نقل (تهجين) هذا الجزء إلى الحامض النووي (DNA) في بكتيريا أو خميرة ليصبح جزءاً من تركيبها الوراثي لتقوم بدورها بنسخه شكل (٢) .

٦ ـ انتاج المحسنات الغذائية :

ويشمل ذلك انتاج الأصباغ وبعض المواد الحافظة ومواد النكهة الطبعية والمواد الملونة الطبعية مثل الكاروتينويدات .

معوقات هذه التقنية

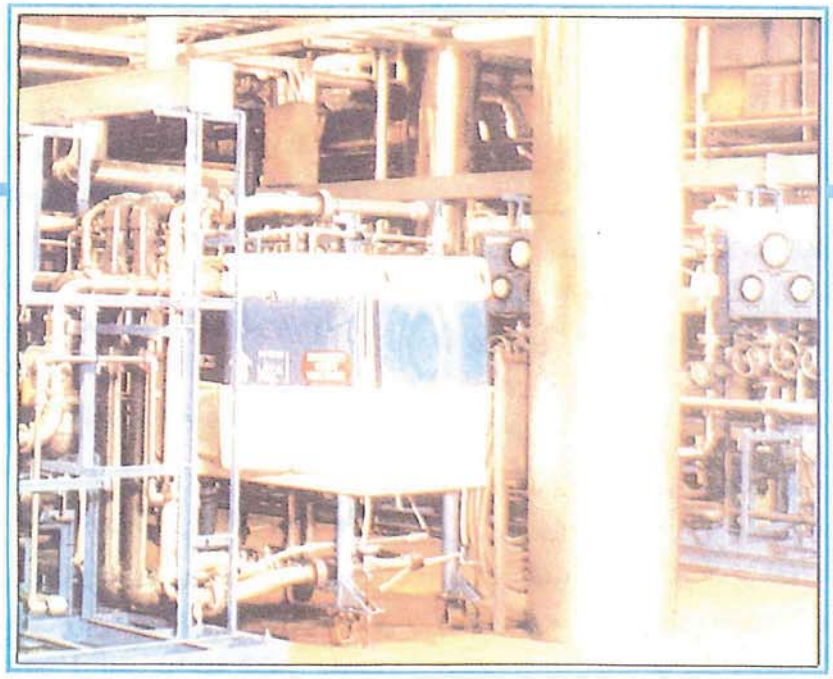
بالرغم من القدرات الكبيرة لهذه التقنية إلا أن هناك مشاكل تعتريها وتقف حجر عثرة أمام تقدمها ، ولاسيما أن البلدان التي تجرى فيها معظم الدراسات والأبحاث بها قوانين صارمة تنظم العمل في مجال التقنية الحيوية ولا سيما مايتعلق بتقنية الحامض النووي الهجين (R-DNA) كما هو الحال في اليابان وبدرجة أقل في أمريكا وأوربا .

ومن المشاكل التي قد تنشأ نتيجة للتوسع في عملية «القص واللزق» للمورثات مايلي :

١ ـ نشوء سلالات بكتيرية مقاومة للمضادات الحيوية .

٢ ـ نشوء سلالات ممرضة وأخرى تنتج سموماً من أنواع ليست كذلك في الأصل .

وللحد من حدوث ذلك يجب أن تخضع التجارب الخاصة بالتقنية الحيوية لقوانين صارمة لكي تجنب البشرية الأخطار الممكنة من جراء عملية القص واللزق في المورثات ، وهذا مايناديي به الكثير من المشرعين في البلدان التي تنشط فيها مثل هذه الأبحاث ولو أدى ذلك إلى إبطاء عجلة البحث العلمي في هذا المجال ، وعلى النقيض من ذلك يرى المتخصصون في التقنية الحيوية أنه لا داعي لمثل هذه القيود بل ويعتقدون جازمين بأن القرن القادم سيكون قرن التقنية الحيوية حيث ستستخدم المعرفة في هذا المجال في رفع الانتاج وتحسين النوعية للنبات والحيوان ورفع المستوى الصحي للإنسان .



الهندسة الأنزيمية وتسكين الأنزيمات

د. محمد عبدالفتاح مهيا
كلية الزراعة والطب البيطري بالقصيم
جامعة الملك سعود

الأنزيمات عبارة عن مواد حيوية مساعدة تقوم بزيادة سرعة التفاعلات الكيماوية التي تحدث داخل أو خارج الخلايا الحية بدون أن تتغير ـ أي الأنزيمات ـ خلال هذه التفاعلات . ويطلق على المواد المتفاعلة في التفاعلات الأنزيمية بمواد التفاعل أو المواد الخاضعة . ومن أهم خواص الأنزيمات أنها متخصصة حيث يعمل كل أنزيم على مادة تفاعل واحدة أو عدة مواد تفاعل من نفس النوع لينتج عن ذلك ناتج أو عدة نواتج . ولكل أنزيم درجة حرارة ورقم هيدروجيني (pH) أمثل يكون عنده أقصى نشاط للأنزيم .

جميع الأنزيمات مركبات بروتينية تتراوح أوزانها الجزيئية بين ٩٠٠٠ إلى أكثر من مليون ، كما أن العديد من الأنزيمات لا تظهر فعاليتها في حالة عدم وجود أحد المكونات غير البروتينية والذي يطلق عليه العامل المرافق ، الذي يكون عبارة عن جزئية عضوية أو قد يكون أحد الأيونات المعدنية . تذوب الأنزيمات في الماء مكونة محاليل غروية لا تنفذ من الأغشية شبه المنفذة إلا بصعوبة ، ويستفاد من هذه الخاصية في فصل الأنزيمات عن الالكتروليتات وكذلك في تسكين الأنزيمات .

