

الفصل الرابع

التكنولوجيا الحيوية للمواد الغذائية والمشروبات

يعتبر إنتاج المواد الغذائية من أكبر الصناعات انتشاراً في العالم، وقد يصل الإنفاق على الطعام من ٢٠ إلى ٣٠٪ على الأقل من ميزانية الأسرة، وقد يزيد عن ذلك أحياناً. لقد تطورت الصناعات الغذائية من خلال جرفٍ متخصصة مثل أعمال الجزارة، وتجهيز الخبز، وصناعة الحلويات إلى مؤسسات وطنية وأخرى متعددة الجنسيات متخصصة في تصنيع وتوزيع المواد الغذائية على مستوى واسع. ومع التطور في وسائل النقل أصبحت المواد الغذائية موجودة على المستوى الدولي، وقد أتاح التحسن في طرق حفظ المواد الغذائية فرصة الحصول على أنواع معينة من الغذاء في غير موسمها. إن الدور الحقيقي الذي من المفروض أن تقوم به الصناعات الغذائية في الوقت الحاضر هو تزويد المجتمع بالمواد الغذائية الصحية عالية الجودة على مدار العام وفي أي بقعة من العالم مهما كانت بعيدة عن مكان الإنتاج الرئيسي.

إن أصل السلسلة الغذائية يكمن في عملية الإنتاج الزراعي وذلك بزراعة البذور وتربية الحيوانات، وتنتهي السلسلة بانتفاع المستهلك بالمنتجات الغذائية. ويحتاج جزء من الفواكه والخضراوات، ومعظم المواد الغذائية الخام مثل الحبوب واللحوم لبعض المعالجات. إن الصناعة المتعلقة بالمعالجة الغذائية تمثل حلقة الربط بين منتجات المزرعة والمستهلك. فعن طريق العمليات الصناعية يتم تحويل المنتجات الزراعية الخام القابلة للتلف إلى مواد غذائية ومشروبات ملائمة لذيفة المذاق، وتبقى فترة طويلة في الظروف العادية دون فساد.

وتختص التكنولوجيا الحيوية الغذائية بدمج كل من المعلومات البيولوجية الحديثة والتقنيات ومبادئ الهندسة الحيوية المتداولة في معالجة وحفظ المواد

الغذائية. وسيؤدي ذلك إلى الارتقاء بالأسس العلمية والتكنولوجية للمعالجات الصناعية الغذائية وحفظ الأطعمة عما هو الحال في الصناعات التكنولوجية الحيوية المتقدمة الأخرى مثل إنتاج المضادات الحيوية. وفي العقود القادمة سنشاهد مزيدا من الجهد لدمج إنتاج المواد الزراعية ومعالجة هذه المواد وتحويلها إلى أطعمة وفوائد أخرى لاحقة.

والعقبة هي التعرف على كفاءة تقنيات التكنولوجيا الحيوية لتفى بالمطلوبات الغذائية لمجتمع اليوم في كل من الشعوب المتقدمة والنامية. وتشمل تكنولوجيا الغذاء مجموعة كبيرة من الاختبارات وذلك لتحسين النوعية، القيمة الغذائية، السلامة وحفظ الأطعمة. وبكل وضوح لن يؤدي التقدم في مجال واحد من مجالات الـ (ت.ح) إلى حدوث تغيير كامل في الصناعات الغذائية، حيث إن الاقتصاد، وقبول الزبون والعقبات المنظمة غير العلمية سيكون لها التأثير الأكبر على مجال وانتشار تطبيقات الـ (ت.ح) الغذائية. وسيكون للتقنيات الحديثة الخاصة بالـ (ت.ح) أهمية كبيرة في التأثير على سوق المواد الغذائية من نواح عديدة مثل: التكلفة، حفظ الطعام، الطعم (المذاق)، التماسك (الثبات)، اللون، السلامة، وفوق كل ذلك النواحي الصحية.

وتختلف صناعة الأغذية والمشروبات اختلافا كبيرا عن صناعة المستحضرات الصيدلانية، فمنتجاتها ثمينة ويلعب التسويق الدور الرئيسي في تحريك هذه المنتجات وليس نوع التكنولوجيا المستخدمة. إن البحث والتنمية لعظم الصناعات الغذائية والمشروبات عادة ما يكون أقل من ١٪ من المبيعات، ويُكَيَّف وفقا للعملية، وينعم ببراءة اختراع أقل حماية. وحيث إن معظم المنتجات الغذائية والمشروبات تكون ذات أحجام كبيرة، فإن البحث عن التسويق أصبح أمرا محتوما وأكثر أهمية عن البحث الأساسي. وبعض المنتجات مثل: الأحماض العضوية، الأحماض الأمينية، والمواد الصمغية التي ازداد استخدامها في الوقت الحاضر في الصناعات الغذائية والمشروبات ما زالت أسعارها في المدى المتوسط، في حين أن قليلا من المنتجات عالية السعر سيكون لها مستقبل باهر (مثل: الحلييات والمُنكّهات).

وتضم صناعات الأغذية والمشروبات عددا كبيرا من العاملين، كما أنها متنوعة بدرجة كبيرة فهناك المنتجون الصغار والآخرين العمالقة متعددى الجنسيات. ويمكن توقع تأثير الـ (ت.ح) على صناعات الأغذية والمشروبات من خلال الاتجاهين الآتيين:

١ - الاتجاه الزراعى: ويشمل زيادة المحصول النباتى والإنتاجية الحيوانية، والتوسع فى المراعى ومشاريع التسمين التى سيستفيد منها المزارعون بدرجة كبيرة.

٢ - الاتجاه غير الزراعى: ويشمل النباتات المُحسَّنة وكذلك الكائنات الدقيقة لإمداد مُنتجى المواد الغذائية وبائعى التجزئة والمستهلكين بالفوائد الممكنة. كما أن التحسينات الجديدة فى الهندسة الكيموحيوية يمكن أن تكون مفيدة فى الصناعات التى تستخدم طرقا: ميكانيكية (مثل: الطحن)، طبيعية (مثل: فصل الأغشية، الطبخ)، كيميائية (مثل: التحلل بالماء، التمليح).

تخمير الغذاء والمشروبات

للأغذية والمشروبات المتخمرة دور مهم فى جميع المجتمعات، وينتج ذلك عن تأثير الكائنات الدقيقة والإنزيمات على مجموعة كبيرة من المواد الزراعية، حيث تُحدث هذه الكائنات والإنزيمات تغيرات كيموحيوية مرغوباً فيها والتى تؤدى إلى تحسين المنتج النهائى. ونتيجة لعملية التخمير فإن المنتج عادة ما يكون مغذياً وأكثر قابلية للهضم، وذا نكهة مُحسَّنة، وأكثر أماناً من الناحية السمية والميكروبية.

وتكون الأغذية والمشروبات المتخمرة المُنتجة من مواد نباتية وحيوانية مقبولة وتعتبر جزءاً ضرورياً من الطعام فى معظم أجزاء العالم، وتضم تنوعاً كبيراً من المواد الخام التى تستخدم كمواد خاضعة لفعل الإنزيمات، وباستخدام التكنولوجيا بدءاً من التكنولوجيا الأشد بدائية حتى الأكثر تقدماً يمكن إتمام مجموعة مذهلة من

التغيرات التي تضاف على المنتجات النهائية صفات جذابة ومرغوبة. وتشمل الأغذية المخمرة: الخبز، الجبن، الزبادى، الكرنب المخمر، صلصة فول الصويا، فطر عيش الغراب.. إلخ، أما المشروبات المخمرة فتشمل البيرة، النبيذ، الساكى (شراب كحولى يابانى يصنع من الأرز المخمر ويقدم عادة وهو حار). البراندى، الويسكى، والشاي غير الكحولى، القهوة والكاكاو - انظر الجدول رقم (٩).

جدول رقم (٩): بعض المشروبات التقليدية المعالجة، والأغذية.

