# الفصل الرابع

# التكنولوجيا الحيوية للمواد الغذائية والمشروبات

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

إن أصل السلسلة الغذائية يكمن فى عملية الإنتاج الزراعى وذلك بزراعة البذور وتربية الحيوانات، وتنتهى 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 لذيذة المذاق، وتبقى فترة طويلة فى الظروف العادية دون فساد.

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

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

والعقبة هى التعرف على كفاءة تقنيات التكنولوجيا الحيوية لتفى بالمتطلبات الغذائية لمجتمع اليوم فى كل من الشعوب المتقدمة والنامية. وتشمل تكنولوجيا الغذاء مجموعة كبيرة من الاختبارات وذلك لتحسين النوعية، القيمة الغذائية، السلامة وحفظ الأطعمة. وبكل وضوح لن يؤدى التقدم فى مجال واحد من مجالات الـ (ت.ح) إلى حدوث تغيير كامل فى 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 فى التأثير على سوق المواد الغذائية من نواح عديدة مثل: التكلفة، حفظ الطعام، الطعم (المذاق)، التماسك (الثبات)، اللون، السلامة، وفوق كل ذلك النواحى الصحية.

وتختلف صناعة الأغذية والمشروبات اختلافا كبيرا عن صناعة المستحضرات الصيدلية، فمنتجاتها ثمينة ويلعب التسويق الدور الرئيسى فى تحريك هذه المنتجات وليس نوع التكنولوجيا المستخدمة. إن البحث والتنمية لمعظم الصناعات الغذائية والمشروبات عادة ما يكون أقل من ١٪ من المبيعات، ويُكيَّف 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 الأساسى. وبعض المنتجات مثل: الأحماض العضوية، الأحماض الأمينية، والمواد الصمغية التى ازداد استخدامها فى الوقت الحاضر فى الصناعات الغذائية والمشروبات مازالت أسعارها فى المدى المتوسط، فى حين أن قليلا من المنتجات عالية السعر سيكون لها مستقبل باهر (مثل: المُحَلِّيات والمُنَكِّهات).

وتضم صناعات الأغذية والمشروبات عددا كبيرا من العاملين، كما أنها متنوعة بدرجة كبيرة فهناك المنتجون الصغار والآخرون 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).

## تخمر 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 مرغوبًا فيها والتى تؤدى إلى تحسين المنتج النهائى. ونتيجة لعملية التخمر فإن المُنتج عادة ما يكون مَغذيًا وأكثر قابلية للهضم، وذا نكهة مُحسَّنة، وأكثر أمانا من الناحية السمية والميكروبية.

وتكون الأغذية والمشروبات المتخمرة المُنْتجة من مواد نباتية وحيوانية مقبولة وتعتبر جزءًا ضروريا من الطعام فى معظم أجزاء العالم، وتضم تنوعا كبيرا من المواد الخام التى تستخدم كمواد خاضعة لفعل الإنزيمات، وباستخدام التكنولوجيا بدءًا من التكنولوجيا الأشد بدائية حتى الأكثر تقدما يمكن إتمام مجموعة مذهلة من

