الذى يجب إمراره في وقت معين آلياً وبدون حاجة إلى مراقبة عملية ، وتتكون أجهزة التوزيع الحديثة من أحواض خشبية ذات ثلاثة أضلاع (Trough) تتصل ببعضها طولياً في ضلع منها ، وتشبه بدالات مياه الري المستخدمة بمصر غير أنها غير مزدوجة ، ويقام هذا النوع من الموزعات فوق منتصف القرص العلوى للمقصورة الوسطى وفي أسفل مسقط المحلول الكحولى ، فيمتلئ جانب منه ، عند مرور السائل الأخير ، حتى يرتفع به إلى حد يثقله فيتحرك ناحية جانبه الثقيل ويسكب السائل المعبأ به فوق نصف سطح المادة المائلة للجهاز ، ويمتلئ في نفس الوقت النصف الثانى بالسائل ويتحرك كذلك عند امتلائه مسكباً له فوق سطح النصف الآخر من المادة المائلة وهكذا ، وتتكون المقصورة الثالثة السفلية ، من فراغ يعلوه القرص المثقوب السفلى للمقصورة الوسطى ويحده من أسفل قرص صامت ، وتقوم هذه المقصورة كجميع عام للخل المتكون .

وتتوقف نظرية العمل بهذا الجهاز على تكوين المواد المائلة لمسطح كبير المساحة إلى حد متناهى تنمو فوقه بكمثريا حامض الخليك ، وبذلك يتم أكسدة الكحول إلى حامض خليك خلال بضع دقائق ، ويراعى تزويده بالهواء باستمرار باستخدام صمامات جانبية بالجهاز تسمح بنفوذ الهواء دون السوائل ، وينطلق عن أكسدة الجرام الواحد من كحول الايثيل ٢٥٠٠ سعراً صغيراً من الحرارة ، ويؤدى ذلك إلى رفع درجة حرارة كل ١٠٠ سنتيمتر مكعب من المحلول الكحولى ٢٥° مئوية (٤٥° فرنسية) ، ولذلك يجب خفض درجة حرارة المحلول عند الأكسدة ،

ويراعى دائماً اجتناب بلوغها درجة  $40^{\circ}$  مئوية ( $105^{\circ}$  فرنسية) حتى لا يثبط نشاط البكتريا ، ويتم التبريد بتنظيم سرعة مرور المحلول المتخمّر ونفاذ الهواء خلال الجهاز ، فضلاً عن أنه يتسنى بالعاملين السابقين تنظيم درجة حرارة المحلول بالجهاز تبعاً لدرجة حرارة الجو وموسم العمل ، ويحسن دائماً الاحتفاظ بها في نطاق يقرب من  $30^{\circ}$  مئوية ( $86^{\circ}$  فرنسية) حيث يفقد الكحول والاستيالدسيد بالتبخّر عند ارتفاع الحرارة عنها في حين يبطئ التأكسد عند ارتفاعها ، ولذلك تزود الأجهزة بترمو مترات قائمة الزوايا لبيان درجة حرارة المحلول المتخمّر خليكياً في الأجزاء المختلفة للجهاز .

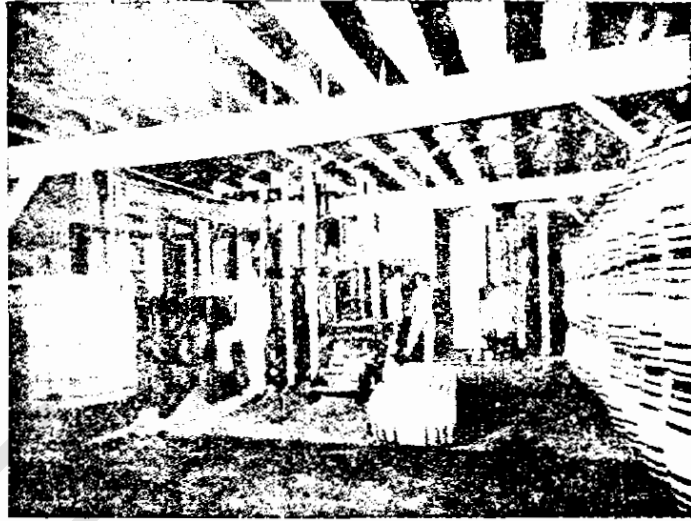
### الفقر أثناء التخمّر الخليكى :

تفقد في الطريقة السريعة مقادير غير ضئيلة من الكحول وحامض الخليك ( بالتبخّر ) ، وغاز ثانى أكسيد الكربون وماء ( بالأكسدة ) ، فضلاً عن استهلاك البكتريا الجزء من مكونات المحلول المتخمّر خليكياً واحتفاظ المحلول النمائى ( الحل ) بمقدار يسير من الكحول ، ويتّج نظرياً الجرام الواحد من الكحول  $1,304$  جراماً من حامض الخليك ، غير أنه لا يتسنى عملياً إنتاج أكثر من  $1,26$  جراماً من الحامض ، وتؤدى سرعة مرور الهواء بالمحلول الكحولى إلى أكسدة إلى غاز ثانى أكسيد الكربون وماء ، ولذلك يراعى دائماً تعديل سرعة مرور المحلول تبعاً لسرعة التيار الهوائى المستخدم فى الأكسدة ، ويجب اختيار تركيز الكحول وحامض الخليك بالجهاز من وقت إلى آخر ، الأول بجهاز لونيّج ، والثانى بالتعادل بمحلول قلوئى عشر أساسى .