تقوم الأنزيمات بدور رئيس في التحولات الحيوية المختلفة وفي عمليات التخمرات الصناعية المتعلقة بالعديد من صناعات الأغذية والصناعات الكيمياوية ، كما تعمل الأنزيمات على خفض لزوجة بعض المواد وتحسين عمليات الفصل والاستخلاص وتغيير الصفات الوظيفية لكثير من المركبات وتحسين كفاءة المنظفات الصناعية بالإضافة إلى إنتاج العديد من الكيماويات المختلفة . وعموماً تستخدم الأنزيمات في الصناعة بغرض خفض تكاليف الإنتاج مع زيادة كفاءة عمليات التصنيع وتحسين المنتجات أو إنتاج مركبات جديدة .

تطور استخدام الأنزيمات صناعيا

لقد كان من المعتقد وحتى القرن التاسع عشر بأن بعض العمليات كزيادة حموضة الحليب وتخمر السكر إلى كحول لا تحدث إلا بفعل كائن حي . وفي عام ١٨٣٣م تم عزل العصارة المسؤولة عن تحلل السكر وسميت عندئذ دياستيز (Diastase) ـ يطلق عليه الآن الأميليز (Amylase) ـ ويعد هذا أول أنزيم ذا أهمية في التصنيع يتم التعرف عليه بعد ذلك بقليل أمكن استخلاص المادة المسؤولة عن هضم البروتينات في الغذاء من العصارات المعوية وأطلق عليها العالم كوهن عام ١٨٧٨م اسم ببسين (Pepsin) وهو مصطلح من أصل اغريقي ويعني «الخميرة» . وفي عام ١٨٩٧م أظهرت البحوث أنه يمكن استخدام مستخلص الخميرة ـ غير الحية ـ في تخمر السكر . وفي عام ١٩٢٦م أمكن تنقية وبلورة أنزيم اليوريز (Urease) من مستخلصات بعض البقول . وفي السنوات اللاحقة أمكن تنقية وبلورة العديد من الأنزيمات الأخرى سواء من أعضاء الحيوانات المختلفة (المعدة ـ البنكرياس ـ الأمعاء ـ الكبد) أو من النباتات المختلفة . ويعد استعمال أنزيم الرينين (Rennin) ـ المستخلص من المعدة الرابعة للعجول الرضيعة ـ أو أنزيم البابين (Papain) ـ المستخرج من الباباي ـ في عمل الأجبان من أحسن الأمثلة على ذلك . ومن التطورات الحديثة نسبياً انتاج الأنزيمات من الأحياء المجهرية (الخميرة ـ الفطر ـ البكتيريا) لاستخدامها في الصناعات المختلفة وذلك لسهولة السيطرة على نموها وكفاءة هذا النمو مقارنة بمصادر الأنزيمات النباتية والحيوانية ، وقد أمكن حديثاً الحصول على طفرات في بعض الأحياء المجهرية لتنتج أنزيمات معينة لأغراض مختلفة باستخدام أساليب الهندسة الوراثية .

أصبحت الأنزيمات في الوقت الحاضر مجالاً واسعاً للبحوث الأكاديمية حيث تساعد في الكشف عن الحالات المرضية ، كذلك ـ وبسبب تخصصها ـ فإن لها قيمة كبيرة في التحاليل الطبية ، وللأنزيمات استعمالات كثيرة في مجالات مختلفة في الوقت الحاضر ، ومن هذه المجالات الصناعات الغذائية ، صناعات الأدوية ، صناعات الأقمشة والصباغة ومجالات الطب (مثل الكلية الاصطناعية) . ويوضح الجدول (١) أهم المجالات التي تستخدم فيها الأنزيمات .

المجال	بعض الأنزيمات المستخدمة
(أ) ـ الصناعات الغذائية	
١ ـ الخبز والمخبوزات	بروتيز (Proteases) أميليز (Amylase) جلوكوأميليز (Glucoamylase) جلوكوأيسوميريز (Glucose isomerase)
٢ ـ ألبان ومشروبات الفاكهة	رينين (Rennin) ببسين (Pepsin) لاكتيز (Lactase)
٣ ـ الأسماك	كاتالين (Catalase) بكتين جلوكوزيديز (Pectin Glycosidase) جلوكوز أكسيديز (Glucose oxidase)
٤ ـ اللحوم ومنتجاتها	بروتيز (Proteases)
٥ ـ الشاي والقهوة	تانيز (Tannase)
٦ ـ الخضروات	سيلولوز (Cellulase) ألفا جلاكتوسيديز (Galactosidase) دكستراز (Dextranase) بوفلاز (Nuclease)
٧ ـ سكر النبات	
٨ ـ تصنيع سكر الفاكهة	
٩ ـ الكيماويات	
(ب) ـ صناعة الأعلاف والمنظفات والأكسدة والصباغة وإزالة الجلود والبلاستيك	بروتيز (Proteases)
(جـ) ـ مجالات الطب والأدوية	بنسيلين أميديز (Penicillin amidase) فيبرانوليز (Amenosynthase) فوسفاتيز (Phosphatase)

جدول (١) أهم المجالات التي تستخدم فيها الأنزيمات

تسكين (تثبيت) الأنزيمات

الأنزيمات المسكنة (غير المتحركة) هي الأنزيمات التي تكون أما مدمجة طبعياً أو مرتبطة كيماوياً بمواد مدعمة غير ذائبة أو تكون مغلفة بمواد غير ذائبة دون أن يؤدي ذلك إلى فقدان فعالية الأنزيم وفي نفس الوقت يمكن فصلها بسهولة من وسط التفاعل لتستخدم عدة مرات .