والمواد التكميلية المنتجة بطرق تكنولوجية حيوية.

المشروبات الكحولية:			
البيرة، النبيذ، الكحوليات الأخرى			
الأغذية والمواد التكميلية:			
الجبن	الكرنب المخمر	الإنزيمات	فيتامينات
الخبز	صلصة فول الصويا	المنكهات	بوليمرات حيوية
الخل	المخللات (الطرشى)	الأحماض العضوية	مُحَلِّيات
الزبادى		الأحماض الأمينية	عيش الغراب

وعلى الرغم من أن معظم هذه العمليات التخمرية يمكن إنجازها على مستوى القرية أو اعتبارها ضمن الأعمال المنزلية. إلا أن عمليات أخرى قد تمت على مستوى تجارى كبير وأصبح لها دور مهم فى الاقتصاد القومى. وتصنف جميع هذه العمليات التخمرية على أنها عمليات أهلية أو بلدية. وطنية بالنسبة للوطن أو الثقافة. وأغلب هذه العمليات ضاربة فى القدم، لذلك فالجذور البعيدة للتكنولوجيا الحيوية العصرية موجودة فى هذه العمليات التخمرية التقليدية. والسؤال الذى لا يمكن الإجابة عليه تماما هو كيف بدأت هذه العمليات التخمرية؟

إن للمُناخ والمواد الخام المتاحة تأثيراً على أنواع العمليات التخمرية للأغذية والمشروبات والتي تمت في مناطق جغرافية مختلفة، وهذه المنتجات تواصل في تشكيل جزء ثابت للخلفية الثقافية للحضارات. ويجب أن نتذكر أن كثيراً من سكان العالم نباتيون، ليس هذا بالاختيار. ولكن قد يكون لأسباب اقتصادية في المقام الأول. وعلى الرغم من أن السبب المهم لنشأة هذه العمليات التخمرية كان لحفظ المكونات العضوية الأساسية من التلف، إلا أن التغيرات الناتجة تعتبر مساوية بل أكثر أهمية ومنها التغيير في الصفات الطبيعية والقيمة الغذائية للمواد البادئة الرقيقة نسبياً مُعطية منتجات ذات نكهة قوية، غنية بالفيتامينات، وفي بعض المنتجات النباتية يمكن الحصول على نسيج ونكهة شبيهة باللحم. والقيمة الغذائية لهذه المنتجات المتخمرة، خاصة بالنسبة لسكان العالم النامي، تكون نفيسة جداً ولا تُقدر بثمن، وتشتد ممارسات التخمر الحديثة (مثل: تخمير الجعة وصناعة الجبن) الرقابة الشديدة، الفحص المستمر، ثبات العملية الإنتاجية، وفوق كل ذلك، ضمان سلامة المُنتَج.

وبالنسبة لمعظم هذه العمليات التخمرية فإن الطرق التي استخدمت فيها كانت عن جهل بالدور الذي تقوم به الكائنات الدقيقة. وكان الحرفيون المهرة الأصليون يتحكمون في النشاط الميكروبي ويوجهونه بوسائل تجريبية بحتة (أي معتمدين على التجربة العملية وحدها دون اعتبار للعلم أو النظريات). ورغم ذلك فكانوا يحققون منتجات نهائية متينة متماسكة. وقد أنتج المصريون، والسوماريون، والبابليون مشروبات كحولية من الشعير، وخبز نبات «الجاودار» أو الشيلم موجود في أوروبا من ٨٠٠ سنة قبل الميلاد، ونبات الشيلم له سنابل تشبه سنابل القمح تقريباً، وقد وُجدت وصفات لمنتجات ألبان متخمرة في المخطوطات الهندية القديمة والأعمال المسيحية. ولم يتم التعرف على الطبيعة الميكروبية للعمليات التخمرية إلا منذ فترة حديثة نسبياً، وكان لبعض العمليات صفات ميكروبية بسيطة، والبعض الآخر كان معقداً بدرجة كبيرة. ويمكن تقسيم الأغذية المخمرة إلى تسع مجموعات هي: المشروبات، منتجات الحبوب، منتجات الألبان، منتجات

الأسماك، منتجات الفواكه والخضراوات، البقول، منتجات اللحوم، منتجات المحاصيل النشوية، ومنتجات أخرى متنوعة. ويوضح الجدول رقم (١٠) الأهمية النسبية لهذه العمليات التخمرية في المناطق الجغرافية المختلفة.

جدول رقم (١٠): إنتاج مجموعات من الأغذية المخمرة طبقاً للمنطقة الجغرافية^(٥).

الأهمية		المنطقة	معدل الإنتاج العالمي
صغرى	كبيرة		
بقول، محاصيل نشوية	منتجات ألبان،	أوروبا	مرتفع
سمك، بقول، محاصيل نشوية	مشروبات، حبوب، لحوم	أمريكا الشمالية	
منتجات ألبان	مشروبات، ألبان، لحوم محاصيل نشوية، حبوب، مشروبات	جنوب أفريقيا	
بقول	مشروبات، منتجات ألبان	أمريكا الجنوبية	متوسط
بقول، لحوم	منتجات ألبان	الشرق الأوسط	
لحوم	حبوب، بقول	شبه القارة الهندية	
منتجات ألبان	سمك، بقول	شرق آسيا	
منتجات ألبان	سمك، بقول	جنوب شرق آسيا	
بقول	منتجات ألبان	شمال أفريقيا	منخفض

(٥) عن «كامبل بلات» ١٩٨٩.

وتمثل هذه المنتجات التخمرية القطاع المادى (المالى) الأكبر لجميع التكنولوجيات الحيوية، كما أنها تعتبر مظهرا مهما للإنتاج القومى الضخم للشعوب المتقدمة. وحوالى ٩٠٪ للدخل الإجمالى من التكنولوجيا الحيوية يأتى من قطاعات المواد الغذائية والمشروبات.

المشروبات الكحولية

توجد المشروبات الكحولية فى كل مكان من العالم بأشكال ومذاقات متنوعة. ولفظ «توجد» لا يعنى أنها تُصنَّع من قبل مؤسسات حكومية متخصصة. فالدول الإسلامية تمنع المشروبات الكحولية بكافة صورها، وهذه مسألة دينية للجميع على دراية بها، والنص القرآنى والأحاديث النبوية واضحة فى هذا الشأن.

إن أنواع المشروبات التى تُنتج فى منطقة معينة أو قطر معين تدل على أنواع المحاصيل التى تنمو فى هذه المناطق، لذلك فإن المناطق الباردة من أوروبا والدول الاسكندنافية، بولندا، وروسيا تنتج البيرة بأنواعها وتستهلكها، ويتم الإنتاج من نبات الشعير، بينما المناطق الجنوبية ذات المناخ الدافئ نسبيا كما هو الحال فى أسبانيا، اليونان، إيطاليا وفرنسا تنتج وتستهلك كميات عالية من النبيذ المستخرج من العنب. وتمثل صناعة المشروبات الكحولية والكحوليات الصالحة للشرب فى كثير من الدول إحدى القطاعات الراسخة اقتصاديا فى التجارة الحالية. إن المتطلبات الاقتصادية والحاجة لزيادة الكفاءات التحويلية والإنتاجية تعتبر قوى دافعة للبحث عن تكنولوجيات جديدة ومطورة. والموضوع الرئيسى هو إنتاج كمية مضبوطة من الكحول فى السائل ليتم جمعها بعد حدوث التخمر.