### التعقيم :

ويقصد به تخزين الخل بعد تحضيره ( وخصوصاً بالطريقة السريعة ) لمدة من الوقت لا تقل عن ست شهور حتى تكتمل نكهته ويفقد طعمه الغض الناشئ عن بعض الكحوليات والاسيتالديسيد وبعض الأحماض ، وتنحصر التغيرات الكيميائية الرئيسية بالخل عند التخزين فى تكوين اسيتات الايثيل ومركبات أخرى تكسبه نكهة مقبولة ، ويراعى إحكام أوانى التخزين منعاً للتبخّر .

ولا يتطلب الخل المحضّر بالطريقة البطيئة التخزين لتعتيقه ، فان بطء العملية التى تتراوح عادة بين شهر — ١٢ شهر تكفل اكتمال التغيرات الكيميائية بطعمه ونكهته .



تمتيق الحبل المحضر بالطريقة السريعة

ويفضل التخزين في براميل أو أحواض خشبية صغيرة مقفلة عن الأواني الزجاجية أو ما يماثلها من الأواني الصامتة حتى يتسنى للهواء أن يتخللها من مسام الخشب .

#### الترويق :

وتستخدم في ذلك الطرق التي سبق ذكرها بباب عصير الفاكه ، ويراعى دائماً عدم ملامسة الحبل للمعادن منعاً لآكلها ، ولذلك يكتبني غالباً بطرق الترويق الطبيعية ، ويفصل الحبل الراق بالسيفون ثم يرشح خلال الآلات الابدروليكية على شرط أن تكون أقراصها المعدنية غير قابلة للآكل .

#### البسترة :

نظراً لاحتفاظ الحبل بعد ترويقه وترشيحه بكثير من بكتريا حامض الخليك التي تكون عند توفر العوامل الملائمة لنموها غشاء مخاطياً يعكر صفاء لون محلوله ، فانه يجب بسترة النخل لقتل جميع الأحياء الملوثة له وتستخدم في ذلك :

- ١ — البسترة المستمرة والتسخين إلى درجة ١٤٠° فرنهيتية عدة دقائق .
- ٢ — البسترة السريعة والتسخين إلى درجة ١٩٠° فرنهيتية لعدة ثواني ، ثم التبريد إلى ١٢٠° فرنهيتية .
- ٣ — البسترة المحدودة وتسخين الزجاجات المعبأة المقفلة إلى درجة ١٨٠° فرنهيتية عدة

دقائق ، ويراعى في النوعين الأولين استخدام أجهزة مصنوعة من معادن مقاومة للآكل بعمل حامض الخليك وتعقيم الأواني المعدة للتعيشة ( براميل خشبية عادة ) بالبخار الحى قبل العمل مباشرة .

### المتاعب الصناعية :

وتنحصر فيما يأتى :

١ — ديدان الخل : ومصدرها الهواء والماء وذباب الخل والثمار النافعة ولها نوعان أحدهما يعرف بامم ( *Leptodera oxophila* ) ، وهى ديدان أسطوانية الشكل تنتهى بطرف حاد ، وجلدها أملس عديم التقسيم غير هش ، ويبلغ طول الذكر منها مليمتر واحد تقريباً والأنثى ١,٥ مليمتر تقريباً ، والثانى بامم ( *Anguillula aceti* ) وطول ديدانها يقرب من ١,٥ مليمتر وتشبه السابقة .

وتتميز على العموم بحركتها الأمامية والخلفية وانسيابها فى حركتها كالثعبان ، وتكثر غالباً بالطبقات السطحية من الخل لحاجتها للهواء للتنفس ، وتعيش فى المحاليل المخففة من الكحول وحامض الخليك وكذا الخل وتقتل فى درجة تتراوح بين ١٤٠° — ١٥٠° فهرنهايت ، ويتلخص ضرر هذه الديدان فى منافستها لبكتريا حامض الخليك فى استهلاك الهواء وتثبطها لها بالنالى تدريجياً حتى يمنع تكون حامض الخليك فى النهاية بنائاً ، وتنحصر طرق مقاومتها فى تبخير الأجهزة بغاز ثانى أكسيد الكبريت .