التغيرات التى تضفى على المنتجات النهائية صفات جذابة ومرغوبة. وتشمل الأغذية المتخمرة: الخبز، الجبن، الزبادى، الكرنب المخمَّر، صلصة فول الصويا، فطر عيش الغراب.. إلخ، أما المشروبات المتخمرة فتشمل البيرة، النبيذ، السَّاكى (شراب كحولى ياباني يصنع من الأرز المخمَّر ويقدم عادة وهو حار)، البراندى، الويسكى، والشاى 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 المُخمَّر | الإنزيمات | فيتامينات |
| الخبز | صلصة فول الصويا | المُنكهات | 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 القِدَم، 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 تأثيرًا على أنواع العمليات التخمرية للأغذية والمشروبات والتى تمت فى مناطق جغرافية مختلفة. وهذه المنتجات تواصل فى تشكيل جزء ثابت للخلفية الثقافية للحضارات. ويجب أن نتذكر أن كثيرا من سكان العالم نباتيون، ليس هذا بالاختيار، ولكن قد يكون لأسباب اقتصادية فى 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 التغير فى الصفات الطبيعية والقيمة الغذائية للمواد البادئة الرقيقة نسبيا مُعطية منتجات ذات نكهة قوية، غنية بالفيتامينات، وفى بعض المنتجات النباتية يمكن الحصول على نسيج ونكهة شبيهة باللحم. والقيمة الغذائية لهذه المنتجات المتخمرة، خاصة بالنسبة لسكان العالم النامى، تكون نفيسة جدا ولا تُقدر بثمن، وتشترط الممارسات التخمرية 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 التى استخدمت فيها كانت عن جهل بالدور الذى تقوم به الكائنات الدقيقة. وكان الحرفيون المهرة الأصليون يتحكمون فى النشاط الميكروبى ويوجهونه بوسائل تجريبية بحتة (أى 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 الشَّيْلم موجود فى أوروبا من ٨٠٠ سنة قبل الميلاد، ونبات الشيْلم له سنابل تشبه سنابل القمح تقريبا، وقد وُجدت وصفات لمنتجات ألبان متخمرة فى المخطوطات الهندية القديمة والأعمال المسيحية. ولم يتم التعرف على الطبيعة الميكروبية للعمليات التخمرية إلا منذ فترة حديثة نسبيا، وكان لبعض العمليات صفات ميكروبية بسيطة، والبعض الآخر كان معقدا بدرجة كبيرة. ويمكن تقسيم الأغذية المخمرة إلى تسع مجموعات هى: المشروبات، منتجات الحبوب، منتجات الألبان، منتجات

الأسماك، منتجات الفواكه والخضـراوات، البقـول، منتجـات اللحـوم، منتجـات 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 طبقا للمنطقة الجغرافية(٥).**

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

(٥) عن «كامبل بلاّت» 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 الجميع على دراية بها، والنص القرآنى والأحاديث النبوية واضحة فى هذا الشأن.

إن أنواع المشروبات التى تُنتَج 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 المُناخ 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 حامضا، ومستنْزَفًا من المواد المُغذية للكائنات الدقيقة التي تلوثه، وهذه العوامل مجتمعة تضفي على المنتج درجة معينة من الثبات البيولوجي والسلامة. ويمكن تناول المشروبات الكحولية في صورة طازجة إلا أنه يفضل تخزينها لفترة أو «تعتيقها» لأن ذلك يُحسِّن من خواصها. وبإجراء عملية تقطير لهذه المنتجات الكحولية فإن ذلك يرفع من تركيز الكحول بها، وتنتج مشروبات كحولية بأنواع متعددة مثل: الويسكي، البراندي، الفودكا، الجن (مُسْكِر قوي)، الرَّم (شراب مسكر) والتي تحتوي ما بين ٤٠٪، ٥٠٪ كحول إيثيلي - انظر الجدول رقم (١١).

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

| المادة السكرية | المنتج | المادة النشوية | المنتج |
|---|---|---|---|
| ● دبس السكر | الرَّم، الكونياك | ● الشعير | الويسكي |
| ● الكمثرى | براندي الكمثرى | ● الذرة، الشَّيْلم | ويسكي البوربون |
| ● الكرز | ماء الكرز المسكر | ● البطاطس والشعير | الأكوافيت (شراب مسكر) |
| ● البرقوق | السُّليفوفِتْز (مسكر مجري) | ● البطاطس، الشَّيْلم، القمح | الفودكا |
| | | ● الأرز | البراندي الصيني |

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

إن الكائن الأكثر استخداما في عملية التخمر هو الخميرة «ساكَّارروميسيس سيرفسياي» أو أحد الأشكال شديدة القرابة لها. ويقوم هذا الكائن بتمثيل وتحويل

السكريات البسيطة مثل الجلوكوز والفركتوز إلى كحول إيثيلى، 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 هى: نقع الشعير فى الماء حتى ينبت، هرس الشعير المنبت وتحريكه فى الماء الساخن، عملية التخمر، الإنضاج، التشطيب، وسنتناول كل خطوة على حدة بشىء 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 الأَمَيْليز (الإنزيم الذى يحلل المادة النشوية) والبُروتييز (الإنزيم الذى يحلل المادة البروتينية). بعد ذلك يتم قتل البذور المنبتة وذلك بالتسخين البطىء مع رفع الحرارة تدريجيا حتى ٨٠°م للاحتفاظ بمعظم النشاط الإنزيمى، ويطلق على الشعير المنبت بالنقع فى الماء لفظ (مالْت).

