وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الأنبار
كلية الزراعة

مبادئ الصناعات الغذائية

المرحلة الاولى

إعداد : م.م سارة ثامر هادي
قسم علوم الاغذية
كلية الزراعة / جامعة الأنبار

المحاضرة التاسعة

حفظ الأغذية بالتجفيف

- يعتبر التجفيف أحد طرق حفظ محاصيل الخضر والفاكهة لتوفيرها لمتطلبات الاستهلاك لفترات طويلة ، ويعتمد التجفيف على خفض محتوى الرطوبة بالأغذية إلى حد معين تحت ظروف محددة من درجة الحرارة والرطوبة خلال فترة معينة ، مما يؤدى إلى إبطاء أو منع النشاطات الميكروبية والتفاعلات الكيميائية التي تسبب فساد الأغذية وفقدها لعناصر جودتها ، وأيضا قيمتها الغذائية. وتعتمد طرق التجفيف المستخدمة في الخضر والفاكهة على استخدام الحرارة بطريقة ما حتى ينخفض المحتوى الرطوبي بالخضر إلى 4 - 6 % ، وبالفاكهة إلى 18 - 22 % نظرا لاحتوائها على نسبة أعلى من السكر المرتبط بجزء من الماء ، مما يقلل من كمية الماء الحر المتاح لنشاط الميكروبات ، كما تتعرض المواد المجففة أيضا للفساد تدريجيا أثناء التخزين ، وتتوقف سرعة الفساد على ظروف التخزين . هناك عوامل تساعد على نجاح عملية تجفيف الأغذية ؛ مثل ضبط درجة الحرارة ، وسرعة الهواء ، والرطوبة النسبية له ، مع التحكم في مدة التجفيف .

مميزات الأغذية المجففة مقارنة بالأغذية الطازجة :

انخفاض تكاليف التعبئة و النقل و التخزين ؛ بسبب انخفاض وزن المواد المجففة لإزالة جزء كبير من رطوبتها.

انخفاض تكاليف عملية التجفيف خاصة الطبيعية (الشمسية) مقارنة بطرق الحفظ الأخرى كالتجميد أو التعبئة ؛ لعدم الحاجة إلى خامات إضافية (سكر - صفيح).

قلة المساحة المطلوبة لتخزين المواد المجففة ، حيث إنها لا تحتاج لأكثر من مكان نظيف جاف خال من الحشرات و القوارض ، مقارنة مثلا بالأغذية المجمدة التي تحتاج إلى المكان و معدات التجميد ، مع التحكم في الحرارة و الرطوبة طول فترة التخزين ، و إلا تعرضت هذه المواد للتلف عند تعرضها للانصهار عند ارتفاع درجة الحرارة.

عيوب حفظ الأغذية عن طريق تجفيفها تتلخص في:

- تعرض بعض العناصر الغذائية و الفيتامينات (أ و ج والثيامين) و بعض مكونات الطعم و الرائحة - للفقد.
- حدوث بعض التغيرات في القوام و اللون ، خاصة المواد الغنية بالبروتين و السكريات نتيجة تفاعل الأحماض الأمنية و السكريات المختزلة ، و بالتالي تأثر صفات الجودة بصفة عامة.
- انخفاض فترة صلاحية الأغذية المجففة مقارنة بطرق الحفظ الأخرى ؛ لاستمرار حدوث التغيرات الكيمائية و بالتالي استمرار انخفاض جودتها تدريجياً.
- تحتاج إلى إعادة ترطيبها قبل استخدامها ، مما يطيل فترة عودتها للحالة الطازجة و تعرضها لنمو الأحياء الدقيقة عليها.
- الفرصة متاحة لتواجد بعض الأحياء الدقيقة التي لا تتأثر بعملية التجفيف.
-

أهم الطرق الشائعة في الأغذية (الخضر و الفاكهة) :

