المحاضرة الثالثة

التخمر اللاكتيكي:" Lactic acid fermentation "

يقصد به تحلل المواد الكربوهيدراتية (السكرية أساسًا) بواسطة بكتيريا حامض اللاكتيك –عن طريق الإنزيمات التي تفرزها- إلى حامض لاكتيك وخليك وكحول إثيلي وثاني أكسيد الكربون- ويلاحظ أن الأحماض المتكونة يتفاعل جزء منها مع بعض الكحولات الناتجة من التخمر، وينتج عن ذلك استرات ذات رائحة مرغوبة تكسب المخللات الرائحة الخاصة بها بالاشتراك مع الملح والحموضة.

تؤثر كمية السكر الموجودة في الخضروات على كمية الحامض الناتجة ، بينما تحدد كل من كمية الملح والحامض والحرارة سرعة انتاج الحامض زانواع البكتريا المشاركة فيه تتم عملية التخليل بتركيز ملحي اكثر من 5%بقليل اذا يخلق الملح وسط مناسب لنمو البكتريا حامض اللاكتيك وعند زيادة التركيز يقل نمو البكتريا ، واذا اردنا حفظ الخضر لمدة اطول نرفع نسبة الملح الى اكثر من 15% وهنا يصعب نمو البكتريا .

التغير المهم الذي يحصل في التخليل هو تحول الكاربوهدرات الى حامض لاكتيك الذي ترتفع نسبته من 1.5-0.8% مع تغير لونن الخيار من الاخضر البراق الى الاصفر المخضر وتصبح الانسجة شفافة .

- يمكن استعمال بادئات تحو ي على البكتريا المرغوبة في التخمر في هذه الحالة تغسل الخضرلازالة مايلوثها من احياء غير مرغوبة والتخلص من القاذورات وتعتبر هذه الطريقة افضل لانها تحوي على السلالات المرغوبة فقط .
- حامض اللاكتيك ينتج بفعل انواع متعددة من البكترا التي تسمى متجانسة او غير متجانسة
- الاجناس Lactobacillus , Streptococcus , Pedicocuse , Microbacterium

أنواع بكتيريا حامض اللاكتيك:

يوجد نوعان من البكتيريا التي تشترك في إتمام التخمر اللاكتيكي:

1. بكتيريا التخمر اللاكتيكي المتجانس Homofermentation Lactic acid bacteria
وهي بكتيريا تحول المواد السكرية خلال التخمر اللاكتيكي إلى حمض لاكتيك فقط.

2. بكتيريا التخمر اللاكتيكي المختلط Heterofermentation Lactic acid bacteria
وهي بكتيريا تحول السكرية إلى حمض لاكتيك وخليك وكحول إيثايل وثاني أكسيد الكربون وجلسرين.

وعادة يبدأ التخمر اللاكتيكي بنشاط أنواع من بكتريا التخمر اللاكتيكي المختلط والتي تسود لفترة ثم تتوقف لفترة بفعل ارتفاع الحموضة ثم تنشط أنواع أخرى من بكتيريا التخمر اللاكتيكي المتجانس لفترة ثم يعقبها نشاط بكتيريا التخمر اللاكتيكي المختلط لفترة ثم يتوقف التخمر تمامًا.
معادلة تحول السكر الى حامض اللاكتيك تحت ظروف لاهوائية بوجود بكتريا حامض اللاكتيك ينخفض ال PH في وسط التخمر الى 3 وتصل نسبة حامض اللاكتيك بين 1.5—2.5%.

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ CH_3CHOHCOOH.$

المحلول الملحي المستخدم في التخمر بحدود 6-10% وهذا كافي لمنع نمو الاحياء غير المرغوبة مثل بكتريا حامض البيوتريك التي تجعل الوسط مراً لانتاجها حامض البيوتريك .

الظروف المناسبة لإتمام التخمر اللاكتيكي:

1. أن يكون تركيز الملح في المحلول في حدود 10%، حيث لو زاد التركيز عن ذلك خلال فترة التخليل فإن نشاط البكتيريا يقل إلى أن يتوقف بزيادة التركيز، كما أن انخفاض التركيز عن 10% يؤدي إلى نمو أنواع أخرى من الأحياء الدقيقة التي تؤدي إلى فساد المخلل.
2. وجود بكتيريا حامض اللاكتيك على سطح الخامات ضروري، أو قد يضاف بادئ لهذه البكتيريا في حالة عدم وجودها أو في حالة غسيل الخامات، وعادة يضاف البادئ بمعدل 1/ %.2
3. جعل ظروف التخمر لا هوائية، بمنع الهواء تمامًا مما يمنع نمو بكتيريا حمض الخليك والميكودرما.
4. نقاوة ملح الطعام المستخدم في التخليل حيث لو زادت نسبة كربونات أو بيكربونات الصوديوم أو البوتاسيوم أو الماغنيسيوم عن 0.1% فإن ذلك يؤدي إلى معادلة حمض اللاكتيك الناتج خلال التخمر وفساد المخلل وتبقعه.
5. وجد أن درجة الحرارة المثلى للتخمر اللاكتيكي هي 30.5 مْ.
6. إضافة 0.1% جلوكوز يشجع نشاط بكتيريا حمض اللاكتيك.

$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ CH_3CHOHCOOH.$

الاساس العملي للحفظ بالتخمر اللاكتيكي:

1- هي تطبيق على تأثير الملح المضاد للاحياء المجهرية كمادة حافظة طبيعية .

2- تعمل عمليات التخمر الى تحويل المواد الكربوهدراتية الى احماض لها تأثيرها الحافظ ايضا .

3- قد تجرى معاملات حرارية ايضا على المنتجات المخللة لضمان بقائها بصورة صالحة للاستهلاك تجمع بين التأثير الحافظ للملح وحامض اللاكتيك والحرارة العالية .

دور الملح في نجاح التخمر اللاكتيكي :

يضاف محلول ملحي بتركيز 10% (40 سالوميتر) الى الخضراوات كالخيار واللهانة والزيتون وغرها ويحدث ما يأتي :

1- بكتريا حامض اللاكتيك تنو وتنتج حامض اللاكتيك بحدود 0.3-1%.

2- ملح الطعام له تأثير مباشر بسبب وجود ايونات -CL و +Na التي لها مفعول مباشر على الكائنات الحية عن طريق تثبيط الانزيمات الموجودة داخل البكتريا ، هذه الايونات تدخل في المواقع الفعالة active site للانزيمات وتشمل نمو البكتريا .

- المحلول الملحي يمنع توفر الرطوبة للكائنات الدقيقة فأيونات الكلور تتحد مع +H و +Na تتحد مع -O .

3- الملح يجفف الخلايا البكتيرية وتسمى العملية بالبلزمة Plasmolysis .
4- وجود الملح يقلل ذوبان الاوكسجين وهذا يسبب موت البكتريا الهوائية .
5- الملح يقوم باستخلاص المواد الذائبة من الخيار الى المحلول الملحي والذ يستعمل من قبل بكتريا حامض اللاكتيك وتحوله الى حامض اللاكتيك ثم يدخل الى داخل الخيار او اي نوع من الخضراوات .
6- تثبيط البكتريا الضارة المحللة للبروتين .

- نتيجة لخروج الماء من المادة الغذائية الى المحلول الخارجي سوف يتخفف المحلول ، فيجب زيادة المحلول الملحي باستمرار . كما توجد طرق عديدة لتعديل تركيز المحاليل منها الحسابية ومنها الجدولية .

حساب كمية الملح الواجب اضافتها :

1- الطرق الحسابية :

تستعمل هذه الطريقة في حالة وجود كميات كبيرة من الخضروات ويراد تعديل تركيز المحلول الملحي بأستعمال القانون التالي :

$$X = \frac{S_0 * 26.3}{100}$$

حيث ان S = تركيز المحلول الملحي بالسالوميتر ، X = وزن الملح المطلوب اضافته الى 100 مل ماء

2- الطرق الجدولية

كمية الملح المضافة غم/لتر محلول	التركيز/سالوميتر
0	40^0
2.5	39^0
5	38^0

7.5	37^0
10	36^0
12.5	35^0
15	34^0

- يضاف بمقدار2.5غم/ لتر حتى يرجع التركيز الى 40 سالوميتر .

المواصفة العراقية للمخللات :

المخللات: هي اجزاء نباتية صالحة للاستهلاك البشيري (ثمار ، اوراق ، سيقان ،جذور ، نورات) لصنف واحد او اكثر من الخضروات كاملة او مجزئة والتي سبق وان تعرضت للتخمر اللاكتيكي للمحاليل الملحية بأضافة او عدم اضافة توابل (البصل ، الثوم ، والاعشاب المكسبة للطعم والنكهة والسكر) والمعدة للتسويق في اوساط التعبئة المختلفة بحيث تكون عوامل الحفظ ملح الطعام والحموضة والبسترة او جميعها .