وعادة ما تشمل المادة البادئة إما على مواد سكرية (مثل: عصير الفاكهة، سائل نباتى، عسل) وإما على مواد نشوية (مثل: الحبوب أو الجذور) والتى تحتاج إلى أن تتحلل بالماء إلى سكريات بسيطة قبل عملية التخمر. وعندما تُحضَّن هذه المواد (الأوساط الإنزيمية أو المواد الخاضعة لتأثير الإنزيمات) مع كائنات دقيقة مناسبة ويُسمح بالتخمر، فإن المنتج النهائى يكون عبارة عن سائل يحتوى

على كحول بنسبة مئوية قد تصل إلى ١٦٪ أو أكثر، وتركيز أيونه الهيدروجيني يكون حامضاً، ومستنزفاً من المواد الغذائية للكائنات الدقيقة التي تلوثه، وهذه العوامل مجتمعة تضيء على المنتج درجة معينة من الثبات البيولوجى والسلامة. ويمكن تناول المشروبات الكحولية فى صورة طازجة إلا أنه يفضل تخزينها لفترة أو «تعتيقها» لأن ذلك يُحسّن من خواصها. وبإجراء عملية تقطير لهذه المنتجات الكحولية فإن ذلك يرفع من تركيز الكحول بها، وتنتج مشروبات كحولية بأنواع متعددة مثل: الويسكى، البراندى، الفودكا، الجن (مُسكر قوى)، الرّم (شراب مسكر) والتي تحتوى ما بين ٤٠٪، ٥٠٪ كحول إيثيلى - انظر الجدول رقم (١١).

جدول رقم (١١): إنتاج الكحولات الصالحة للشرب من السكريات أو من مواد خام تحتوى على نشا.

المادة السكرية	المنتج	المادة النشوية	المنتج
● دبس السكر	الرّم، الكونياك	● الشعير	الويسكى
● الكمثرى	براندى الكمثرى	● الذرة، الشيلم	ويسكى النوريون
● الكرز	ماء الكرز المسكر	● البطاطس والشعير	الأكوافيت (شراب مسكر)
● البرقوق	السيفوفتر (مسكر حجرى)	● البطاطس، الشيلم	الفودكا
		● القمح	
		● الأرز	البراندى الصينى

«الكورديالز» و «الليكوارز» أسماء لمشروبات كحولية مُسكرة مقطرة ومستخلصة من الفواكه، الأزهار، الأوراق، إلخ. وعادة ما تكون مُحلّاة.

إن الكائن الأكثر استخداماً فى عملية التخمر هو الخميرة «سكاروميسيس سيرفيساي» أو أحد الأشكال شديدة القرابة لها. ويقوم هذا الكائن بتمثيل وتحويل

السكريات البسيطة مثل الجلوكوز والفركتوز إلى كحول إيثيلي، الذى تتحمله الخميرة بدرجة عالية. وهناك تفاصيل كثيرة تتعلق بإنتاج النبيذ والبيرة، إلا أنه سيتم الحديث فقط عن عملية إنتاج البيرة.

البيرة: يتم إنتاج البيرة بصورها المختلفة من الحبوب النشوية مثل الشعير. وهناك مصادر كربوهيدراتية إضافية تعرف بالمصادر المساعدة أو الملحقات يتم إضافتها عادة بنسب مختلفة. ومن الناحية العملية توجد خمس خطوات رئيسية لتصنيع البيرة من الحبوب وهذه الخطوات هي: نقع الشعير فى الماء حتى ينبت، هرس الشعير المنبت وتحريكه فى الماء الساخن، عملية التخمر، الإنضاج، التشطيب، وستناول كل خطوة على حدة بشيء من التفصيل.

إنبات الشعير: يتم نقع الشعير الجاف النظيف فى الماء الموجود فى حاويات خاصة، ينشر الشعير على أرضية الحاوية أو يوضع فى اسطوانات دوارة حيث يتم إنبات البذور، وفى هذه المرحلة يتم تكون الأميليز (الإنزيم الذى يحلل المادة النشوية) والبروتيز (الإنزيم الذى يحلل المادة البروتينية). بعد ذلك يتم قتل البذور المنبثة وذلك بالتسخين البطيء مع رفع الحرارة تدريجيا حتى ٨٠م^٠ للاحتفاظ بمعظم النشاط الإنزيمى، ويطلق على الشعير المنبت بالنقع فى الماء لفظ (مالت).

الهرس: فى هذه المرحلة يخلط الشعير المنبت (المالت) بالماء الساخن (٥٥ - ٦٥م^٠) ويتم تحريكه لتتحلل المواد النشوية والمواد البروتينية وتنتج الدكستريانات (مادة صمغية تنتج من النشا)، والمالتوز (سكر الشعير) وسكريات أخرى، ونواتج تحلل البروتينات. والمعادن، وعوامل نمو أخرى، ويصبح شكل الخليط فى هذه الحالة كالعجينة التى يطلق عليها لفظ (وورْت) أو نقيع المالت. ويعتبر الأخير الوسط اللازم لعملية تخمر البيرة. ويمكن إضافة بعض الأعشاب النباتية قبل عملية التخمر لتعطى نكهة مميزة للمنتج كما أن لبيض الأعشاب خواص مطهرة.

عملية التخمر: يُنقل نقيع المالت (الوورْت) إلى مفاعلات حيوية مكشوفة، ويتم تلقح «الوورْت» بسلالات نقية من الخميرة. وفى بريطانيا تستخدم الخميرة

«ساكارومييس سيرفسييا» عند ٢٠ - ٢٨ م لإنتاج أنواع مختلفة من البيرة. وفي أوروبا تستخدم الخميرة «ساكارومييس يوفارم» وهذا النوع يعرف بخميرة تخمير القاع، ويتم تخمر نقيع المالت عند درجات حرارة منخفضة (١٠ - ١٥ م) لإنتاج نوع معين من البيرة.

الإنضاج والتشطيب: يتم إنضاج البيرة عادة في براميل خشبية مخصصة للسوائل عند درجة صفر م لعدة أسابيع وذلك لتحسين النكهة والقضاء على الخميرة والتخلص من الزيد (الرغاوى). وعادة ما يتم بسترة البيرة المعبأة في زجاجات أو علب عند ٦٠ - ٦١ م لمدة ٢٠ دقيقة. وتبلغ نسبة الكحول في البيرة ما بين ٤ - ٩٪، وقد تجرى معالجات خاصة لبعض أنواع البيرة وذلك لاستخلاص الكحول منها.

وفي الهند يتم الحصول على البيرة عادة من الأرز. أما في أفريقيا فمن الذرة السُكرية. وبيرة الذرة السكرية تكون فجة بدرجة كبيرة غنية بالأجسام الصلبة والفيتامينات وتعتبر مصدرا مغذيا ثمينا لمن يشربها. ويبلغ إنتاج العالم سنويا من البيرة ما يزيد عن ٧٠٠ مليون هكتولتر (الهكتولتر = مئة لتر).

وعن المشروبات التخميرية بوجه عام في الوطن العربي نجد أن مصر والسعودية تنتجان البيرة الخالية من الكحول وإن كانت بعض الأقطار تنتج أيضا المشروبات الكحولية والنبيد مثل العراق والمغرب. وفي مصر يتم إنتاج شراب الجلوكوز داخل مصانع النشا، كما يتم إنتاج شراب الفركتوز في مصانع القطاع الخاص، وفي هذا المجال تهتم تونس بالدراسات والبحوث الخاصة بإنتاج شراب الجلوكوز والفركتوز.

إن الوراثة التطبيقية التقليدية ودمج البروتوبلاست وتكنولوجيا الحمض النووي «الدنا» المطعم جميعها تساعد في تحسين وتطوير سلالات الخميرة التي تستخدم في عملية التخمر. وقد تم تطوير نوع جديد من خميرة التي تستخدم في عمليات التخمر التجارية وذلك باستخدام تقنيات «الدنا» المطعم، وتم التصديق عليه رسميا والموافقة على استخدامه.