٢ — حلم الخل : ويتميز بسرعة تكاثره بأجهزة الخل عند تلوثها ، وتقاوم أكسدة الكحول وتكون الخل بالنالى ويتلخص ضرره فى نمو بعض الأحياء الدقيقة التعفنفة فى أجسامه بعد موته وتعارض هذه الأحياء مع عمل بكتريا حامض الخليك ، وتنحصر طرق المقاومة فى تبخير الأجهزة المستعملة بغاز ثانى أكسيد الكبريت .

٣ — ذباب الخل : ويكثر بمعظم مصانع الخل وتنحصر أهم أنواعه فى ( *Drosophila funebris and D. cellaris* ) وهى على وجه عام حشرات غير مرغوب فيها نظراً للأضرار المتخلفة عنها ، وتنحصر طرق الوقاية منها فى إحاطة ثقوب الهواء بأجهزة الخل بمواد لزجة أو بتغطيتها بقماش خفيف وتبخير الحجر بمواد مهلكة لها وإقامة ستائر من الشبك المعدنى الدقيق بنوافذ وفتحات حجرات العمل لمنع دخولها .

٤ — تكون طبقات مخاطية : وهى غشاء أم الخل وينشأ عند طول الاستعمال ولعلاجها تفصل المساحة بالماء ثم بمحاليل من الكحول ثم بالخل من وقت إلى آخر ، ويحفظ دائماً

بمعدل ثابت بين الهواء والمحاليل الكحولية المعدة للعمل ، والمحافظة على نظافة الطبقات العلوية من المساحة .

٥ — الميكودرما : وقد سبق ذكرها ، وتعرض غالباً المحاليل الكحولية بعد اكتمال تخمرها لنورها وتكاثرها ، وتقاوم هذه الحالة بالتعبئة الكاملة أو بإضافة طبقة رقيقة من زيت معدني متعادل ( برفين ) فوق سطحها .

٦ — بكتريا حامض اللاكتيك : وهي بكتريا غير هوائية من النوع الاختياري ، وتعرض المحاليل السكرية غير مكتملة التخمر الكحول لنورها وتكاثرها وتكون حامض اللاكتيك ، وتؤثر على الطعم والنكهة وتعارض التخمر الخليكي ، ولمقاومتها يضاف للمحاليل المتخمرة كحولياً غاز ثاني أكسيد الكبريت بواقع ٧٥ — ١٠٠ جزء في المليون أو حامض الخليك بواقع ١ ٪ ، ويراعى استخدام بادئات نقية من الخمائر حتى يتسنى حفظ التخمر الكحولى على حالة نشطة فعالة .

٧ — رسوب الطرطرات : وترسب هذه المادة على مساحة الخشب أو المواد المائلة الأخرى عند استعمال التبيذ على حدة أو مخلوط منه والكحول في تحضير الخل ، ويؤدي ذلك الى تكوين طبقات صلبة فوق سطحها مما يتعارض مع التخمر الخليكي ، ولهذا السبب يفضل في فرنسا استعمال طريقة أورليانس .

### تعميل تركيز ماءهمه الخليك

نظراً لصعوبة إنتاج خل يحتوى على درجة تركيز ثابتة من حامض الخليك ، ونظراً لما تتطلبه العمليات التجارية والقياسات الغذائية من توحيد التركيز بالخل التجاري ، ولما كان مقدار الحامض يتوقف على تركيز السكريات في المحلول المعد للتخمر الكحولى مما يقتضى نظرياً البدء بدرجات معينة من التركيز ، ولما كان التركيز الحقيقى لحامض الخليك بالخل الناتج يتوقف على كثير من الاعتبارات ، فانه يجب معرفة مقداره في الخل النهائي ثم مزجه بخل أكثر تركيزاً أو تخفيفه بالماء تبعاً لدرجة التركيز المطلوبة ( راجع المعادلات المتعلقة بالمزج بصحيفة ١٤٤ ) .

## المراجع

1. Allen, P.W. ; Industrial Fermentations ; (Book), (1926).
2. Cruess, W. V. ; Commercial Fruit and Vegetable Products (Book), (1938).
3. Cruess, W.V. ; and Joslyn, M.A ; Home and Farm Preparation of Vinegar ; Univ. of Calif., Agr. Expt. Sta , Cir 332, (1934).
4. Cruess, W. V., Zion, J. R. and Sifredi ; A. V. ; The Utility of Sulfurous Acid and Pure Yeast in Cider Vinegar Manufacture ; Jour. of Ind. and Eng. Chem., April, (1915).
5. Le Fevre, E. ; Making Vinegar In the Home and On the Farm ; U. S. D. A. ; Farm. Bull. No. 1424, (1924).
6. Mitchell, C. A. ; Vinegar; Its Manufacture and Examination; (Book), (1926).
7. Mrak ; E. M. and Le Roux, J. C. ; Corrosion of Bronzes By Vinegar ; Jour. of Ind. and Eng. Chem. , (1932).
8. Saywell, L. G. ; Clarification of Vinegar ; Ibid, (1934).
9. Schoen, M. ; The Problem of Fermentation ; (Book), (1928).