الحفظ بالتخمير والتخليل

التخمير Fermentation عملية تحويل المواد السكرية الى مركبات عضوية بفعل انزيمات تنتجها احياء مجهرية وقد تؤدي الى فساد كميات كبيرة من المواد الغذائية وضياع مبالغ كبيرة سنويا تنتجه نمو بعض الاحياء المجهرية على المواد الغذائية ويمكن الاستفادة من عملية التخمر وجعلها نافعة في حفظ بعض الاغذية وتتوقف الفائدة الناجمة على هذه العملية على مدى التحكم في سير العملية التخمرية كأنتخاب الاحياء المجهرية الخاصة لاعطاء النتائج المرغوبة فقط فمثال ذلك التخمر الكحولي او التخمر الخليكي وكذلك التخمر اللاكتيكي يمكن الاستفادة منهما وتحويل الحاصلات الزراعية الى مواد صناعية وغذائية.

❖ انواع التخمرات :

1- التخمر الكحولي .Alcoholic Ferm :

يعتمد على تحويل المواد السكرية الموجودة في عصير الفواكه كالتفاح والعنب والتمر وغيرها الى كحول بفعل خميرة Saccharomyces وتحت تأثير انزيمات الزايميز Zymases في ظروف لاهوائية حيث تبدا الخميرة بتحويل السكر الى كحول اثيلي وثاني اوكسيد الكاربون وطاقة للاستفادة منها حيث يأخذ عصير سكري بتركيز 10-15% لانتاج الكحول كما في المعادلة التالية :

Saccharomyces cerevisiae

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow C_2H_5OH + 2CO_2 + \text{Kal.}$$

سكر كلوكوز — لاهوائية — كحول اثيلي — طاقة

ويمكن بواسطة هذه الطريقة انتاج الكحول النقي بعد اجراء عملية التقطير او انتاج المشروبات الكحولية بعد اضافة المواد المعطرة او المطيبة كما في صناعة البيرة .

ولغرض نجاح عملية التخمر الكحولي فيجب اولا بسترة العصير المستخدم وابعاد الاوكسجين بعد مراحل الانتاج لمنع تحول الكحول الى حامض وكذلك اضافة كمية مناسبة من الخميرة الى لاحواض التخمير وتعتمد سرعة تحول السكر الى كحول على درجة الحرارة ونوع الخميرة المستخدمة حيث تمثل درجة حرارة 25-30م مناسبة لذلك.

4

2- التخمير الخليكي .Acetic acid Ferm :

الخل Vingar وهو عبارة عن السائل الناتج من التخمر الكحولي والخلي للمادة النشوية او السكرية والذي يحتوي على 4غرام حامض الخليك CH_3COOH على الاقل لكل 100مل خل ويستخدم في صناعة الخل عادة الفاكهة غير المناسبة للاستهلاك الطازج وكذلك بقايا تصنيع الثمار من مخلفات التجفيف والتعليب للتفاح والكمثرى والخوخ وغيرها ويستعمل الخل كمادة حافظة للاغذية كالخضروات والفواكه والاغذية بأنواعها كما يستخدم في صناعة السلطات المختلفة ، الصاص، الكجب ، المايونيز وللاغراض الطبية .

❖ اساس انتاج الخل :

تدخل عملية انتاج الخل بمرحلتين حيث تسمى المرحلة الاولى بالتخمر الكحولي (كما مر ذكره) حيث يتحول السكر الى كحول اما بالمرحلة الثانية فأن الكحول المتكون يتحول الى حامض الخليك بفعل انزيمات بكتريا حامض الخليك ومن اهمها اجناس , Acetobacter Acetomonas وفق المعادلة الاتية :

Saccharomyces cerevisiae

$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH+2CO_2+ Kal.$

سكر كلوكوز — لاهوائية — كحول اثيلي

Acetobacter aceti

$2C_2H_5OH \longrightarrow 2CH3COOH+H2O$

كحول اثيلي — ظروف هوائية (O2) — حامض الخليك

وعند ملاحظة حسابات الانتاج فأن السكر يتحول الى كحول بنسبة 51% نظريا اما الكحول المتكون فيتحول الى حامض الخليك بنسبة 130% وهذا يعني الى ان السكر يتحول حامض الخليك بنسبة 66.6% من الناحية النظرية اما الناحية العملية فأنها تتاثر بعدة عوامل منها درجة الحرارة ، كفاءة الخميرة او البكتريا المستخدمة ، نسبة الاستخلاص والتصافي ، التبخر الذي يحصل في النواتج اضافة الى التلف الذي يحصل في المادة الاولية والنواتج حيث هنالك بعض الخمائر المتوحشة التي تعطي نتائج غير مرغوبة في التخمر واهمها الميكودرما Mycoderma والتوريلا Torulaحيث لهذه الخمائر في الظروف الهوائية القابلية على النمو والتكاثر على السطح العلوي للعصير اثناء تخمر السكر واكسدة الكحول وتحويلها مع الحامض الناتج الى ماء وغاز ثاني اوكسيد الكربون لذلك يجب التحكم في الظروف اللاهوائية لايقاف نشاطها ، اما ذبابة

الخل نوع دروسوفلا التي تنمو على سطح الخل فانها تؤدي الى تلف الخل وخاصة عند استخدام الطرق القديمة في الانتاج .