مزايا تسكين الأنزيمات

تمتاز الأنزيمات المسكنة عن الأنزيمات الذائبة (غير المسكنة) بما يلي :

١ ـ يمكن تصنيعها أو استخدامها عدة مرات وبالتالي خفض تكاليف الانتاج وزيادة كفاءة التشغيل .

٢ ـ سهولة التحكم في ظروف التفاعل والتشغيل أثناء التصنيع .

٣ ـ زيادة ثبات الأنزيم المسكن ضد الحرارة والرقم الهيدروجيني (pH)

٤ ـ انخفاض التأثير المثبط لنواتج التفاعل على الأنزيم المسكن .

٥ ـ سهولة فصل الأنزيمات المسكنة من مخلوطات التفاعل وبالتالي وقف التفاعل عند أي لحظة .

٦ ـ عدم ذوبان الأنزيمات مع الناتج .

٧ ـ امكانية تصميم مفاعلات حيوية ذات كفاءة عالية في التحولات الحيوية المختلفة .

هناك عدة عوامل أساس تؤثر على استخدام الأنزيمات المسكنة في الصناعة وهي : تكلفة الأنزيم ، تكلفة طريقة التسكين ، كفاءة النظام المستخدم في التصنيع ، رأس المال المتاح وتكاليف عمليات التنظيف والصيانة .

طرق تسكين الأنزيمات

هناك عدة طرق لتسكين الأنزيمات تتم ضمن المفاعلات الحيوية يمكن تقسيمها إلى طرق طبعية وطرق كيماوية ، شكل (١) .

(أ) الطرق الطبعية :

١ ـ الادمصاص على أسطح مواد خاملة تسمى دعامة أو حامل، من هذه المواد كرات زجاج ، فحم نشط ، الطفل ، الألومنيا ، السيليكا ، وغيرها .

٢ ـ تغليف الأنزيمات بمركبات متبلمرة بطريقة البلمرة الاصطناعية في صورة جيلاتين على هيئة ألياف أو كرات صغيرة بحيث يسمح الغلاف بمرور الأنزيم .

٣ ـ حجز الأنزيمات بأغشية صناعية شبه منفذة مثل أغشية الترشيح العالي (Ultrafiltration) والمسماة بالمفاعل الحيوي الغشائي .

(ب) الطرق الكيماوية :

١ ـ ارتباط الأنزيم مع الدعامة بروابط أيونية أو تساهمية تحت ظروف معتدلة بحيث

لا تتأثر الفعالية الإنزيمية ويستخدم لذلك مركبات كيماوية مختلفة .

٢ ـ ارتباط الأنزيمات بعضها مع بعض بروابط تساهمية لتكون شبكة من الأنزيمات ويستعمل لذلك مواد كيماوية مثل الجلوتاريلدهيد وغيره .

تحضر الأنزيمات المسكنة عموماً من المفاعلات الحيوية على شكل رقائق أو كرات صغيرة عادة ، إلا أن الأنزيمات اما أن ترتبط بالحامل أو تغلف داخل الحامل الذي يعمل كغشاء محيط بالأنزيمات . أما بالنسبة للأنزيمات الموجودة داخل الخلايا فإنه من الأفضل اقتصادياً ربط أو تسكين الخلايا نفسها بدلاً من اجراء عملية الاستخلاص بشرط ألا توجد أنزيمات أخرى داخل الخلايا تؤثر على الغرض الأساس للتسكين من الناحية التطبيقية . ويعد تغليف الخلايا داخل البولي أكريلاميد الجيلاتيني أو داخل الأغشية الصناعية شبه المنفذة أكثر الطرق استعمالاً ، ولهذه الطريقة فائدة كبيرة خاصة عند صعوبة استخلاص الأنزيم أو إذا كان الأنزيم غير ثابت تحت ظروف الاستخلاص ، ويدخل هذا تحت مايعرف بتسكين الخلايا .

المفاعلات الحيوية

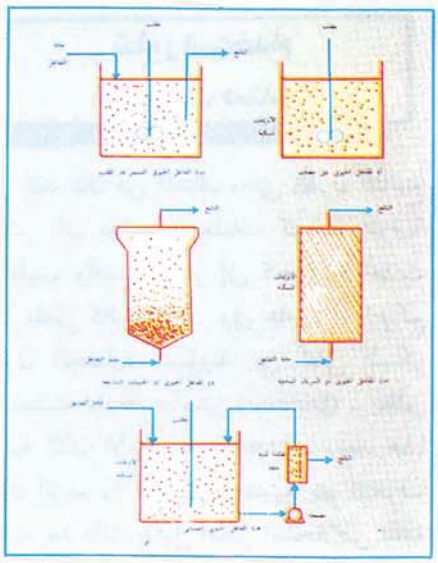
المفاعل الحيوي هو وعاء توضع بداخله الأنزيمات المسكنة في خط التصنيع بغرض اجراء التحولات الحيوية المطلوبة . وبتقدم علم هندسة وتقنية الأنزيمات تم ابتكار عدة أشكال من المفاعلات الحيوية لتتناسب مع طريقة التصنيع وجميعها الآن متوفرة ومستخدمة في الصناعات والمجالات المختلفة ، ويوضح الشكل (٢) أهم أشكال المفاعلات الحيوية التي تستخدمها الأنزيمات المسكنة في الصناعات المختلفة ، وتشمل :

١ ـ المفاعل الحيوي على دفعات .
٢ ـ المفاعل الحيوي المستمر ذا المقلب .
٣ ـ المفاعل الحيوي ذا السريان المسدود .
٤ ـ المفاعل الحيوي ذا الحبيبات السابحة .
٥ ـ المفاعل الحيوي الغشائي .