- **التجفيف الشمسي (التجفيف الطبيعي) :** من أقدم طرق حفظ الأغذية و لا يزال يستخدم حتى الآن في تجفيف العنب و المشمش ، حيث لا يحتاج إلا لوضع الثمار في الشمس على صواني و تركها لتجف . يحد نمو الكائنات الدقيقة و عدم ارتفاع درجة الحرارة بالدرجة الكافية من استخدام التجفيف الشمسي ؛ لا مكانية حدوث الفساد أو التلف و تعرض الثمار للأتربة و الحشرات و الطيور و القوارض ، و حدوث بعض التغيرات الكيميائية المؤثرة على اللون و النكهة ، و أيضا لاحتياجه إلى مساحة كبيرة يجب أن يتوافر فيها جو مستقر بعيد عن احتمالات سقوط الأمطار.
كما يؤدى التجفيف الشمسي إلى فقد كميات كبيرة من الفيتامينات (تصل إلى 50 % فى حالة الخوخ)، والتعرض للتلوث الميكروبي إلا في حالات خاصة (تجفيف التوابل والبصل والثوم) مع ضرورة توافر الخبرة لمن يقوم بهذه العملية.

- **التجفيف الصناعي :** (أ) التجفيف بالأنفاق :
في هذه الطريقة تستبدل حرارة الشمس بالهواء الساخن الجاف المندفع بسرعة كبيرة في اتجاهات مختلفة حول الغذاء المحمل على ألواح أو صواني ، خاصة ؛ أو على سير يتحرك داخل النفق و يتم التحكم في درجة حرارة الهواء و سرعته و كذلك رطوبته النسبية حسب متطلبات التجفيف الخاصة بكل منتج ، و تستغرق العملية حوالي 6 - 18 ساعة ، و زمن التجفيف القصير في هذه الحالة لا يعطي الفرصة لحدوث فقد كبير في القيمة الغذائية ، أو حدوث تفاعلات كيميائية ضارة النكهة أو القوام بالدرجة التي تحدث في حالة التجفيف الشمسي (لا يتعدى الفقد في فيتامين (ج) في الفاكهة عموما 10 % و كذلك الجزر يفقد أقل من 20 % من فيتامين (أ) ، و لكن عيوب التجفيف بهذه الطريقة هو حدوث كرمشه للمنتجات المجففة ، مما يؤدى إلى صعوبة في عملية الترطيب و تقل نسبة تشربها للماء ، و بالتالي لا تعود إلى نفس حالتها الطبيعية قبل التجفيف لتحطم الأنابيب الشعرية في الأنسجة أثناء عملية التجفيف.

- (ب) التجفيف بالرذاذ:

تستخدم هذه الطريقة في تجفيف الأغذية السائلة مثل اللبن و القهوة ، حيث ترش على هيئة رذاذ جنباً ً إلى جنب مع هواء ساخن ذي سرعة عالية ، و هى تستغرق ثواني قليلة ، مما يؤدى إلى قلة الفقد في العناصر الغذائية ، حيث يصل الفقد في فيتامين (ج) في هذه الحالة إلى حوالي 5 % فقط.

(ج) التجفيف بالاسطوانات:

(د) التجفيف بالتجفيد:

- هذه الطريقة أفضل طرق التجفيف في وقتنا الحالي حيث تقل التغيرات الكيميائية غير المرغوبة ، و كذلك الفقد في العناصر الغذائية إلى أقل درجة ممكنة نظراً لانخفاض درجة الحرارة المستخدمة (تصل نسبة الفقد في فيتامين (ج) في الفاكهة إلى أقل من 1 % . كما أن التجفيف بهذه الطريقة يمنع الكرمشه التي يتعرض لها الغذاء في حالة التجفيف بالأنفاق ، مما يجعل إعادة الترطيب عند الطبخ أو الاستهلاك أسهل كثيراً ، و يعطى منتجات ذات جودة عالية، وهذه الطريقة غير شائعة الاستخدام نظراً لتكلفتها العالية.

- (هـ) التجفيف باستخدام الطبخ بالحرارة تحت ضغط.