**الهرس**: فى هذه المرحلة يخلط الشعير المنبت (المالْت) بالماء الساخن (٥٥ – ٦٥°م) ويتم تحريكه لتتحلل المواد النشوية والمواد البروتينية وتنتج الدكسترينات (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 المالْت. ويعتبر الأخير الوسط اللازم لعملية تخمر البيرة. ويمكن إضافة بعض الأعشاب النباتية قبل عملية التخمر لتعطى نكهة مميزة للمنتج كما أن لبعض الأعشاب خواص مطهرة.

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

«ساكَّارومِيْسس سيرفسياى» عند ٢٠ – ٢٨°م لإنتاج أنواع مختلفة من البيرة. وفى أوروبا تستخدم الخميرة «ساكَّارومِيْسس يوفارَم» وهذا النوع يعرف بخميرة تخمير القاع، ويتم تخمر نقيع المالْت عند درجات حرارة منخفضة (١٠ – ١٥°م) لإنتاج نوع معين من البيرة.

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

وفى الهند يتم الحصول على البيرة عادة من الأرز، أما فى أفريقيا فمن الذرة السُكَّرية. وبيرة الذرة السكرية تكون فجة بدرجة كبيرة غنية بالأجسام الصُلبة والفيتامينات وتعتبر مصدرا مغذيا ثمينا لمن يشربها. ويبلغ إنتاج العالم سنويا من البيرة ما يزيد عن ٧٠٠ مليون هكتولتر (الهكتوتر = مئة لتر).

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

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

## القهوة، الشاى والكاكاو

تستخرج من نباتات القهوة، الشاى، والكاكاو مشروبات مُخمَّرة غير كحولية وذلك فى كل من آسيا، الهند، أفريقيا وأمريكا الجنوبية. وهذه المشروبات قد مُنحت تصديقا رسميا وأصبحت تستخدم فى كل أنحاء العالم ولها قيمة تجارية عالية. ويتم الحصول على الشاى من النشاط الإنزيمى المنطلق بعد سحق الأوراق، بينما فى حالة القهوة والكاكاو فيتم إزالة جزء من اللباب الذى يحيط بالحبوب عن طريق التخمر الطبيعى بالبكتيريا، الخميرة والفطريات، وهذه العملية فى غاية الأهمية لتكوُّن النكهة التامة والأروما (الرائحة) المميزة لهذه المنتجات. ويمكن بعدئذ شحن المنتجات الجافة وهى: أوراق الشاى وحبوب القهوة والكاكاو لكل مكان فى العالم، ويتم عمل المشروب النهائى بإضافة الماء.

وحتى الآن لم يُعرف بدقة الدور الذى تقوم به الكائنات الدقيقة فى مثل هذه العمليات التخمرية، ومازال الكثير منها يعتمد على الأسلوب التجريبى، أى الذى لا يهتم بالمبادئ والنظريات العلمية، بل يركز على الملاحظة والاختبار، والقليل منها يهتم بالنواحى العلمية الدقيقة. ويتم استهلاك كميات ضخمة من هذه المنتجات على المستوى العالمى، وأظن أنه بالنسبة للإنسان العادى لا يمر يوم إلا ويتناول فيه على الأقل كوبا من الشاى. وتعتبر هذه المنتجات الأساس الاقتصادى لكثير من الشركات متعددة الجنسيات.

## منتجات الألبان

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

نشاط مجموعة من الكائنات تعرف ببكتيريا حمض اللاكتيك. ويؤدى 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 بالمزرعة 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 بالأمعاء.

وعند نمو هذه البكتيريا فى اللبن فإنها تحلل سكر اللبن إلى حمض لاكتيك، ومن ناحية ثانية يمكن أن تحدث تفاعلات أخرى عديدة، ويتوقف ذلك على مكونات المادة الخاضعة (مادة الوسط)، وأنواع المواد الإضافية وطريقة التخمر. ويمكن أن يؤدى ذلك إلى تكون مواد أيضية 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 مَصْل 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 مِعَد الحيوانات لتجبين اللبن) قد يرجع إلى استخدام رعاة الأغنام البدويين مِعَد 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 مِعَد 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 الصُلبة وفصْل اللبن السائل. وعندئذ تُصفى الخثارة وتُمَلَّح ويمكن استخدامها فيما بعد – وهذا مثال قديم لأسس حفظ الأطعمة.