طرق التمليح:

يتم في هذه الطريقة تخليل الخضروات بالملح الجاف وفق الخطوات التالية :

1- التمليح الجاف Dry Salting

يتم التخمير هنا بأضافة القليل من الملح بدون أضافة الماء ،حيث يساعد الملح على أستخلاص الماء من الخضروات وتكوين محلول ملحي وتتم هذه العملية بالخطوات التالية :

1- فرز الخامات وتجهيزها وتعبئتها في أواني التخليل ثم يضاف اليها الملح الجاف بنسب تتوقف على الصنف المراد تخليله ثم يخلط الملح بالخامات جيداً 6-10 كغم ملح / 100 كغم خامات .

2- يوضع ثقل خشبي على السطح العلوي للخامات حتى تكون مغمورة تحت الملح والمحلول الملحي الذي يتكون بعد بدأ التخليل خلال عدة أيام .

3- بعد حوالي 3-5 أيام يضاف مقدار أخر من الملح على السطح فقط مع ضرورة تغطية السطح تماماً بالملح ويكرر ذلك 2-5 مرات حسب نوع الخامات الجاري تخليلها وفي النهاية يصل تركيز الملح الى 15%.

4- يترك المخلل حتى تمام النضج ويعرف ذلك من اللون والطعك والرائحة .

5- يوازي التركيز الملحي في الخامات الى تركيز المستساغ للمستهلك 6-8% مع اضافة الاحماض العضوية والتوابل حسب الرغبة .

- يلاحظ أن عيوب هذه الطريقة 1- انكماش الخامات لان الملح يستخلص جزءاً كبيرا من العصارة الموجودة بها .
- تعد اللهانة من اكثر الخضروات التي تخلل بهذه الطريقة بمنتوج يدعى السوركراوت Sawerkraut ويتم وفق الخطوات التالية :

1- تقطع اوراق اللهانة الداخلية فقط الى شرائح بعد تركها بعض الوقت لتبدأ بالذبول .
2- تمزج قطع اللهانة بما يعادل 2.5% من وزنها ملح الطعام ويجري المزج اما قبل التعبئة او في براميل التمليح او يعبأ المحصول بشكل طبقات متبادلة مع الملح .
3- بعد انتهاء التخمر يجب قفل البراميل بأحكام ووضع طبقة من الزيت على السطح لمنع نمو ونشاط الخمائر والبكتريا المسببة للفساد.
ويدل تغير لون اللهانة الى اللون البني او القرمزي على فساد اللهانة اثناء التخليل بفعل بكتريا الاكسدة وتدل ليونة القوام على ارتفاع درجة الحرارة وعدم تجانس التمليح او عدم ضغط اوراق اللهانة على بعضها بصورة جيدة أو نشاط البكتريا المنتجة للغازات .

2- التمليح الرطب Brine Salting

كما هو الحال في الخيار والبصل والزيتون الاخضر ويتم كما يلي :
أ- تعبأ الخامات في اواني التخليل الى نهايتها.
ب- يضاف لها محلول ملحي 10% حتى يغطي الخامات.
ج- يغطى السطح بطريقة محكمة ويمكن اتمام ذلك في الانتاج الضغير في المنازل بوضع طبقة رقيقة من الزيت فوق سطح المحلول.
د- يترك المخلل حتى ينضج حيث يمكن استخدامه بعد ذلك.
ه- في حالة التخزين لمدة طويلة يرفع التركيز الملحي تدريجيا حتى يصل الى 16% حيث يمكن حفظ الخلل في هذه الحالة لعدة سنوات كما هو الحال في الخيار.
و- يجرى تخفيف المخلل مرتفع التركيز الملحي (خزين الملح) الى التركيز المستساغ للمستهلك مع اضافة الاحماض العضوية والتوابل حسب الرغبة ويلاحظ ان طريقة التخليل باستخدام المحاليل الملحية تتم بعدة طرق منها السريعة ومنها البطيئة كما سيتم توضيح ذلك في الخيار المخلل.

أ- الطريقة المنخفضة التركيز(الطريقة السريعة):

يستخدم محلول ملحي تركيزة 7.5% مع اضافة 9% من وزن الخامات ملح جف لتعويض انخفاض تركيز المحلول الملحي نتيجة خروج الماء من الخامات بالضغط الاسموزي ثم يرفع تركيز الملح بعد اسبوع بمعدل 1% اسبوعيا حتى الوصول الى 16%ويستغرق ذلك حوالي 9 أسابيع . يلاحظ في هذه الطريقة ان التخمر والتعتيق يتم بسرعة بسبب انخفاض تركيز المحلول الملحي لكن لابد من اتخاذ الاحتياطات نحو احتمال نمو الانواع غير المرغوبة من البكتريا التي تسبب ليونة المخلل ، تتناسب هذه الطريقة التخليل في المناطق المعتدله .