- استخدام درجات الحرارة المرتفعة

- (التعليب) :

- تستخدم الحرارة في حفظ الأغذية لفترات قصيرة او طويلة ويعتمد ذلك على نوع الغذاء والغرض من تلك المعاملة فمثلاً الحليب لا يتحمل التعرض للحرارة العالية ولفترة طويلة بسبب تغير طعمه ولونه بينما يينما يمكن تعريض الذرة والفاصوليا مثلاً الى درجات حرارة عالية دون التأثير على الطعم اذ ان التعرض لحرارة عالية يقضي على نسبة مكروبات اكبر ولكن يراعى في ذلك الجوانب السلبية الأخرى التي قد تحدث للغذاء فتتبع طرق أخرى لحفظه .

أنواع الحرارة المستخدمة :

- 1- البسترة : وهي عملية تعقيم جزئي للمواد الغذائية الكيمياوية ويقضى بهذه المعاملة على اغلب المكروبات التي تسبب فساد الأغذية بضمنها المكروبات بضمنها المكروبات المرضية وتكون باستخدام الماء الحار او بخار الماء أو الهواء الجاف بحيث تكون درجة الحرارة اقل من 100 درجة مئوية .
- 2- تسخين الأغذية باستخدام درجات الغليان : تستخدم لتعقيم الأغذية المعلبة الحامضية والمتوسطة الحموضة وهذه المعاملة تقضي على كافة المكروبات عدا سبورات بعض أنواع البكتريا المقاومة للحرارة .

- 3- استخدام درجة الحرارة فوق الغليان : أكثر من 100 درجة مئوية وتستخدم أجهزة مزودة بالضغط البخاري فترتفع فيها درجة الحرارة أكثر من 100 درجة مئوية حسب الضغط المسلط (العلاقة طردية) مثل قدر الضغط المنزلي وقدر التعقيم يقضى بهذه المعاملة على مكروبات التلف السبورية وتغلق العلب غلقاً محكماً لعزلها عن الهواء ثم تبرد العلب مباشرة خوفاً من تكاثر البكتريا المحبة للحرارة والتي لم يتم القضاء عليها أثناء التعقيم .
-

العوامل التي تؤثر على نفاذية الحرارة الى الأغذية :

- 1- المادة التي تصنع منها العلب .
- 2- حجم وشكل العلبة .
- 3- درجة حرارة الغذاء الابتدائية ودرجة حرارة جهاز التعقيم .
- 4- تجانس الغذاء داخل العلبة .
- 5- تحريك وتقليب العلب أثناء التعقيم .

طرق حفظ الاغذية:

- الفرو قات المتوقعة بين الفواكه والخضراوات من حيث استخدام درجة التعقيم :
- 1- الفواكه ذات PH واطئ فلا تحتاج الى معاملة حرارية عالية .
- 2- طبيعة نمو بعيدة عن سطح التربة عكس الخضروات .
- 3- الفواكه تحوي نسبة عالية من السكر لذا تختلف المعاملة الحرارية لتعقيمها .
-

تقسم الأغذية المعلبة حسب المتطلبات الحرارية لها :

- 1- الأغذية القليلة الحموضة : يكون تركيز ايون الهيدروجين فيها (PH 5.3 فما فوق) وتشمل هذه المجموعة البزاليا ، الذرة ، الباقلاء ، اللحوم والأسماك .
- 2- الأغذية المتوسطة الحموضة : يكون تركيز ايون الهيدروجين فيها(PH 4.5 - 5.3) وتشمل السبانخ ، الشوندر والقرع .
- 3- الأغذية الحامضية : يكون تركيز ايون الهيدروجين فيها (PH 3.7- 4.5) كالطماطم
- 4- الأغذية العالية الحموضة يكون تركيز ايون الهيدروجين فيها (PH 3.7 فما دون).

- بعد الانتهاء من تجهيز الأغذية الخام فإن عملية التعليب نفسها تشتمل على خمس عمليات أساسية هي:
- 1- التعبئة 2- التسخين الابتدائي 3- قفل العلب 4- المعالجة الحرارية 5- التبريد.
-
- عملية التعليب تحفظ الأغذية عن طريق تسخين الغذاء بعد وضعه في وعاء مُحَكم القفل ، ويقوم المشرفون بالتَّأكد من أنه قد تم تنظيف الغذاء وإعداده جيدًا قبل التعليب.