القهوة، الشاي والكاكاو

تستخرج من نباتات القهوة، الشاي، والكاكاو مشروبات مُخمّرة غير كحولية وذلك في كل من آسيا، الهند، أفريقيا وأمريكا الجنوبية. وهذه المشروبات قد مُنحت تصديقا رسميا وأصبحت تستخدم في كل أنحاء العالم ولها قيمة تجارية عالية. ويتم الحصول على الشاي من النشاط الإنزيمي المنطلق بعد سحق الأوراق، بينما في حالة القهوة والكاكاو فيتم إزالة جزء من اللبّاب الذي يحيط بالحبوب عن طريق التخمر الطبيعي بالبكتيريا، الخميرة والفطريات، وهذه العملية في غاية الأهمية لتكوّن النكهة التامة والأروما (الرائحة) المميزة لهذه المنتجات. ويمكن بعدئذ شحن المنتجات الجافة وهي: أوراق الشاي وحبوب القهوة والكاكاو لكل مكان في العالم، ويتم عمل المشروب النهائي بإضافة الماء.

وحتى الآن لم يُعرف بدقة الدور الذي تقوم به الكائنات الدقيقة في مثل هذه العمليات التخمرية، ومازال الكثير منها يعتمد على الأسلوب التجريبي، أي الذي لا يهتم بالمبادئ والنظريات العلمية، بل يركز على الملاحظة والاختبار، والقليل منها يهتم بالنواحي العلمية الدقيقة. ويتم استهلاك كميات ضخمة من هذه المنتجات على المستوى العالمي، وأظن أنه بالنسبة للإنسان العادي لا يمر يوم إلا ويتناول فيه على الأقل كوبا من الشاي. وتعتبر هذه المنتجات الأساس الاقتصادي لكثير من الشركات متعددة الجنسيات.

منتجات الألبان

إن أصل ظهور منتجات الألبان كاللبن المُخْمَر، الزبدة، والأجبان يصعب تحديده، وكل ما نستطيع قوله هو أنه عريق في القدم. وهذه العمليات التخمرية ترتبط بالمناطق الغنية بالحيوانات المفرزة للألبان مثل الأبقار، الماعز والأغنام، وتعتبر أوروبا من أغنى المناطق في هذه المنتجات - انظر الجدول رقم (١٠). وتبلغ نسبة منتجات الألبان المخمّرة حوالي ١٠٪ من جملة المنتجات الغذائية المخمّرة على مستوى العالم. وقد أصبح معروفاً الآن أن هذه العمليات التخمرية تنتج عن

نشاط مجموعة من الكائنات تعرف ببكتيريا حمض اللاكتيك. ويؤدي التخمر بواسطة هذه البكتيريا إلى حفظ وتحول اللبن، وقد استخدمت هذه الطريقة آلاف السنين دون دراية بالدور الذى تقوم به هذه البكتيريا. وفى الماضى كانت العمليات التخمرية تنشأ مباشرة عن الوجود الطبيعى لبكتيريا حمض اللاكتيك، ولكن أمكن بالتدرج معرفة أن إضافة جزء من التخمر الناجح سابقا إلى اللبن أدى إلى نتائج طيبة. وفى الوقت الحاضر عادة ما تضاف مادة اللقاح التى هى عبارة عن بكتيريا منتقاة إلى اللبن المطلوب تخمره، وتعرف مادة اللقاح بالمرزعة البادئة النقية. وتعرف الصناعات الحديثة المنتشرة فى أنحاء العالم والمتعلقة بمنتجات الألبان الكثير عن تنمية المزارع البادئة النقية، الممارسات التخمرية الجيدة والالتزام التام بالبروتوكول الصحى (الاتفاقية الدولية الصحية).

ومن التأثيرات المفيدة لبكتيريا حمض اللاكتيك فى الأطعمة التى تنمو فيها الآتى:

- ١ - لها فعل مثبط لكثير من أنواع البكتيريا غير المرغوب فيها، وهذه البكتيريا نفسها ليس لها أى ضرر، وبهذه الطريقة فهى تحفظ اللبن.
- ٢ - تتسبب فى حدوث تحورات مقبولة بدرجة عالية فى أصل مكونات اللبن ونكهته.
- ٣ - لها تأثيرات صحية مفيدة على الكائنات الدقيقة النافعة الموجودة بالأعضاء. وعند نمو هذه البكتيريا فى اللبن فإنها تحلل سكر اللبن إلى حمض لكتيك، ومن ناحية ثانية يمكن أن تحدث تفاعلات أخرى عديدة، ويتوقف ذلك على مكونات المادة الخاضعة (مادة الوسط)، وأنواع المواد الإضافية وطريقة التخمر. ويمكن أن يؤدي ذلك إلى تكون مواد أيضاىة أخرى عديدة تعمل على ظهور منتجات اللبن وإكسابها نكهة مميزة كما هو الحال فى مخيض اللبن، الرائب، الزبادى ومجموعة الجبن المختلفة.

ويعتبر إنتاج الجبنة واحدا من أكبر الأنشطة المتعلقة بصناعة الألبان. ويتم تصنيع الجبنة بفصل كازين اللبن من السائل أو مصل اللبن. ويعرف الآن ما يزيد

عن ٩٠٠ نوع من الجبنة. ومع ذلك يمكن إعداد كل هذه الأنواع من أية كمية موجودة من اللبن وذلك عن طريق التحكم المناسب فى عملية التخمر وبالانتقاء الصحيح للكائنات الدقيقة التى تعزز هذا التخمر.

إن اكتشاف الدور الذى يقوم به «الرينت» (مادة تستخرج من معد الحيوانات لتجيبين اللبن) قد يرجع إلى استخدام رعاة الأغنام البدويين معد الحيوانات لحمل السوائل، أى جعل جدار المعدة على هيئة قربة مثل قربة السقا قديما كما يشاهد فى بعض الأفلام المصرية القديمة. وحينما كان ينقل اللبن بهذه الطريقة أى داخل القرب المصنوعة من معد الحيوانات؛ وترتفع حرارته بفعل الشمس كان يتحول إلى رائب بسبب البكتيريا الموجودة به بصورة طبيعية، كما أنه كان يتلوث بإنزيمات (الرينت) من بطانة المعدة. ونتيجة هذا التفاعل هو تحول اللبن إلى خثارة اللبن الصلبة وفصل اللبن السائل. وعندئذ تُصفى الخثارة وتُمَلح ويمكن استخدامها فيما بعد - وهذا مثال قديم لأسس حفظ الأطعمة.

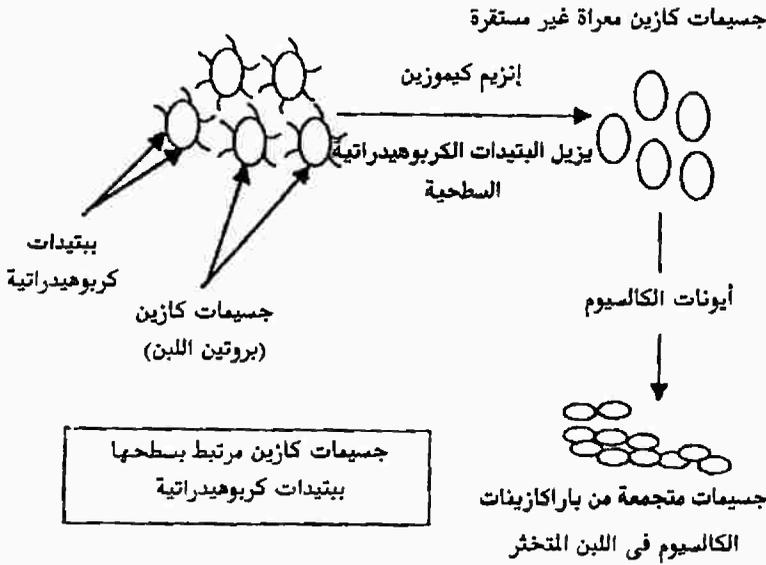
وفى أوروبا كان الرومان أول من دعموا هذه الطريقة مستخدمين لبن الأغنام والماعز، وجاء بعد ذلك لبن الأبقار. وكان أول إنتاج صناعى لمادة «الرينت» أو الإنزيمات المستخلصة من العجول فى الدنمارك عام ١٨٧٤، والإنتاج العالمى الجارى فى الوقت الحاضر فى تزايد مستمر ولا يقل عن ٢٥ مليون لتر كل عام.