كما توجد مفاعلات تجمع بين الأنواع السابقة .

يتوقف اختيار المفاعل الحيوي المستعمل على نوع الأنزيم وطريقة التسكين ونوع الحامل (الدعامة) المستعمل والغرض المستعمل من أجله المفاعل .

يعد المفاعل الحيوي ذو السريان المسدود أكثر المفاعلات استعمالاً على نطاق تجاري وكان أول استعمالاته تجارياً انتاج الأحماض الأمينية من نوع L بوساطة أنزيم أمينو سيليز المسكن على السيفادكس المعروف بـ : (DEAE Sephadex)، ويستعمل في انتاج سكر الفركتوز من الجلوكوز بوساطة أنزيم جلوكوز ايسوميريز المسكن، وانتاج سكريات الجلوكوز والجلاكتوز من سكر الحليب (اللاكتوز) بوساطة أنزيم اللاكتيز المسكن . ويمتاز المفاعل الحيوي ذو السريان المسدود بكفاءته العالية وسهولة تشغيله وبساطة تركيبه ، وحديثاً تم ابتكار مفاعل حيوي غشائي لتسكين الأنزيمات أو الخلايا الميكروبية المستخدمة في التحولات الحيوية المختلفة يمتاز بزيادة الكفاءة عن المفاعل السابق حيث تكون الأنزيمات أو الميكروبات به في صورة حرة خلف غشاء صناعي شبه منفذ، ومن المنتظر أن ينال هذا المفاعل مكانة كبيرة في الصناعات والمجالات المختلفة التي تستخدم فيها الأنزيمات المسكنة .



شكل (٢) أهم أشكال المفاعلات الحيوية

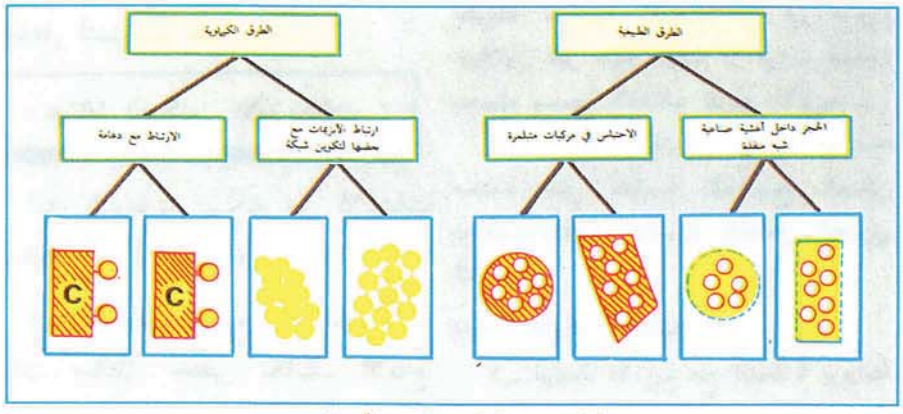
تسكين الأنزيمات في الصناعة

تستعمل الأنزيمات المسكنة حالياً في عدد من الصناعات ـ خاصة الصناعات الغذائية ـ كما هو موضح في الجدول (٢) .

من أهم الصناعات التي تستخدم فيها الأنزيمات المسكنة على نطاق تجاري مايلي :

١ ـ انتاج الأحماض الأمينية من نوع L :

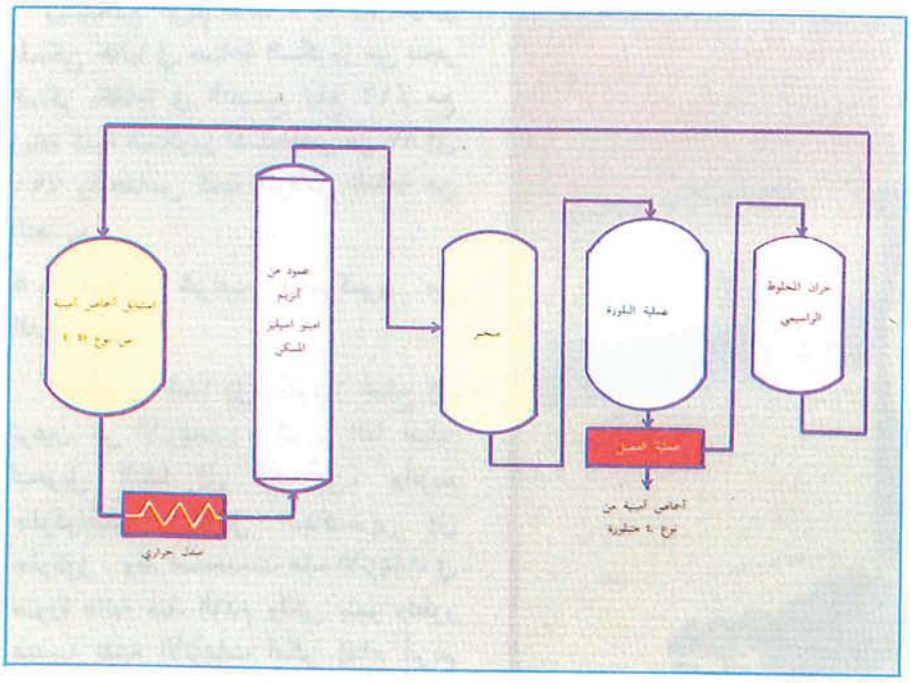
يعتبر استخدام أنزيم امينواسيليز (Aminoacylase) في انتاج الأحماض الأمينية من نوع L (المهمة من الناحية الحيوية في التغذية) أول استخدام للأنزيمات المسكنة في الصناعة على نطاق تجاري وتم ذلك في اليابان في عام ١٩٦٩م ، ومنذ ذلك الحين تزايد استخدام الأنزيمات المسكنة في