ب- الطريقة المرتفعة التركيز(الطريقة البطيئة):

يستخدم فيها محلول ملحي تركيزة 10% مع اضافة 9% من وزن الخامات ملح جاف يقلب في المحلول ثم يرفع تركيز المحلول الملحي اسبوعيا بمعدل 2/1% حتى الوصول الى 16% ويستغرق حوالي 12 أسبوع ويلاحظ في هذه الطريقة ان التخمر والتعتيق يتم ببطئ بسبب ارتفاع تركيز المحلول الملحي لكن من مميزات هذه الطريقة عدم نشاط البكتريا الغير مرغوبة كما تعطي مخلل اكثر صلابة تتناسب هذه الطريقة في المناطق شديدة البرودة والمناطق الحارة ويرجع ذلك الى ان ارتفاع تركيز الملح يمنع تجمد الخيار في المناطق الاوولى مما يسب تلفه ويعمل على ابطاء التخمر في المناطق الثانية حتى تمام تعتيق الخيار المخلل .

العناية بالخيار اثناء التخمر تشمل :

1- استخدام ملح نقي لاتزيد به نسبة الكربونات والبيكاربونات عن 1% حتى لاتعادل الحموضة المتكونة .

2- استخدام مياه يسره غير عسرة لمنع استهلاك الحموضة وتبقع الخيار .

3- ضرورة تغطية اوعية التخمر تماما باستخدام اغطية كاذبة

4- تقليب المحلول لاذابة الملح عند كل اضافة جديدة.

5- ازالة طبقات الخميرة والفطر التي تنمو على السطح حتى لاتستهلك حامض اللاكتيك المتكون .

تخليل الشلغم :

1- أختيار الجذور السليمة غير المجوفة ، وتزال الاجزاء الخضرية واطراف الجذور ثم تغسل عدة مرات حتى يصبح ماء الغسيل نظيفا رائقاً.

2- تقطع الى اربعة اجزاء لتسهيل خروج غاز H_2S خاصة في الجذور الكبيرة، اما الجذور الصغيرة فيمكن عدم تقطيعها .

3- تعبأ التمار في وعاء التخليل ويضاف لها محلول ملحي 10% يتم تغيره الى محلول اخر من نفس التركيز بعد يومين لخفض رائحة الجذور ثم يرفع تركيز المحلول تدريجيا بمعدل 1% اسبوعيا الى ان يصل التركيز النهائي الى 15% خلال خمسة اسابيع .

4- تضاف قطع من البنجر لاكساب الشلغم اللون الاحمر الطبيعي المرغوب .

5- عند التسويق تنقع الجذور في ماء ساخن على درجة 65مْ لازالة الملح الزائد وذلك لمدة 24 ساعة مع التكرار اذا لزم الامر ثم يعبأ في محلول ملحي 6% مع ضرورة تشكيلها في الشكل النهائي قبل التعبئة .

اهم عيوب المخللات وكيفية تلافيها :

1- رخاوة المخللات Soft Pickels : نتيجة انخفاض التركيز المحلول الملحي عن 8% والذي يفسح المجال الى نمو البكتريا Bacillus mesentricus والفطريات التي تعمل على تحلل الانسجة البكتينية بفعل الانزيمات المحللة للبكتين (بكتينيز Pectinase(يؤدي الى ليونة الثمار وطراوتها . ولتلافي هذه المشكلة يجب التاكد من تركيز المحلول الملحي بالدرجة المناسبة لكل نوع من الثمار على فترات خاصة في المراحل الاولى من التخليل .

2- انكماش المخللات Sriveling بسبب التركيز العالي من الملح .

3- تكون الجيوب الغازية : تكون بسبب بعض انواع ن البكتريا Aerobacter aerognese الذي ينشر غاز الهيدروجين فيتجمع داخل قشرة الثمار .

4- المخللات الجوفاء Hollow Pickeles: تحدث بسبب سرعة اتخليل او سمك قشرة الثمار او انتخاب اصناف كبيرة الحجم .

5- تغيرات اللون Discoloration : بعض الاملاح كأملاح الحديد تحدث بعض التغيرات عند وجودها كاسمرار اللون او وجود املاح الزنك التي بدورها تؤدي الى تغير صبغة الكلوروفيل الى اللون الباهت .