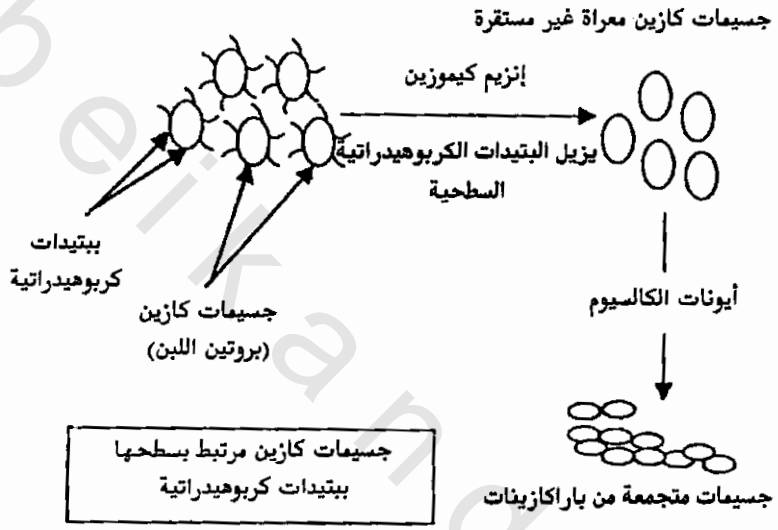
وفى أوروبا كان الرومان أول من دعموا هذه الطريقة مستخدمين لبن الأغنام والماعز. وجاء بعد ذلك لبن الأبقار. وكان أول إنتاج صناعى لمادة «الرينت» أو الإنزيمات المستخلصة من العجول فى الدنمارك عام ١٨٧٤، والإنتاج العالمى الجارى فى الوقت الحاضر فى تزايد مستمر ولا يقل عن ٢٥ مليون لتر كل عام.

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 البروتينى (انحلال البروتينات إلى مركبات أبسط) بواسطة «الرينت» (إنزيم الكيموزين) (من أصل حيوانى أو من فطر) ويكوِّن الكازين المتخثر مادة جيلاتينية التى تتصيد أى أثار لمادة دهنية موجودة- انظر الشكل رقم (٦).




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

وتقطع خُثارة اللبن الصلبة 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، وفى بعض الحالات فطريات خيطية (مثل: الكَمْبر: 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 المطعَّم لإنتاج الكيموزين واستخدامه تجاريا. ففى 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 الداخل فى تصنيعها الكيموزين المطعَّم 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 الحلُّوم منخفضة الدهون (نوع من الجبن الأبيض) .
- الجبنة القشدية عالية الدهون (جبن أبيض طرىّ يصنع من حليب كامل وقشدة).

**(ب) الأجبان الناضجة:**

**١ – الجبنة الصلُبة (نضج داخلى)**

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 اللِّمْبَرْج).

إنضاج عن طريق البكتيريا والفطريات (جبنة الكَمْبر).

والمجموعة الكبيرة الثانية من منتجات الألبان هى 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 مُخمَّرا، ويستخدم فى عملية التخمر مزرعة خليطة من البكتيريا «لاكتوباسيللَس بُلْجَريكَسْ» و«ستربتوكوكس سيرموفيلَيس». وتقوم البكتيريا الأولى بإنتاج مادة الأسيتالدهيد التى تعطى النكهة المميزة للزبادى. أما البكتيريا الثانية فتضفى على الزبادى الطعم الحامضى الطازج والذى ينتج عن



obeikandl.com

تحول سكر اللبن (اللاكتوز) إلى حامض لاكتيك. وكلا النوعين من البكتيريا ينتج بوليمرات خارج الخلايا وهذه البوليمرات هى المسئولة عن اللزوجة المميزة للمنتج، ويكون التحضين عند ٣٠ أو ٤٥°م. ويتم تعبئة الزبادى فى أوانٍ بعد عملية التلقيح ويترك ليخمر فيها. وهناك الزبادى المثلج الذى ازدادت شعبيته وأصبح يستخدم كبديل للجيلاتى.