التعبئة

- تقوم الآلات حاليًا بتعبئة العلب بسرعة قد تصل إلى 1,200 عبوةٍ في الدقيقة، إلا أنه في بعض الأحيان تتم التعبئة يدويًا. وتتمُّ تعبئة المادة الخام في عُلب من المعدن أو الزجاج. ولا يتم ملء العلب بالكامل وإنما يُترَك جزءٌ فارغ داخل العلبة يسمى الفراغ الرأسي ويلزم التحكم في حجمه بدقة - فإذا كان الفراغ الرأسي صغيرًا فإن العلب تنتفخ أثناء المعاملة الحرارية. أما إذا كان الفراغ الرأسي كبيرًا فإن هذا يؤدي إلى نقص وزن الغذاء في العبوة كما يقلل من فترة الحفظ.

- التسخين الابتدائي

- يشمل إزالة الهواء الموجود في الفراغ الرأسي لتكوين فراغ جُزئي في العبوة. ويقوم التسخين الابتدائي بتقليل نمو البكتيريا في العلبة حيث إنّ معظم أنواع البكتيريا لا تنمو في عدم وجود أكسجين. وكذلك فإن التسخين الابتدائي يمنع انتفاخ العلب أثناء التسخين.

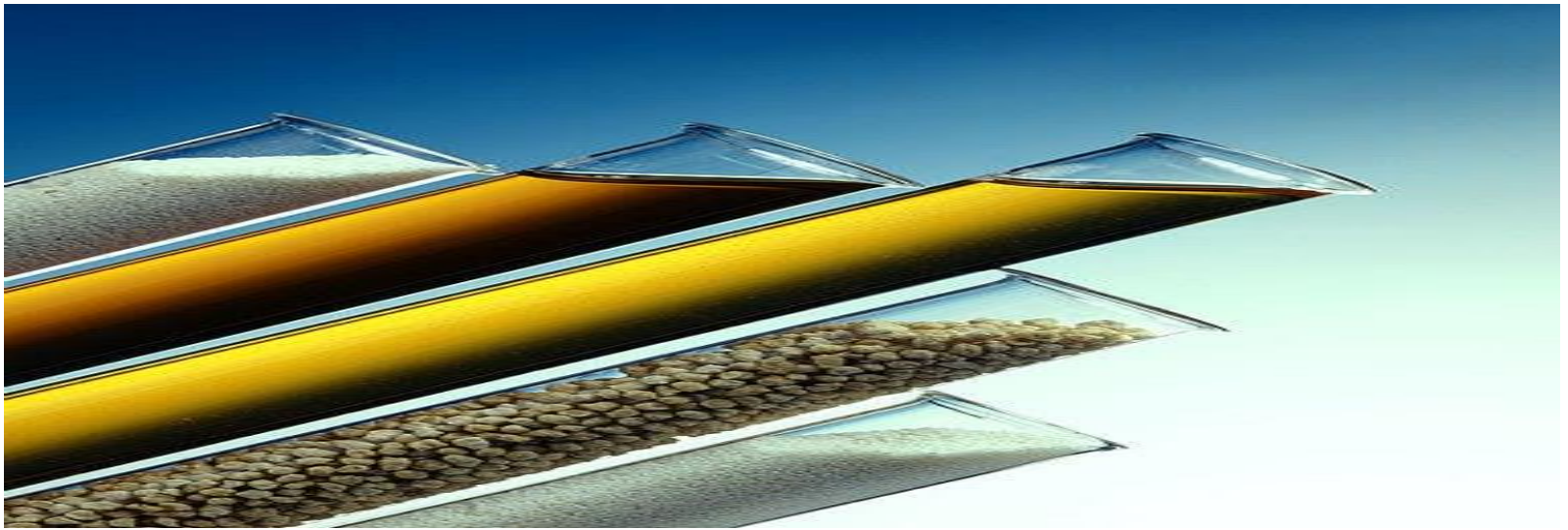
- ـقَفْل العلب

- تقوم آلات خاصة بقفل عدة مئات من علب الصفيح في الدقيقة الواحدة، أما الآنية الزجاجية فيتم قفلها بسرعة أقل من ذلك. والعبوة بعد قفلها تكون مُحكمة القَفل ومعزولة عن الوسط الخارجي ولا تسمح بتسرُّب الغازات.