شكل (١) طرق تسكين الأنزيمات

الصناعة	الأنزيم المستخدم
(أ) - منتجات في نظائق تجاري:	
١ - انتاج الأحماض الأمينية من نوع L	اميوأسيليز (Aminoacylase)
٢ - انتاج شراب الفركتوز من الذرة	جلوكوز ايسوميريز (Glucose isomerase)
٣ - انتاج السكروز من بنجر السكر	الفاجالاكتوسيديز (α-Galactosidase)
٤ - انتاج حامض ٦-أمينو بنسلانيك	بنسلين اميديز (Penicillin amidase)
(ب) - منتجات وليست على نطاق تجاري:	
١ - انتاج شراب الجلوكوز من النشا	الفا اميليز (α-Amylase)
٢ - انتاج منكهات	ريبونوكليوتيديز (Ribonucleotidase)
٣ - انتاج أجبان طرق مستمرة	ريبين (Rennin) بيبسين (Pepsin)
٤ - انتاج فنوكسيلين	بنسلين اميديز (Penicillin amidase)

جدول (٢) بعض التطبيقات الحالية لتسكين الأنزيمات.



شكل (٣) انتاج الأحماض الأمينية من نوع L

الصناعات المختلفة ، ففي عام ١٩٧٣م أنشيء مصنع لإنتاج حامض الأسبارتيك من نوع L (L-Aspartic Acid) باستخدام أنزيم الاسبارتيز (Aspartase) الموجود في الخلايا الميكروبية والمسكنة بوساطة تغليفها بمركبات متبلمرة جيلاتينية مثل البولي اكريلاميد (Polyacrylamide) ، وفي عام ١٩٧٦م أنشيء

الاستخدام الحيوي	الأنزيم
(أ) - تقدير الكربوهيدرات:	
١ - جلوكوز ●	جلوكوز اكسيديز (Glucose oxidase)
٢ - سكروز ●	ميوتاروتيز (Mutarotase) و انفرتيز (Invertase)
٣ - لاكتوز ●	
(ب) - تقدير الليبيدات:	لاكتيز (Lactase)
١ - الكولسترول الحر	كولسترول اكسيديز (Cholesterol oxidase)
٢ - الكولسترول الكلي	كولسترول استريز (Cholesterol esterase)
٣ - الفوسفوليبيدات	فوسفوليبيز (Phospholipase D)
(جـ) - تقدير الكولين:	كولين اكسيديز (Choline oxidase)
(د) - تقدير الأمينات الأحادية	موناميين اكسيديز (Monoamine oxidase)
(هـ) - مركبات أخرى:	
١ - ايثانول ●	الكحول اكسيديز (Alcohol oxidase)
٢ - حامض اليوريك ●	يوريكيز (Uricase)
٣ - الأحماض الأمينية ●	أمينو أسيد اكسيديز (L-amino acid oxidase)
٤ - حامض الفلاكتيك ●	لاكتيت ديهيدروجيني (Lactate dehydrogenase)

جدول (٣) بعض تطبيقات تسكين الأنزيمات في التحاليل الطبية.

مصنع آخر لنفس الغرض. يوضح الشكل (٣) مراحل انتاج الأحماض الأمينية من نوع L باستخدام الأنزيمات المسكنة.

٢ - انتاج شراب الفركتوز من الذرة :

نظراً لأن سكر الفركتوز يمتاز بالحلاوة العالية بالمقارنة ببقية السكريات مثل سكر القصب (سكروز) أو سكر الذرة (جلوكوز) فلذلك استخدم أنزيم جلوكوز ايسوميريز في الصناعة لتحويل سكر الجلوكوز الناتج من الذرة إلى سكر الفركتوز المستخدم في عديد من الصناعات الغذائية . ففي عام ١٩٧٢م أنشيء في الولايات المتحدة الأمريكية مصنع لإنتاج شراب الفركتوز من الذرة باستخدام أنزيم جلوكوز ايسوميريز المسكن ، ويوجد حالياً في الولايات المتحدة عدد من الشركات تنتج شراب الفركتوز من الذرة بنفس الطريقة ، شكل (٤) . وقد قدر انتاج الولايات المتحدة من شراب الفركتوز عام ١٩٨٥م بحوالي ٤,٥ مليون طن . كذلك يتم انتاج شراب الفركتوز في بعض البلدان الأخرى بنفس الطريقة ولكن من مواد أخرى مختلفة .