❖ طرق انتاج الخل :

بدأت صناعة الخل بطرق بدائية غير مسيطر على الظروف التي تتحكم بأنتاجه بل يترك للظروف الطبيعية وبدون استخدام مزارع نقية من الخميرة وبكتريا الخل ثم تطورت الظروف تدريجيا الى ان اصبحت طرق حديثة مسيطر عيلها في كل مراحل الانتاج ومن اهم الطرق المستخدمة هي :

أ- طريقة الاواني الخشبية القديمة .

ب- طريقة اورليانز الفرنسية .

ت- طريقة مولد الخل

ث- طريقة التخمير الغاطس.

3- التخمر اللاكتيكي Lactic acid fermentation :

يعتمد على تحويل المواد السكرية الموجودة بكميات قليلة في المادة الغذائية الى حامض اللاكتيك وذلك من خلال نوع معين من الاحياء المجهرية التي تستخدم لانتاج المخللات من الفواكه والخضروات ومن اهم المحاصيل المفيدة في هذا المجال هي اللهانة ، القرنابيط ، الباذنجان ، الفلفل، الخيار ، الشلغم ، والالمازة وغيرها حيث تعمل بكتريا Lactobacillus على تحويل المواد السكرية فيها الى حامض اللاكتيك.

بكتريا حامض اللاكتيك

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow CH_3CHOH\text{-}COOH$$

سكر كلوكوز ظروف هوائية حامض اللاكتيك

ان من اهم انواع البكتريا الموجودة على سطح الخضروات والمنتج للحامض هي بكتريـــــــا *Leuconostoc mesenteroides* التي تعمل اولا على انتاج حامض اللاكتيك من المواد السكرية وعند وصول نسبة الحمضة الى 1% يحد من نشاطها وتبدأ بكتريا *Lactobacillus plantarum* بأنتاج حامض اللاكتيك حتى الوصول الى نسبة 2% حيث تصبح الظروف غير ملائمة لنموها وبالتالي يبدأ نوع اخر هي بكتريا *Lactobacillus brevis* في انتاج الحامض حيث تصل نسبة الحموضة الى2.0- 2.5 % ويمكن معرفة درجة النضج الخضروات لانتاج المخللات وذلك بتغير اللون الاخضر المصفر ثم تغير في الطعم مع سهولة القطع.

تضاف كمية من الملح في عملية التخمر اللاكتيكي وذلك لغرض الحفظ حيث نسبة الملح تحدد او توقف نشاط انواع كثيرة من الاحياء المجهرية التي تقوم بتلف المحاصيل الغذائية وان نسبة 10% تحد من نشاط الاحياء المجهرية المضرة وعند اضافة الملح يكون التركيز في المحلول

خارج الخلايا اعلى من التركيز في داخل الخلايا فيعمل على سحب السكر والماء المذاب به المواد الموجودة في داخل الانسجة النباتية بما فيها السكر الى خارج الخلايا وتسمى هذه العملية بالبلزمة Plasmolysis وان التركيز الواطئ من الملح يعمل على نمو الاحياء المجهرية الضارة وخاصة المحللة للبكتين مما يعطي القوام الهش واللين الغير مرغوب بالمخللات وعند زيادة التحلل يؤدي الى التلف ان نسبة الملح المضافة تقل بعد الاسبوع الاول من الاضافة وذلك بسبب هملية التنافذ لذلك يجب مراعاة نسبة 10% اسبوعيا حتى لايحدث ضرر في المحاصيل الزراعية ومن اهم الاضرار التي تحدث في المخللات هي :

1- نمو عدد من الاعفان والخمائر الطبيعية على السطح مما يؤدي الى تحول حامض اللاكتيك الى مركبات اخرى وتغير الطعم والنكهة لذلك يضاف الزيت الى السطح الخاجي لمنع نمو الاعفان والخمائر ومنع وصول الاوكسجين .

2- تغيير في قوام وتنتهك الانسجة نتيجة تحلل الجدار الخلوي وقد يضاف كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ لغرض اعطاء القوام الصلب .

بعد اتمام عملية التخليل فأن الخضروات تستخرج من المحلول الملحي وتغسل بالماء لازالة الملح الزائد وتحفظ بالخل مع اضافة البهارات لغرض زيادة الرغبة وتحسين في النكهة والطعم.