إن عملية إنتاج الجبن من اللبن هى فى الأساس عملية نزع الماء الذى يوجد فيه بروتين اللبن (الكازين) والدهون التى يصل تركيزها فيه ٦ - ١٢ مرة. والخطوات الأساسية لإنتاج معظم أنواع الجبن هى:

١ - تحميض اللبن (جعله حامضا) وذلك بتحويل سكر اللبن إلى حمض لاكتيك بواسطة بكتيريا حمض اللاكتيك.

٢ - تخثر الكازين (بروتين اللبن) وذلك بدمج عملية التحلل البروتينى والتحميض.

ويبدأ التحلل البروتيني (انحلال البروتينات إلى مركبات أبسط) بواسطة «الرينت» (إنزيم الكيموزين) (من أصل حيواني أو من فطر) ويكوّن الكازين المتخثر مادة جيلاينية التي تتصيد أى آثار لمادة دهنية موجودة- انظر الشكل رقم (٦).



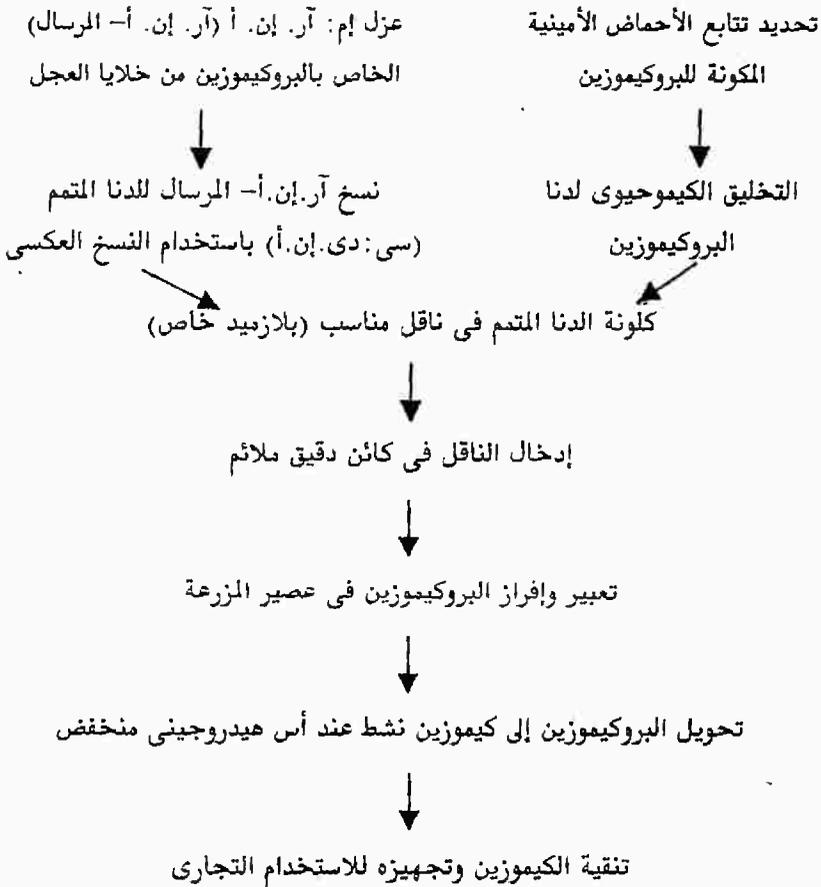
شكل رقم (٦): طريقة فعل الكيموزين (الرينت).

وتقطع خُثارة اللبن الصلِّبة إلى قوالب، تصفى وتضغط على هيئة أشكال معينة، وتترك لتنضج وتصبح جبنة. إن تفاصيل عملية إنتاج الجبن معقدة بدرجة كبيرة وتضم سلالات فردية كثيرة من البكتيريا، وفي بعض الحالات فطريات خيطية (مثل: الكَمْفُبر: نوع من الجبن، الجبنة الزرقاء)، ألبان خاصة والمواد الإضافية المتعلقة بها وتقنيات مختلفة لا يتسع المجال لذكرها هنا.

ومع ذلك فهناك طريقة تكنولوجية حيوية جديدة مهمة فى إنتاج الجبن وهى استخدام تقنيات الدنا المطمّ لإنتاج الكيموزين واستخدامه تجارياً. ففي الستينات من القرن الماضى كان هناك قصور ملحوظ فى الرينت المأخوذ من مصادر حيوانية،

وقد أدى ذلك إلى البحث عن بدائل أخرى. ويوجد الآن ستة مصادر للرينت: ثلاثة منها حيوانية (لحم العجول، الأبقار الناضجة والخنازير) وثلاثة من الفطريات. وتقريبا ما تكون إنزيمات الكيموزين الفطرية متشابهة فى تأثيرها مع الإنزيمات الحيوانية وتدخل فى صناعة حوالى ثلث الإنتاج الدولى من الجبن خاصة فى الولايات المتحدة الأمريكية وفرنسا، ولكنها قد تقلل أحيانا من كمية المنتج وتعطى نكهة ضعيفة إذا ما قورنت بإنزيمات الكيموزين الحيوانية.

وفى العقد الأخير من القرن العشرين أمكن إنتاج كيموزين شبيه بالنوع الحيوانى من الكائنات الدقيقة المحورة وراثيا. وأصبحت الآن شركات صناعية عديدة تنتج هذا النوع فى صورة نقية بواسطة هذه الطرق، وأصبح متوفرا فى كل أنحاء العالم. ويسلك هذا الإنزيم فى نشاطه نفس طريقة الكيموزين العادى المأخوذ من الحيوانات، ويحتوى على نسبة ضئيلة من الشوائب، ومن السهل الآن التنبؤ بتفاعله. ويباع فى المملكة المتحدة عن طريق الجمعيات التعاونية الكبرى فى صورة جبنة محورة وراثيا، ويقدم عليه الجمهور والمجتمعات النباتية. والذواقة الخبراء لا يمكنهم تمييز أى اختلاف بين أنواع الأجبان الداخلى فى تصنيعها الكيموزين المطعم أو الكيموزين المأخوذ من الحيوانات، إن نجاحه التجارى مضمون ويوضح الشكل رقم (٧) إنتاج كيموزين العجل (الكيموزين الحيوانى) بواسطة الكائنات الدقيقة المحورة وراثيا.



شكل رقم (٧): إنتاج الكيموزين الحيوانى بواسطة الكائنات الدقيقة المحورة وراثيا.

وتكون نكهة الجبنة غير الناضجة مثل «الشيدر» خفيفة وذات بنية مطاطية. إن إنضاج الجبنة يحتاج إلى فترة زمنية يحدث خلالها تأثيرات واضحة من كائنات دقيقة أخرى كالبكتيريا والفطريات وهذه التأثيرات ينتج عنها تكون النكهات المميزة والأروما (الروائح) وكذلك التغيرات التركيبية للجبنة.

الأنواع الرئيسية للأجبان:

(أ) الأجبان غير الناضجة:

- الجبنة الحلو منخفضة الدهون (نوع من الجبن الأبيض) .
- الجبنة القشدية عالية الدهون (جبن أبيض طرى يصنع من حليب كامل وقشدة).

(ب) الأجبان الناضجة:

١ - الجبنة الصلبة (نضج داخلي)

إنضاج عن طريق البكتيريا (جبنة شيدر، الجبنة السويسرية).

إنضاج عن طريق الفطريات (جبنة روكفورت، الجبنة الزرقاء).

٢ - الجبنة الفطرية (يبدأ النضج من الخارج)

إنضاج عن طريق البكتيريا (جبنة اللبَّرج).