وفى مجال الصناعات الغذائية التخميرية فى **الوطن العربى** نجد أن إنتاج الألبان المخمرة والجبن وكذلك إنتاج الخميرة النشطة سواء الجافة أم المضغوطة يحتل مكانة عالية بين الصناعات الغذائية فى كل من مصر وسوريا والمغرب والعراق والأردن، ويوجد كذلك إنتاج خمائر العلف وإن اختلفت المادة الخام المستخدمة فى إنتاج هذا البروتين وحيد الخلية. ففى مصر يتم إنتاجه من المولاس المتبقى بعد صناعة تكرير السكر من عصير القصب، أما فى الكويت فينتج من الهيدروكربونات المتوفرة لديهم من صناعة النفط، كما يوجد لدى الكويت دراسات عن إنتاج الأحماض الأمينية وحلب الكلوريللا فى مشتقات النفط.

## تخمر الخضراوات

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

ولإنتاج الكرنب المخمرّ تُقطع أوراقه وتحفظ بعيدا عن الهواء ويضاف إليها الملح الذى يقلل من فعل الماء ويساعد على تسرب المادة السكرية من الأوراق – انظر الشكل رقم (٨)..

شكل رقم (٨): إنتاج الكرنب المخمَّر

وتزدهر بكتيريا حمض اللاكتيك فيما بعد مكونة حمض اللاكتيك الذى يخفض من تركيز الأيون الهيدروجينى ليصبح الوسط حامضا، وهذا يمنع نمو البكتيريا التى تسبب التعفن. إن التحكم الدقيق فى درجة الحرارة (٧,٥°م)، وتركيز الملح (٢,٢٥٪) والظروف اللاهوائية يُنتج فى النهاية كرنبا مخمرًا ممتازا، يبقى فترة طويلة دون تلف، كما أنه يُعتبر طعاما لذيذ الطعم ومُغذيا. ويرجع إنتاج الكرنب المخمَّر 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 تقريبا يتم إنتاج الحبوب التى تمثل المنزلة الأولى للغذاء الذى يستهلكه الشعب، ونسبة كبيرة من هذه الحبوب يتم تخمرها وتحولها إلى مواد غذائية صُلبة 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 والجاودار أو الشيْلَم على نطاق واسع، وفى العادة يخلط الدقيق بالماء أو اللبن، والملح، والدهون، والسكر ومواد إضافية أخرى متنوعة، ويضاف إلى هذا الخليط الخميرة «ساكارروميسس سيرفسياى» مكونا فى النهاية عجينة. وعندما يبدأ التخمر فإن العجينة تنتفخ وذلك بسبب تكون ك أ (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 من قابل للمد أو البسط. وأعتقد أن الكثير قد لاحظ ذلك عند صانعى الفطائر والجلاش، وبهذه الطريقة فإن العجينة تنتفخ وتحتفظ 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 الأميليزيتم إضافتها تساعد فى عملية المزج، والتخمر، والخَبْز والتحسين من الخواص التخزينية النهائية للخبز. وقد يسأل البعض عن الدور الذى تقوم به التكنولوجيا الحيوية فى هذا المجال. إن الـ (ت.ح) الحديثة تعمل دائما على الإمداد بالإنزيمات المحسنّة والمطورة وذلك لتنظيم هذه العملية المعقدة وتطويرها.

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

عملية التخمر يتم خَبْز العجينة المنتفخة فى الفرن معطية منتجا نهائيا خاليا من الكائنات الدقيقة الحية وقابلا للبقاء فى 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 «ساكاروميسس سيرفسياى» بصفات تخمرية مطورة وذلك عن طريق الهندسة الوراثية، وقد حققت هذه السلالة جميع المتطلبات المنظمة للسلامة.

وفى أماكن أخرى من العالم تستخدم الخميرة «كانديدا ميلليرى» لإنتاج الخبز الحامض، والبكتيريا «لاكتوبا سيللس سان فرانسيسكو» لمرحلة التخمر بينما تستخدم الأنواع «ستربتوكوكس» و«بديوكوكس» فى شبه القارة الهندية لتخمر خليط من دقيق الحبوب والبقول، وفى آسيا يستخدم الأرز على نطاق واسع فى العمليات التخمرية المتعلقة بالبقول والأسماك. وفى أمريكا الجنوبية يعتبر خبز الذُّرة الغذاء الرئيسى.