- المعالجة الحرارية

- في هذه المرحلة، يتم تسخين العبوات إلى درجة حرارة محددة ومحكومة بمدة زمنية محددة. ودرجة الحرارة المستخدمة ومدة التسخين تختلفان كثيرًا حسب المادة الغذائية المراد حفظها بالتعليب، وكذلك حسب حجم العبوة. وفي هذه العملية، يتم قتلُ وإبادة الكائنات الحية الدقيقة التي قد تُسَبِّب فسادًا للأغذية. ويتم تسخين العبوات في وحدات تسخين خاصة تسمى معقِّمات.

الحفظ بالمضافات الحافظة



- المضاف الغذائي أو المضاف الطعامي : هي أي مادة تضاف إلى الغذاء أو المشروبات وتعمل على تغيير أي من صفاته، أوهي جميع المواد التي ليست من المكونات الطبيعية للأغذية وتضاف إليها قصداً في أي مرحلة من إنتاجها إلى استهلاكها، وتضاف بغرض تحسين الحفظ أو الصفات الحسية أو الطبيعية أو الحد من تعريض المستهلك للتسمم وغيره من الأضرار الصحية نتيجة الحفظ غير الجيد للغذاء.. إلخ

اعداد الأغذية للتجميد:

- فهي مواد تضاف إلى الاطعمة لكى تحافظ على نكهتها، أو لتحسن مذاقها أو مظهرها، وبعض هذه الاضافات تستخدم منذ أزمنة بعيدة لحفظ الطعام مثل التخليل (باستخدام الخل) والتمليح أو عن طريق استخدام مواد مثل ثاني أكسيد الكبريت.

- وتعتمد حالياً نظام الترقيم الدولي INS حسب ما قررته هيئة الدستور الغذائي (الدولي) فنلاحظ أن المضافات الغذائية يشار إليها بالأرقام المرمزة التي توجد على غلاف الأغذية والأدوية، وتدل على مواد مضافة (ملونات، مطعمات، مثبتات،..) فنجد أن المواد المضافة للأغذية يرمز لها أحياناً بـ (E) وبجانبه رقم (مثلاً E100)

الخضروات المجمدة:

- أنواع المضافات الغذائية

- المواد الحافظة: تعمل هذه المواد على حفظ الطعام لفترات أطول دون تلف ومن الأمثلة التقليدية لهذه المواد : السكر والملح (ملح الطعام) والخل، كما أن لبعض المواد القدرة على منع أو تثبيط نشاط ونمو البكتريا، وتضاف هذه المواد بكميات قليلة للغذاء وتعتمد في إضافتها إلى نوعية الطعام وطريقة صنعه كذلك على الميكروب الذي يحدث التلف.ويرمز لها ب E200-299.

- مضادات الأكسدة: تعمل هذه المواد على منع أو تأخير فترة التغيرات الكيميائية التي تحدث نتيجة تفاعل الأكسجين مع الزيوت أو الدهون وكذلك الفيتامينات الذائبة في الدهون والتي تؤدي إلى التزنخ. والتزنخ يفسد الغذاء ويجعله مضرا بصحة الإنسان، كما أن مضادات الأكسدة تمنع أكسدة الفاكهة المجمدة. ويرمز لمضادات الأكسدة بالرمز (E) تتبعه الأرقام من 300 إلى 399.

- المواد المبيضة والمساعدة على النضج: فالدقيق (الطحين) – مثلاً- يميل لونه إلى الصفرة، ومع طول مدة التخزين ينضج الطحين، ويتحول ببطء إلى اللون الأبيض. ولبعض المواد الكيميائية خاصية زيادة سرعة التبييض والمساعدة على النضج في وقت أقل مما يوفر نفقات التخزين، ويجنب كذلك المخزون من خطورة الإصابة بالحشرات الضارة والقوارض، كما تضاف هذه المواد إلى العجائن للغرض نفسه.