إنضاج عن طريق البكتيريا والفطريات (جبنة الكمبِن).

والمجموعة الكبيرة الثانية من منتجات الألبان هي الزبادى بأنواعه المختلفة. ويعتبر الزبادى من الأغذية التى تستهلك بكميات كبيرة على المستوى الدولى، ويمثل أحد المنتجات الغذائية سريعة النمو فى مجال الصناعات الغذائية. وهناك ادعاءات بأن البكتيريا الحية الموجودة بالزبادى يمكن أن تستقر فى أمعاء الإنسان محققة منفعة للجهاز الهضمى وأجهزة الجسم الأخرى.

ويكون الزبادى فى العادة لبنا كاملا مُخفرا، ويستخدم فى عملية التخمر مزرعة خليطة من البكتيريا «لاكتوباسيلس بلَجْرِيكْس» و«ستربتوكوكس سيرموفيليس». وتقوم البكتيريا الأولى بإنتاج مادة الأستالدهيد التى تعطى النكهة المميزة للزبادى. أما البكتيريا الثانية فتضفى على الزبادى الطعم الحامض الطازج والذى ينتج عن

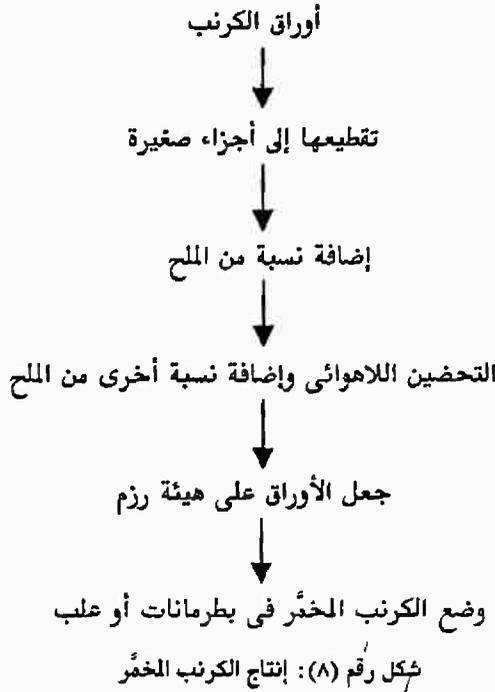
تحول سكر اللبن (اللاكتوز) إلى حامض لاکتیک. وكلا النوعين من البكتيريا ينتج بوليمرات خارج الخلايا وهذه البوليمرات هي المسؤولة عن الزوجة المميزة للمنتج، ويكون التحضين عند ٣٠ أو ٤٥°م. ويتم تعبئة الزبدي في أوان بعد عملية التلقيح ويترك ليخمر فيها. وهناك الزبدي المثلج الذي ازدادت شعبيته وأصبح يستخدم كبديل للجيلاتين.

وفي مجال الصناعات الغذائية التخمرية في الوطن العربي نجد أن إنتاج الألبان المخمرة والجبن وكذلك إنتاج الخميرة النشطة سواء الجافة أم المضعوفة يحتل مكانة عالية بين الصناعات الغذائية في كل من مصر وسوريا والمغرب والعراق والأردن، ويوجد كذلك إنتاج خمائر العلف وإن اختلفت المادة الخام المستخدمة في إنتاج هذا البروتين وحيد الخلية، ففي مصر يتم إنتاجه من المولاس المتبقي بعد صناعة تكرير السكر من عصير القصب، أما في الكويت فينتج من الهيدروكربونات المتوفرة لديهم من صناعة النفط، كما يوجد لدى الكويت دراسات عن إنتاج الأحماض الأمينية وطحلب الكلوريللا في مشتقات النفط.

تخمير الخضراوات

في كل مكان من العالم يمكن حفظ الفواكه والخضراوات بطرق مختلفة وذلك باستخدام الملح ومادة حمضية، والأخيرة هنا هي حمض تكونه البكتيريا يسمى حمض اللاكتيك. إن من الاهتمامات الغربية بصفة أساسية هو الحفظ التخمرى للكرنب ليعطى كرنبا محمراً، وتخليل الخيار والزيتون.

ولإنتاج الكرنب المخمر تُقطع أوراقه وتحفظ بعيداً عن الهواء ويضاف إليها الملح الذي يقلل من فعل الماء ويساعد على تسرب المادة السكرية من الأوراق - انظر الشكل رقم (٨)..



وتزدهر بكتيريا حمض اللاكتيك فيما بعد مكونة حمض اللاكتيك الذى يخفض من تركيز الأيون الهيدروجينى ليصبح الوسط حامضاً، وهذا يمنع نمو البكتيريا التى تسبب التعفن. إن التحكم الدقيق فى درجة الحرارة (٧,٥م°)، وتركيز الملح (٢,٢٥٪) والظروف اللاهوائية يُنتج فى النهاية كرنبا مخمراً ممتازاً، يبقى فترة طويلة دون تلف، كما أنه يُعتبر طعاماً لذيذ الطعم ومُغذياً. ويرجع إنتاج الكرنب المخمر بكميات كبيرة فى ألمانيا إلى ٨٠٠ سنة قبل الميلاد.

وفى حالة تخمر الخيار والزيتون خاصة فى اليونان وأسبانيا تتم عملية التخمر عند تركيزات عالية من الملح (٥-٨٪)، أما الخطوات المتعلقة بالكائنات الدقيقة فغالبا ما تكون متشابهة مع حالة تخمر الكرنب.

منتجات الحبوب

فى كل أجزاء العالم تقريباً يتم إنتاج الحبوب التى تمثل المنزلة الأولى للغذاء الذى يستهلكه الشعب، ونسبة كبيرة من هذه الحبوب يتم تخمرها وتحولها إلى مواد غذائية صلبة أو إلى مشروبات كحولية.

ويعتبر الخبز بأشكاله المحلية المتعددة مُنتج الحبوب الرئيسى الناتج عن التخمر، وقد عرف ذلك عند القدماء المصريين وغيرهم. وفى أوروبا يستخدم دقيق القمح والجاوذار أو الشيلم على نطاق واسع، وفى العادة يخلط الدقيق بالماء أو اللبن، والملح، والدهون، والسكر ومواد إضافية أخرى متنوعة. ويضاف إلى هذا الخليط الخميرة «ساكارومييس سيرفيساي» مكوناً فى النهاية عجينة. وعندما يبدأ التخمر فإن العجينة تنتفخ وذلك بسبب تكون ك₂أ (غاز ثانى أكسيد الكربون) وفى حالة القمح بصورة خاصة فإن تمدد العجينة وقوامها المطاطى يرجع إلى احتواء القمح على مادة بروتينية فريدة تسمى «الجلوتين»، وهى عبارة عن بروتين مرن قابل للشد أو البسط. وأعتقد أن الكثير قد لاحظ ذلك عند صنعى الفطائر والجلالاش، وبهذه الطريقة فإن العجينة تنتفخ وتحفظ بشكلها عند دخولها الفرن.

ويتأثر تركيب الخبز بالمواد الدهنية، والمستحلبات والعوامل المؤكسدة التى تضاف إلى العجين. كما أن سرعة صناعة الخبز (لها أهمية تجارية) تتأثر بالدهون. والعوامل المؤكسدة والمختزلة ودقيق فول الصويا. وعلى الرغم من أن إنزيمات الخميرة لها دور مهم فإن إنزيمات أخرى مثل الأميليزيم إضافتها تساعد فى عملية المزج، والتخمر، والخبز والتحسين من الخواص التخزينية النهائية للخبز. وقد يسأل البعض عن الدور الذى تقوم به التكنولوجيا الحيوية فى هذا المجال. إن الد (ت.ج) الحديثة تعمل دائماً على الإمداد بالإنزيمات المحسنة والمطورة وذلك لتنظيم هذه العملية المعقدة وتطويرها.