وفى جمهورية مصر العربية ومعظم الدول العربية وبإيجاز شديد، توجد تشكيلات كثيرة من الخبز والمعجنات، أقصد بها الحلويات المختلفة التى يدخل فى تركيبها دقيق الحبوب مثل دقيق القمح، الذرة، الأرز والشعير. وقد يكون المنتج النهائى مكونا من نوع واحد أو أكثر من الدقيق.

## تخمر البقول

يعتبر فول الصويا النبات البقلى الرئيسى الذى يستخدم للتخمر، والمنتجات الناتجة منه لها أهمية خاصة فى الأغذية المتعلقة بالحمية فى دول شرق وجنوب شرق آسيا والهند. إن عملية التخمر تجعل الفول سهل الهضم لأنها تحلل العوامل المضادة للتغذية والمركبات التى تسبب امتلاء البطن بالغازات. وفى إندونيسيا يتم تخمر 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 لتخمر فول الصويا هو الحصول على صلصة الصويا، وإنتاج هذه الصلصة يمر بثلاث مراحل: «الكوجى»، «المورومى» والإنضاج.

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

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

وتعطى مرحلة الإنضاج النكهة التامة النهائية للمنتج.

وفى جميع المواد الغذائية والمشروبات المخمرة التى تم مناقشتها توجد كائنات دقيقة معينة تلعب دورا أساسيا لا غنى عنه فى تحقيق المنتج النهائى. وتستخدم الآن مزارع بادئة فى كل هذه العمليات التخمرية، وبذلك يكون هناك تحكم وتماثل أكبر فى المنتج أو المنتجات النهائية. وفى معظم العمليات تصبح 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 رائقا.

# الإنزيمات ومعالجة المواد الغذائية

يعتبر استخدام الإنزيمات فى إنتاج المواد الغذائية أحد التطبيقات الرئيسية للتكنولوجيا الحيوية الحديثة فى السنوات الأخيرة. إن الإنزيمات ضرورية جدا لتخمر 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 تجربته والتأكد من نجاحه فى معالجة الفواكه والخضراوات، وحتى فى عمليات التحول الصناعى للنشا قد تم التخلى 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 تُعكَس وبذلك لن يكون هناك طاقة أيضية 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 المنكّهة، 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 «فوسفوليبيز-أ٢» فى الوقت الحاضر كمستحلب غذائى. إن الربط بين هندسة البروتينات

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

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

obeikandl.com

# المُحلِّيات والمُحلِّيات البديلة

فى كثير من المجتمعات غالبا ما يكون هنـاك احتيـاج للمُحلِّيـات خاصـة بعد تناول وجبات الطعام. ويختلف استهلاك السكريات من بلد إلى آخر ففى الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا يقدر استهلاك الفرد من السكروز بحـوالى ٥٧ كيلوجرامـا سنويا. وحتى نهاية الستينات كان سـكر القصـب وسـكر البنجـر والسـكروز هـى المُحلِّيات الأساسية. وفى السبعينات ابتكرت تكنولوجيا الإنزيمات طائفـة جديـدة من المُحلِّيات التى تم الحصول عليها من مصادر نشوية.

ومادة «**السَّكرين**» تلك المادة المشتقة كيميائيا والتى تبلغ درجـة حلاوتـها ٣٠٠ ضعف حلاوة السكروز قـد اسـتخدمت علـى نطـاق واسـع لسـنوات عديـدة كمـادة مُحلِّية بديلة، ولكنها الآن تواجه تحديـا مـتزايدا مـن المُحلِّيـات البديلـة الجديـدة الطبيعية ذات السعرات الحرارية المنخفضة.

ومن الأهداف الرئيسية للتكنولوجيا الحيوية تحسين وتطويـر المُحلِّيـات البديلـة التى يمكن استخدامها عوضا عن السكر. ويوجد فى جنوب أفريقيـا نبـات يسـمى «ثاوماتوكوكس دونيللى» ويحمل هـذا النبـات ثمـارا، وتحتـوى هـذه الثمـار علـى بروتين يسمى «**ثاوماتين**». ويعتبر هذا البروتين أحلى مادة عرفت حتى الآن على مستوى العـالم، وتفـوق درجـة حلاوتـه حـلاوة السـكروز ٣ آلاف مـرة. وهنـاك محاولات لشركات متخصصة فى التكنولوجيا الحيوية لتحسـين «الثاومـاتين» عـن طريق برامج الهندسة الوراثية، وفـى الحقيقـة نجـح العلمـاء فـى كـل مـن هولنـدا والولايات المتحدة الأمريكية فى «كلونة» «الثاوماتين»، وإنتـاج «الثاومـاتين» علـى مستوى تجارى عال سيصحبه انخفاض فى أسعار السكر.