٣ - انتاج حليب أو شرش خالي من اللاكتوز :

يقوم أنزيم اللاكتيز (Lactase) بتحليل سكر الحليب (اللاكتوز) إلى جلوكوز وجلاكتوز ، ويستفاد من ذلك في انتاج حليب أو شرش خالي من اللاكتوز ، حيث يستخدم الحليب الخالي من اللاكتوز في تغذية فئة من الناس الذين يعانون من الحساسية لسكر اللاكتوز إذ يكون لديهم نقص في أنزيم اللاكتيز في الجهاز الهضمي . ويستخدم الحليب الخالي من اللاكتوز أيضاً في العديد من صناعات الألبان (اللبن الزبادي - المثلجات اللبنية - الأجبان) حيث أنه أكثر حلاوة من الحليب الطبيعي نتيجة لأن سكر الجلوكوز والجلاكتوز أكثر حلاوة من سكر اللاكتوز . وقد أنشيء أول مصنع عام ١٩٧٧م في إيطاليا لإنتاج حليب خالٍ من اللاكتوز باستخدام أنزيم اللاكتيز المسكن وتقدر إنتاجيته بحوالي ١٠ طن حليب يومياً .

في عام ١٩٨٣م أنشأت الولايات المتحدة الأمريكية مصنعاً لإنتاج شرش خالٍ من اللاكتوز باستخدام أنزيم اللاكتيز المسكن بطاقة إنتاجية تبلغ حوالي ١٠٠,٠٠٠ جالون شرش في اليوم ، ويستخدم الشرش الناتج في صناعة المشروبات المختلفة والمثلجات اللبنية والحلويات والتخمرات الصناعية المستخدمة في إنتاج عديد من المركبات الهامة مثل الكحول والأحماض العضوية والمضادات الحيوية والأنزيمات والفيتامينات والبروتينات وحيدة الخلية .

٤ - انتاج السكروز من بنجر السكر :

عند تصنيع السكروز من بنجر السكر وجد أن سكر الرافينوز (Raffinose) الموجود في بنجر السكر يعيق من بلورة سكر السكروز . لذلك يستخدم أنزيم الالفا - جلاكتوسيديز في تحلل سكر الرافينور إلى سكروز وجلاكتوز مما يزيد من كفاءة التصنيع وزيادة الناتج .

ويستخدم أنزيم الالفا ـ جلاكتو سيديز المسكن حاليا في صناعة السكروز من بنجر السكر بكفاءة في التصنيع تبلغ ١٢٪ مع زيادة كمية السكروز المستخلص من ٨٧ إلى ٩١٪ وانخفاض كمية المولاس الناتجة من التصنيع .

٥ ـ انتاج شراب الجلوكوز من الدكسترين :

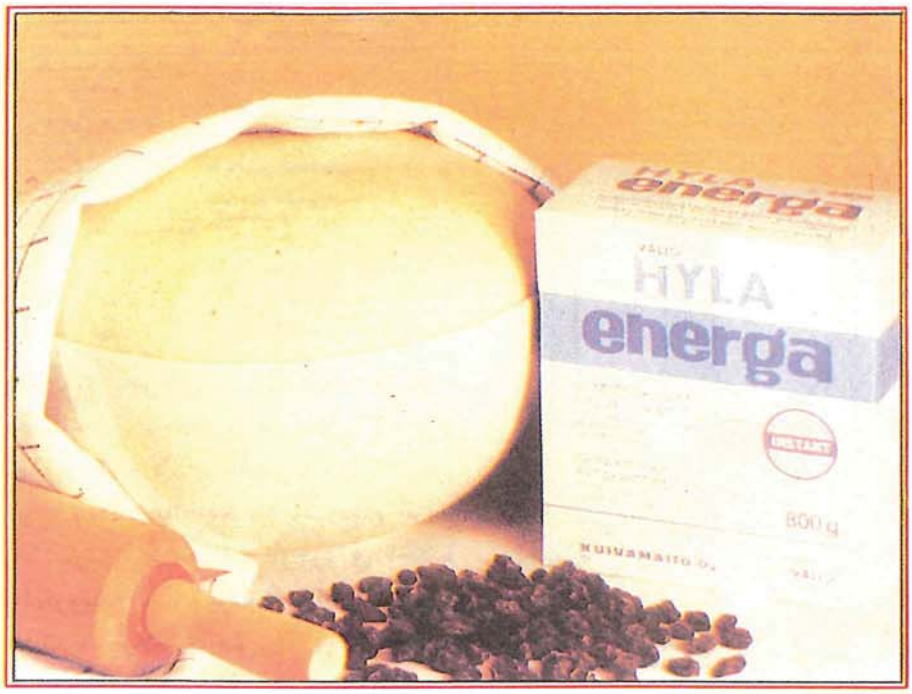
ان تحويل النشا إلى جلوكوز يحتاج إلى نوعين من الأنزيمات: أنزيم الفا اميليز لتحويل النشا إلى دكسترين، وأنزيم جلوكواميليز لتحويل الدكسترين إلى جلوكوز . وقد استخدمت هذه الأنزيمات في صورة ذائبة منذ القدم ولكن بنمو وتطور هندسة تقنية الأنزيمات أمكن إنتاج أنزيم جلوكواميليز مسكن لاستخدامه صناعياً في انتاج شراب الجلوكوز من الدكسترين وذلك في إحدى شركات تصنيع الذرة في الولايات المتحدة الأمريكية .