وعموماً تحقق عملية التخمر ثلاثة أهداف رئيسية: التخمير (إنتاج غاز ثانى أكسيد الكربون). تكوّن النكهة وحدوث تغيرات تركيبية فى العجينة. وفى نهاية

عملية التخمير يتم خَبز العجينة المنتفخة في الفرن معطية منتجا نهائيا خاليا من الكائنات الدقيقة الحية وقابلا للبقاء في الظروف العادية فترة كافية دون تلف.

وتهدف الوراثة التطبيقية الحديثة دائما إلى تحسين سلالات الخميرة وذلك للتوصل إلى نشاط مطور، ونكهة أحسن وتركيب مطور للمنتج. وقد تم بالفعل إنتاج سلالة من الخميرة «ساكارومييس سيرفسيي» بصفات تخميرية مطورة وذلك عن طريق الهندسة الوراثية، وقد حققت هذه السلالة جميع المتطلبات المنظمة للسلامة.

وفي أماكن أخرى من العالم تستخدم الخميرة «كانديدا ميليري» لإنتاج الخبز الحامض، والبكتيريا «لاكتوباسيلس سان فرانسيسكو» لمرحلة التخمير بينما تستخدم الأنواع «ستربتوكوكس» و«بديوكوكس» في شبه القارة الهندية لتخمير خليط من دقيق الحبوب والبقول، وفي آسيا يستخدم الأرز على نطاق واسع في العمليات التخميرية المتعلقة بالبقول والأسماك، وفي أمريكا الجنوبية يعتبر خبز الذرة الغذاء الرئيسي.

وفي جمهورية مصر العربية ومعظم الدول العربية وبايجاز شديد، توجد تشكيلات كثيرة من الخبز والمعجنات، أقصد بها الحلويات المختلفة التي يدخل في تركيبها دقيق الحبوب مثل دقيق القمح، الذرة، الأرز والشعير. وقد يكون المنتج النهائي مكونا من نوع واحد أو أكثر من الدقيق.

تخمير البقول

يعتبر فول الصويا النبات البقلى الرئيسى الذى يستخدم للتخمير، والمنتجات الناتجة منه لها أهمية خاصة فى الأغذية المتعلقة بالحمية فى دول شرق وجنوب شرق آسيا والهند. إن عملية التخمير تجعل الفول سهل الهضم لأنها تحلل العوامل المضادة للتغذية والمركبات التى تسبب امتلاء البطن بالغازات. وفى إندونيسيا يتم تخمير فول الصويا المطبوخ بالفطر «رايزوبس أو ليجوسبورس» والعجينة المتكونة يمكن قليها فى الزيت أو معالجتها بأى نوع من أنواع الحساء وتناولها كوجبة خفيفة. ويصل عدد الأفراد الذين ينتجون عجينة فول الصويا فى إندونيسيا إلى

٢٥٠,٠٠٠ (مائتين وخمسين ألف) فرد أو أكثر. وهناك اهتمام متزايد بهذا المنتج فى أوروبا والولايات المتحدة وجمهورية مصر العربية أخيراً.

ومن الأهداف الرئيسية لتخمير فول الصويا هو الحصول على صلصة الصويا، وإنتاج هذه الصلصة يمر بثلاث مراحل: «الكوجى»، «المورومى» والإنضاج.

والكوجى يقصد به وسط التخمير الصلب الذى يتم فيه تخمير فول الصويا المطبوخ ودقيق القمح بواسطة الفطر «أسبرجللس أوريزا» ليحلل المواد النشوية، البروتينات والبكتينات.

والمورومى عبارة عن سائل أو ملاط التخمير الذى يتم الحصول عليه من التخمير اللاهوائى عن طريق الخميرة «كانديدا» والبكتيريا «بديوكوكس».

وتعطى مرحلة الإنضاج النكهة التامة النهائية للمنتج.

وفى جميع المواد الغذائية والمشروبات المخمرة التى تم مناقشتها توجد كائنات دقيقة معينة تلعب دوراً أساسياً لا غنى عنه فى تحقيق المنتج النهائى. وتستخدم الآن مزارع بادئة فى كل هذه العمليات التخمرية، وبذلك يكون هناك تحكم وتمثيل أكبر فى المنتج أو المنتجات النهائية. وفى معظم العمليات تصيح الكائنات الدقيقة جزءاً من الغذاء وتستهلك هذه الكائنات كاملة. وفى حالات أخرى مثل البيرة والخل وصلصة فول الصويا يتم إزالة الخلايا عن طريق الترشيح أو الطرد المركزى ليصير المنتج رائقاً.

الإنزيمات ومعالجة المواد الغذائية

يعتبر استخدام الإنزيمات فى إنتاج المواد الغذائية أحد التطبيقات الرئيسية للتكنولوجيا الحيوية الحديثة فى السنوات الأخيرة. إن الإنزيمات ضرورية جدا لتخمير الأطعمة والمشروبات. وعلى الرغم من أن معظم الإنزيمات تُستخلص من كائنات دقيقة معينة إلا أن هناك فرصة لتطوير العمليات التخمرية وذلك بإضافة إنزيمات خارجية النمو أى «إنزيمات مصنعة».

إن دور «الإنزيمات المصنعة» فى تسهيل أو حتى الإحلال محل العمليات الميكانيكية قد تم تجريبه والتأكد من نجاحه فى معالجة الفواكه والخضراوات، وحتى فى عمليات التحول الصناعى للنشا قد تم التخلّى عن المعالجات الكيميائية بالكامل وحل محلها معالجات إنزيمية.

والتحسن الكبير الذى سيُحدث تغيرا جذريا فى استخدام الإنزيمات فى الصناعات الغذائية هو التخلص من الماء الموجود فى وسط التفاعل الإنزيمى . لذلك فإن الإنزيمات التى تعمل عن طريق التحلل بالماء يمكن أن تُعكس وبذلك لن يكون هناك طاقة أيضا مطلوب التزود بها، وعليه فإن نفس الإنزيمات التى تحلّ الجزيئات الحيوية يمكنها الآن أن تستخدم فى تخليقها. وقد تم إنتاج مجموعة كبيرة من المركبات التى لها علاقة بالأطعمة بهذه الطريقة الجديدة، ومنها: الأملاح العضوية عديدة الجليسرول (المستحلبات)، الأملاح العضوية المنكّبة، وقليل الببتيدات، والبوليمرات التركيبية.

والمفهوم الجديد لهندسة البروتينات سيسهل من التصميم أو التغيير فى إنزيمات الأطعمة على المستوى الجزيئى مؤديا إلى تحورات طفيفة أو إلى تصنيع محفزات إنزيمية جديدة تماما. وهناك تطبيق مهم هو استخدام إنزيم «فوسفوليباز-أ₁» فى الوقت الحاضر كمستحلب غذائى. إن الربط بين هندسة البروتينات

وتكنولوجيا «كلونة» الجينات سيتم تطبيقه على كثير من الإنزيمات التي تستخدم في المعالجات الغذائية مؤديا إلى دقة أكبر وانتقائية في الأداء.

كما ستستخدم الإنزيمات بصورة مكثفة في تصنيع أطعمة جديدة وظيفية. وفي اليابان على وجه الخصوص توجد بحوث مهمة على المواد قليلة السكريات لتحث من استجابة الإنسيولين للسرعات المنخفضة، وبحوث أخرى لإنتاج ألياف غذائية ذات مكونات خاصة. وفي الوقت الحاضر يوجد اهتمام كبير بدور التغذية وعملية الشيخوخة. والناس الأغنياء المسنين سيدعمون بكل إخلاص هذه الجهود البحثية!