وانتشر «الثاوماتين» الآن فى أنحاء أوروبا ودول أخرى مثل اليابان حيث يبـاع هناك بكميات هائلة، وهناك مجهود ضخم يبذل لإنتاج هـذا البروتين عـن طريـق كائنات دقيقة مهندسة وراثيا.

ومادة «**أسبرتام**» التى تستخدم على نطاق واسع فى تحلية كثير من المشروبات غير المُسكِرة ذات السعرات الحرارية المنخفضة يتم تنميتها وتحسينها بطرق خاصة بالتكنولوجيا الحيوية. وتبلغ درجة حلاوة «الأسْبَرتام» ١٥٠ ضعف حلاوة السكروز.

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

ويعتبر **عصير الذرة** الغنى بسكر الفركتوز مثالا آخر فى غاية الأهمية للمُحَلِّيات ذات الشأن التجارى. ويمثل هذا العصير واحدا من أكبر المنتجات حجما والتى يتم تصنيعها باستخدام التقنية الإنزيمية المجمَّدة. وهذا العصير عبارة عن خليط متوازن من سكر الجلوكوز والفركتوز وتفوق درجة حلاوته درجة حلاوة قصب السكر. ويتم إنتاجه عن طريق الهضم الإنزيمى لنشا الذرة، ويستخدم فى إعطاء النكهة للمشروبات غير المُسكِرة وفى تحلية البسكويت والكعك.

## إضافات غذائية متنوعة مُستمدة من الميكروبات

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

**الخل:** الخل عبارة عن محلول مائى يحتو ى 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. وفى العادة تكون البكتيريا المخمرّة من نوع «أسيتوباكتر». ويستخدم الخل على نطاق واسع كمُحمِّض خفيف ومادة منكهة فى 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 «أسبرجللس 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 كمحُمِّض خفيف.

**الأحماض الأمينية والفيتامينات:** تستخدم الأحماض الأمينية بصورة ملحوظة فى الصناعات الغذائية والمشروبات كمواد مقوية للنكهة، وكتوابل، أو إضافات مُغذِّية. ويبلغ الإنتاج العالمى من الأحماضِ 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 أمينيين يتم إنتاجهما عن طريق العمليات التخمرية التى تضم البكتيريا «كورينيبكْتيريمَ جلوتاميكم» و«بريفيَبكْتيريمِ فِلافَم» على التوالى. إن الانتقاء المطفر المكثف نتج عنه كائنات دقيقة أنتجت هذه المواد الأيضية الأولية بكميات وفيرة. وتكنولوجيا الدنا ستحسن وستُطور من الكفاءات الإنتاجية.

تستخدم الفيتامينات عادة كإضافات غذائية، ورغم أن فيتامين ج (حمض الأسكوربك) يستخدم كمادة غذائية مكملة إلا أن الإنتاج العالمى السنوى منه يصل إلى ٤٠.٠٠٠ (أربعين ألف) طن، والعديد من الكائنات الدقيقة يمكن استخدامها فى العمليات الإنتاجية لهذا الفيتامين.

**مقويات النكهة**: تعتبر مادة جلوتاميت أحادى الصوديوم من أفضل المواد المُنكّهة، وتُنتَج هذه المادة بكميات كبيرة بواسطة عمليات التخمر التى تُستخدم فيها الكائنات الدقيقة الطبيعية أو المهندسة وراثيا. إن تحلل «رنا» (آر.إن.أ) الخميرة يمكن أن ينتج عنه مشتقات نيوكليتيدية التى تعتبر عناصر منكهة قوية خاصة فى حالة اللحوم. ويبلغ حجم التسويق العالمى الجارى من منكهات الطعام حوالى ٢ بليون دولار أو أكثر. وسيكون للتكنولوجيا الحيوية تأثير كبير على السوق العالمى خاصة فى حالة استخدام المعاملات الجينية والطرق الإنزيمية المطورة.