٦ ـ انتاج المضادات الحيوية :

تعد الأنزيمات والميكروبات المسكنة مهمة جداً في انتاج العديد من المضادات الحيوية مثل مركبات البنسلين والسيفالوسبورينات ، وقد أجريت دراسات عديدة على استخدام الأنزيمات المسكنة في إنتاج المضادات الحيوية وكان نتيجة ذلك إنشاء أول مصنع يستعمل أنزيم بنسلين في إنتاج مركب حامض ٦- امينوبنسيليناك (هو مركب وسطي مهم في إنتاج مركبات البنسلين) من مركبات بنزيل بنسلين وفينواوكس ميثايل الناتجة من التخمرات الصناعية بسهولة .

٧ ـ الأحماض العضوية :

تستعمل الأحماض العضوية بكثرة في الصناعات الغذائية والأدوية وينتج بعضها بوساطة التخمرات الصناعية ، ولقد تم انتاج حامض الماليك (L-malic acid) على نطاق تجاري في اليابان عام ١٩٧٤م من مركب فورمات الأمونيوم باستخدام أنزيم الفيوماريز (Fumarase) المسكن ، وخطوات انتاج هذا الحامض مشابه إلى حد كبير لخطوات انتاج حامض الأسبارتيك .



تطبيقات الأنزيمات المسكنة في المجالات الأخرى

تستخدم الأنزيمات المسكنة في مجالات الطب والصيدلة في عدة نواحي أهمها : ـ

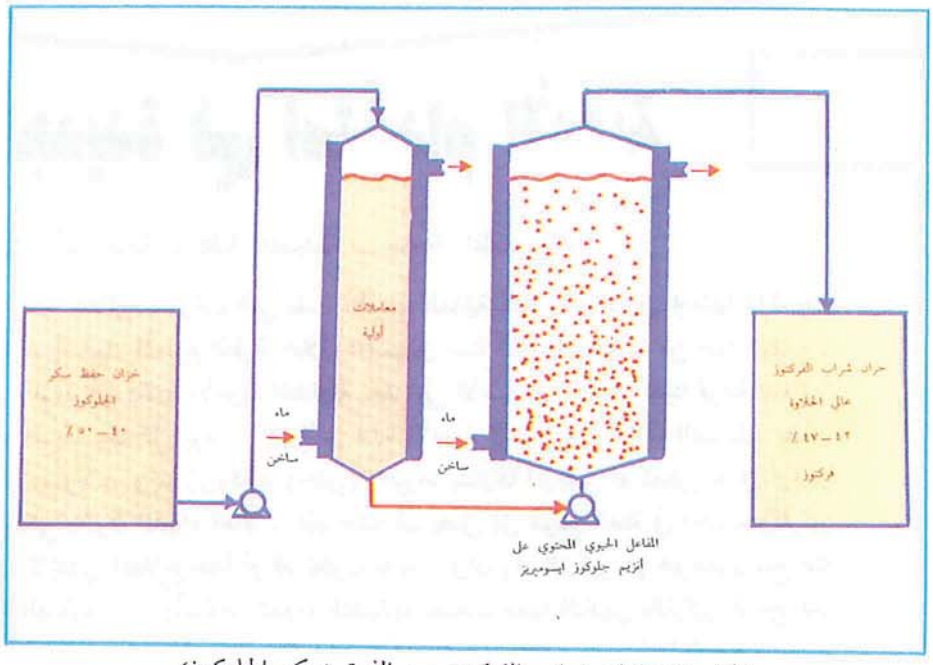
١ ـ التحليلات الكيماوية :

امكن ابتكار أجهزة عديدة تستخدم فيها الأنزيمات المسكنة في تحليلات مختلفة في العيادات الطبية وتسمى هذه الأجهزة بالاستشعارات الحيوية، جدول (٣) . وقد تم حالياً صنع بعض هذه الأجهزة على نطاق تجاري مثل أجهزة قياس الجلوكوز والسكروز واللاكتوز وحامض اللاكتيك وحامض اليوريك والأحماض الأمينية المختلفة والكحول واليوريا .

٢ ـ الخلايا الاصطناعية :

بالتقدم السريع في التقنية الحيوية بصفة عامة وهندسة وتقنية الأنزيمات بصفة خاصة ، أمكن ابتكار خلايا اصطناعية تحتوي بداخلها على أنزيمات ومواد حيوية أخرى وتحاط بأغشية شبه منفذة وذلك لاستخدامها في مجالات الطب المختلفة: فقد أمكن تصنيع الكلية الاصطناعية الصغيرة التي تستخدم في حالات الفشل الكلوي لتحل محل أجهزة غسيل الكلية الكبيرة والمكلفة . ويكون أنزيم اليوريز أحد مكونات الكلية الاصطناعية التي تستعمل لإزالة اليوريا من الجسم ، وقد أمكن استخدام أكثر من أنزيم في خلايا اصطناعية للتخلص من اليوريا وتحويلها في نفس الوقت إلى مركبات يمكن للجسم الاستفادة منها مثل الأحماض الأمينية .