المُحليّات والمُحليّات البديلة

فى كثير من المجتمعات غالبا ما يكون هناك احتياج للمُحليّات خاصة بعد تناول وجبات الطعام. ويختلف استهلاك السكريات من بلد إلى آخر ففى الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا يقدر استهلاك الفرد من السكر بحوالى ٥٧ كيلوجراما سنويا. وحتى نهاية الستينات كان سكر القصب وسكر البنجر والسكروز هى المُحليّات الأساسية. وفى السبعينات ابتكرت تكنولوجيا الإنزيمات طائفة جديدة من المُحليّات التى تم الحصول عليها من مصادر نشوية.

ومادة «السُكرين» تلك المادة المشتقة كيميائيا والتى تبلغ درجة حلاوتها ٣٠٠ ضعف حلاوة السكروز قد استخدمت على نطاق واسع لسنوات عديدة كمادة مُحلية بديلة. ولكنها الآن تواجه تحديا متزايدا من المُحليّات البديلة الجديدة الطبيعية ذات السرعات الحرارية المنخفضة.

ومن الأهداف الرئيسية للتكنولوجيا الحيوية تحسين وتطوير المُحليّات البديلة التى يمكن استخدامها عوضا عن السكر. ويوجد فى جنوب أفريقيا نبات يسمى «ثاوماتوكوكس دونيللى» ويحمل هذا النبات ثمارا، وتحتوى هذه الثمار على بروتين يسمى «ثاوماتين»، ويعتبر هذا البروتين أحلى مادة عرفت حتى الآن على مستوى العالم، وتفوق درجة حلاوته حلاوة السكروز ٣ آلاف مرة. وهناك محاولات لشركات متخصصة فى التكنولوجيا الحيوية لتحسين «الثاوماتين» عن طريق برامج الهندسة الوراثية، وفى الحقيقة نجح العلماء فى كل من هولندا والولايات المتحدة الأمريكية فى «كلونة» «الثاوماتين»، وإنتاج «الثاوماتين» على مستوى تجارى عال سيصحبه انخفاض فى أسعار السكر.

وانتشر «الثاوماتين» الآن فى أنحاء أوروبا ودول أخرى مثل اليابان حيث يباع هناك بكميات هائلة، وهناك مجهود ضخم يبذل لإنتاج هذا البروتين عن طريق كائنات دقيقة مهندسة وراثيا.

ومادة «أسبرتام» التي تستخدم على نطاق واسع في تحلية كثير من المشروبات غير المُسكرة ذات السعرات الحرارية المنخفضة يتم تنميتها وتحسينها بطرق خاصة بالتكنولوجيا الحيوية. وتبلغ درجة حلاوة «الأسبرتام» ١٥٠ ضعف حلاوة السكروز.

والمكون الباهظ التكاليف في تخليق «الأسبرتام» هو الحمض الأميني «فينيل ألانين» الذي أصبح ينتج الآن على مستوى كبير عن طريق عمليات التخمير. وقبل السماح بتسويق «الأسبرتام» كان لابد من إجراء اختبارات عليه تتعلق بالسمية. ويجب أن تُمنح جميع المنتجات الغذائية الجديدة المشتقة من تقنيات متعلقة بالتكنولوجيا الحيوية تصديقا أو موافقة رسمية منظمة مثل التي تمنح للمستحضرات الصيدلانية الجديدة قبل الشروع في استخدامها، وقد استغرقت الموافقة في حالة «الأسبرتام» ١٠ سنوات.

ويعتبر عصير الذرة الغني بسكر الفركتوز مثالا آخر في غاية الأهمية للمُحليات ذات الشأن التجاري. ويمثل هذا العصير واحدا من أكبر المنتجات حجما والتي يتم تصنيعها باستخدام التقنية الإنزيمية المجمدة. وهذا العصير عبارة عن خليط متوازن من سكر الجلوكوز والفركتوز وتفوق درجة حلاوته درجة حلاوة قصب السكر. ويتم إنتاجه عن طريق الهضم الإنزيمي لنشا الذرة، ويستخدم في إعطاء النكهة للمشروبات غير المُسكرة وفي تحلية البسكويت والكعك.

إضافات غذائية متنوعة مُستمددة من الميكروبات

ويتم الحصول على هذه المنتجات من العمليات التخمرية الميكروبية، وتستخدم كمواد إضافية في إنتاج الغذاء، ومن بينها الآتى:

الخل: الخل عبارة عن محلول مائى يحتوى على الأقل ٤٪ بالحجم حامض خليك وكميات بسيطة من الأملاح العضوية والسكريات والكحول والأملاح، وعادة ما يستخرج الخل من النبيذ أو عصير الشعير المنبت (المالت) أو عصير التفاح. وفي العادة تكون البكتيريا المخمرة من نوع «أسيتوباكتر». ويستخدم الخل على نطاق واسع كمُحمض خفيف ومادة منكهة في الأغذية السائلة المعالجة مثل الصلصات والكتشاب.

الأحماض العضوية: ومنها حمض الستريك الذى يستخدم كثيرا فى الصناعات الغذائية مثل مشروبات الفاكهة، والحلويات، والمربات، والفواكه المحفوظة.. إلخ. ويتم إنتاج ما يزيد عن ١٠٠,٠٠٠ (مائة ألف) طن من حمض الستريك سنويا بواسطة العمليات التخمرية التى تضم فطر «أسبرجلس نيجر» ودبس السكر كمادة خاضعة. وتتم عملية التخمر فى مزارع ذات أسطح سائلة موجودة فى صوان، أو فى أحواض عميقة بمفاعلات حيوية. ويستخدم حمض الستريك لتعزيز نكهة المواد الغذائية، ولمنع الأكسدة والتخمر، وأيضا كمادة حافظة. ويمكن الحصول على حمض اللاكتيك عن طريق التخمر (٤٠٪) أو عن طريق التخليق الكيميائى (٦٠٪) وغالبا ما يستخدم كمُحمض خفيف.

الأحماض الأمينية والفيتامينات: تستخدم الأحماض الأمينية بصورة ملحوظة فى الصناعات الغذائية والمشروبات كمواد مقوية للنكهة، وكتوابل، أو إضافات مُغذية. ويبلغ الإنتاج العالمى من الأحماض الأمينية ما يزيد عن ٦٠٠,٠٠٠ (ستمائة ألف) طن كل سنة. وتحتل اليابان المقدمة فى إنتاج وتسويق هذه

المنتجات. حمض «الجلوتاميك» و«الليسين» عبارة عن حمضين أميين يتم إنتاجهما عن طريق العمليات التخمرية التي تضم البكتيريا «كورينيبكتيريوم جلوتاميكوم» و«يريفيبكتيريوم فلاغم» على التوالي. إن الانتقاء المطفر المكثف نتج عنه كائنات دقيقة أنتجت هذه المواد الأيضية الأولية بكميات وفيرة. وتكنولوجيا الدنا ستحسن وستطور من الكفاءات الإنتاجية.

تستخدم الفيتامينات عادة كإضافات غذائية، ورغم أن فيتامين ج (حمض الأسكوربك) يستخدم كمادة غذائية مكملة إلا أن الإنتاج العالمي السنوي منه يصل إلى ٤٠:٠٠٠ (أربعين ألف) طن، والعديد من الكائنات الدقيقة يمكن استخدامها في العمليات الإنتاجية لهذا الفيتامين.

مقويات النكهة: تعتبر مادة جلوتاميت أحادي الصوديوم من أفضل المواد المنكهة، وتنتج هذه المادة بكميات كبيرة بواسطة عمليات التخمر التي تُستخدم فيها الكائنات الدقيقة الطبيعية أو المهندسة وراثياً. إن تحلل «رنا» (آر.إن.أ) الخميرة يمكن أن ينتج عنه مشتقات نيوكليتيديّة التي تعتبر عناصر منكهة قوية خاصة في حالة اللحوم. ويبلغ حجم التسويق العالمي الجارى من منكهات الطعام حوالى ٢ بليون دولار أو أكثر. وسيكون للتكنولوجيا الحيوية تأثير كبير على السوق العالمية خاصة في حالة استخدام المعاملات الجينية والطرق الإنزيمية المطورة.