- المواد الحمضية والقلويات والمحاليل المنظمة: تعتبر درجة الحموضة على قدر من الأهمية في صناعة وإعداد الكثير من الأطعمة فالأس الهيدروجيني (pH) قد يؤثر على لون الغذاء أو قوامه أو رائحته، ولذلك فان المحافظة على درجة الحموضة ضرورية في إنتاج بعض هذه الأغذية.

- عوامل الاستحلاب والرغوة والمواد المثبتة والمغلطة للقوام: إن عوامل الاستحلاب تعمل على مزج مواد لا يمكن مزجها معاً؛ مثل الزيت والماء، وتمنع المواد المثبتة فصل أحدهما عن الآخر مرة أخرى، أما المواد التي تساعد على الرغوة فتعمل على مزج الغازات مع السوائل كما في المشروبات الغازية، كذلك فان المواد المغلظة للقوام التي تستعمل في صنع الكيك والحلويات والآيس كريم تزيد من الحجم وتحسن القوام والمظهر، ويرمز لها بالرمز (E) تتبعه الأرقام من 400 إلى 499.

- المواد الملونة: تستعمل هذه المواد الملونة الطبيعية منها أو المصنعة بكثرة في صناعة الغذاء، فعندما يختفي اللون الطبيعي للمنتج الغذائي أثناء التحضير فان مصانع الأغذية تضيف مادة ملونة، وغالبا ما تكون هذه المادة طبيعية، والمواد الملونة تجعل الطعام أكثر جاذبية وتزيد من إقبال المستهلك عليه، إما بالنسبة لأغذية الأطفال فالمجاز استخدامه من هذه المواد الملونة ثلاثة أنواع مصادرها جميعاً من الفيتامينات. ويرمز لها ب :E100-199.

- المواد المحلية: المواد المحلية: تضاف مواد التحلية الاصطناعية كالسكارين والأسبرتام بكثرة كبدائل للسكر العادي لامتيازها بانخفاض السعرات الحرارية وعدم تأثيرها على تسوس الأسنان.
-

- استعمالات المضافات الغذائية

- قد تستعمل مضافات الأغذية في إحدى مراحل نمو النبات بحيث يتم امتصاصها عن طريق الجذور، أو قد تضاف أثناء الحصاد، أو التعليب، أو التصنيع، أو التخزين، أو أثناء التسويق لغرض تحسين نوعية الغذاء، أو زيادة قبول استهلاكه.

:

- 1. التحسين أو المحافظة على القيمة الغذائية: تضاف بعض الفيتامينات أو الأملاح المعدنية، وذلك لزيادة القيمة الغذائية كإضافة بعض مركبات فيتامين (ب) المركب إلى الخبز والدقيق (الطحين)، وفيتامين (د) إلى الحليب، وفيتامين (أ) إلى بعض أنواع الزبد، واليود إلى ملح الطعام.
-
- 2. تحسين النوعية وزيادة إقبال المستهلك عليها: المواد الملونة، والمثبتة، وعوامل الاستحلاب، والمواد المبيضة، والمعطرة تمنح الطعام مظهراً جذاباً، وقواماً مناسباً، ورائحة مقبولة، وكل هذا يساعد على زيادة الإقبال على الأطعمة.

التعقيم Sterilization

- 3.تقليل التلف وتحسين نوعية الحفظ: قد ينتج التلف من تلوث ميكروبي، أو تفاعل كيميائي، لذا فإن إضافة مواد مضادة للتعفن كبروبينات الصوديوم للخبز، أو إضافة حمض السوربيك إلى الجبن، يمنع نمو الفطريات عليها، وكذلك الحال بالنسبة لإضافة المواد المضادة للتأكسد إذ تمنع تأكسد وتزنخ الزيوت والدهون، كما تمنع تأكسد بعض الفيتامينات الذائبة في الدهون، وكذلك الأحماض الدهنية الأساسية.