أمكن أيضاً انتاج كبد اصطناعي يحتوي عدد من الأنزيمات والمواد المساعدة ومواد حيوية أخرى محاطة بغشاء صناعي شبه منفذ يسمح بمرور المركبات الذائبة ولا يسمح بمرور الأنزيمات أو المواد المسكنة الأخرى . يستخدم الكبد الاصطناعي في مراكز علاج الكبد عند حالات الفشل الكبدي ، وتجري الآن دراسات مختلفة في بعض من دول العالم المتقدم وذلك لاستخدام الأنزيمات المسكنة والمركبات الحيوية المختلفة في إنتاج خلايا اصطناعية يستفاد منها في مجالات الطب المختلفة .



شكل (٤) انتاج شراب الفركتوز من الذرة (سكر الجلوكوز)

التطورات المستقبلية في تسكين الأنزيمات

من الواضح أن مستقبل استخدام تقنية الأنزيمات المسكنة في الصناعات والمجالات المختلفة سوف يأتي من المصانع أو الشركات نفسها بحيث يوفى بالاحتياجات اللازمة لكل شركة أو مصنع وذلك لخدمة غرض معين مثل انتاج منتجات جديدة أو تحسين المنتجات الحالية أو خفض تكاليف الإنتاج ، وتتجه البحوث حالياً إلى احداث المزيد من التطورات على هذه التقنية لتسخيرها وتعميم فوائدها في كثير من المجالات التي سنورد منها مايلي :

١ ـ مجال الصناعات الغذائية :

بالإضافة إلى التطبيقات التي ذكرت سابقاً فمن المنتظر استخدام تسكين الأنزيمات وعواملها المساعدة في العديد من تفاعلات التوليد الحيوي وانتاج بعض المركبات المهمة في الصناعات الغذائية مثل المنكهات والملونات المختلفة . يمكن أيضاً استخدام الأنزيمات المسكنة في صناعات الألبان مثل تصنيع الأجبان بطرق مستمرة ، وتحسين نكهة الحليب طويل الأجل واستخدام الأنزيمات المسكنة في معالجة مخلفات مياه المصانع .

٢ ـ مجال هندسة تقنية الأنزيمات :

وتتضمن التطورات في هذا المجال مايلي :

(أ) انتاج أنزيمات عالية الثبات عند تسكينها .

(ب) ابتكار مفاعلات حيوية جديدة (مثل المفاعل الحيوي الغشائي).

(جـ) تحسين طرق تسكين الأنزيمات المستخدمة .

(د) تسكين عدد من الأنزيمات في نفس الوقت (التسكين المتعدد) ويستفاد من ذلك في تفاعلات التوليد الحيوي التي تتطلب عدد من الأنزيمات في وقت واحد مما يقلل من كمية المركبات الوسطية الناتجة مع زيادة كفاءة التحول الحيوي وانخفاض تكاليف توليد المركبات الناتجة .

(هـ) تسكين بعض مكونات الخلايا الحيوية ويستفاد من ذلك في إنتاج خلايا اصطناعية جديدة لها صفات مميزة تستعمل في مجالات معينة .

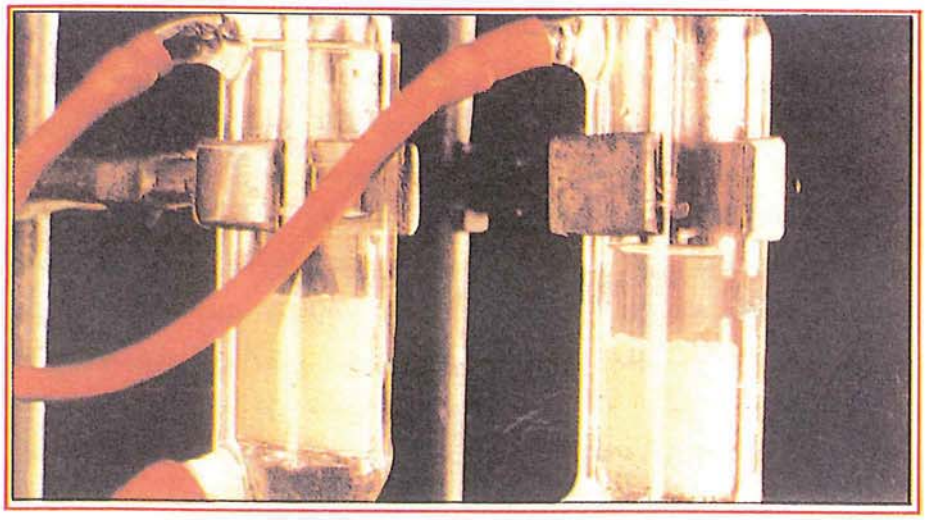
(و) تسكين الخلايا الميكروبية أو الحيوانية أو النباتية لإنتاج العديد من المركبات الحيوية النافعة في المجالات المختلفة .

٣ ـ مجالات التقنية الحيوية والطب :

وتشتمل التطورات في هذا المجال على الآتي .

(أ) ابتكار عديد من الاستشعارات الحيوية (Biosensors) لاستخدامها في التحليلات الدوائية والطبية .

(ب) ابتكار عديد من الخلايا الاصطناعية لاستخدامها في المجالات الحيوية المختلفة ويساعد على ذلك التطور السريع في التقنية الحيوية وتوفير العديد من المركبات الحيوية النشطة مثل الأنزيمات ومساعدات الأنزيمات وأنسجة الخلايا وغيرها بالإضافة إلى تطور إنتاج الأغشية الصناعية المتبلمرة شبه المنفذة بأشكالها وأنواعها المختلفة .



تسكين كائنات التخمير