- 4. تسهيل تحضير الغذاء: قد تضاف مواد مثل بعض الأحماض أو القلويات أو المحاليل المنظمة بهدف المحافظة على وسط حمضي أو قلوي مناسب، وكذلك عوامل الاستحلاب التي تعمل على مزج الدهون مع الماء، كما في المستحلبات مثل المايونيز، والمواد التي تساعد على تكوين الرغوة مثل الكريمات التي توضع على الكيك، والمواد المثبتة والمغلطة للقوام التي تساعد في صناعة الآيس كريم.

- 5. خفض سعر الأطعمة: حيث أن حفظ المواد الغذائية بكميات كبيرة لفترة طويلة دون تلف يؤدي إلى انخفاض سعرها.
- 6. تنوع الأطعمة: حيث أن حفظ الأغذية مدة أطول يؤدي إلى ظهورها حتى في غير موسمها كالخضراوات والفواكة.

التخمر fermentation:

- كانت كلمة " تخمر" تشير في بداية استعمالها الى التفاعلات الكيميائية التي يتكون فيها غاز على سطح وسط النمو و الذي ينشأ نتيجة ذلك كمية من الفقاعات الهوائية . يشمل كل التفاعلات الكيمياوية المصاحبة للاكسدة والاختزال والتي تقوم بها الاحياء المجهرية او الانزيمات المايكروبية والتي تكون فيها المركبات العضوية اما واهبة او مستقبلة لايونات الهيدروجين . والمركبات المستقبلة لايونات الهيدروجين هي التي ستتراكم لتكون نواتج التخمر . ويمكن الاستفادة من نواتج التخمر هذه في تشخيص وتصنيف البكتريا ومثال على ذلك تصنيف سلالات جنس Lactobacillus حيث يمكن تشخيص الانواع التابعة لها او تقسيمها الى مجموعتين هما:-

- Homo fermentation lactobacilli :- والتي تستخدم في انتاج حامض اللاكتيك من تخمر الكلوكوز وبنسب عالية قد تصل في بعض السلالات الى 100%

- Hetero fermentation lactobacilli :- تنتج هذه الانواع عدة انواع من النواتج الثانوية مثل الايثانول والكليسرول وحامض الخليك وغاز CO2 بالاضافة الى حامض اللاكتيك ,

- Lactic acid
- وكما ذكر انفا فان كلمة التخمر استخدمت سابقا للاشارة الى هذه التفاعلات اللاهوائية, لكنها الان في الصناعات التخمرية فان استخدام كلمة تخمر

- تخمر الإيثانول Ethanol fermentation والذي تنفذه الخميرة وأنواعٍ أخرى من البكتريا على تكسيرالكلوكوز إلى الإيثانول وثاني أكسيد الكربون. وهو يلعبُ دوراهاما في صناعة الخبز، تخمر المعجنات ، وكذلك في صناعة الخل. وغالباً ما يُفضل واحداً من المنتجات؛ فعلى سبيل المثال في صناعة الخبز، يستخرج الكحول من الخبز، وفي إنتاج الكحول، ينطلق ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي المحيط أو يُسْتَخْدَم لكربنة المشروبات المنعشة. وعندما يكون للبكتين تركيزاً عالياً في المخمر، يتم إنتاج كمياتٍ صغيرةٍ من الميثانول. و تلخص المعادلة الكيميائية التالية عملية تخمر الكلوكوز. حيث يتحول جزيء واحد من الكلوكوز إلى جزيئين من الإيثانول وجزيئين آخرين من ثاني أوكسيد الكربون:

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

- عملية تخمر حامض اللاكتيك باستخدام الكلوكوز، حيث يتحول جزيء واحد فقط للكلوكوز، في عملية التخمر اللبني الصرف، إلى جزيء واحد فقط من حامض اللاكتيك و جزيء واحد فقط من الإيثانول، وجزيء واحد آخر من ثاني أكسيد الكربون، كما يلي:

- $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow CH_3CHOHCOOH + C_2H_5OH + CO_2$

شكرا لحسن الاصغاء