

مجالات تطبيق التقانات الحيوية والهندسة الوراثية في الصناعات الغذائية العربية

علاء يحيى الباقر¹

الخلاصة

أحدثت التقانات الحيوية والهندسة الوراثية تغييرات كبرى في العديد من قطاعات الاقتصاد المعاصر لاسيما في الزراعة والصناعات المبنية عليها. فقد أصبحت التخمرات الصناعية واستخدام الأنزيمات (الحررة والمقيدة) وإكثار النباتات خارج الجسم الحي وإنتاج المحاصيل المعدلة وراثياً، تستقطب استثمارات بالغة الضخامة على المستوى العالمي. بيد أن الصناعات الغذائية العربية القائمة لم تشهد تطوراً مماثلاً يتماشى مع التطور العالمي، مما حرمها من الاستغلال الاقتصادي المتكامل للمواد الخام و النواتج العرضية، في حين تعد التقانات الحيوية عنصراً حاسماً في تحسين اقتصاديات الصناعات الزراعية في الدول الصناعية. وعلى الرغم من أهمية تجاوز حاجز النوع في تقنيات الهندسة الوراثية والإنتاج الكبير لبعض المحاصيل المعدلة وراثياً، إلا أنها لا تزال موضع اعتراض من قبل المستهلكين في معظم الدول المتقدمة بسبب اعتبارات متداخلة لسلامة الإنسان والبيئة الحيوية. ويعد إصدار التشريعات القانونية المنظمة لإنتاج وتصنيع واستهلاك المحاصيل المعدلة وراثياً شرطاً أساسياً يسبق التفكير بكيفية إدخالها إلى الدول العربية.

الكلمات المفتاحية: التقانات الحيوية؛ الهندسة الوراثية؛ التخمرات الصناعية؛ الأنزيمات الصناعية؛ الأحياء المجهرية.

مقدمة

إن من الضروري توضيح المفاهيم الأساسية لمصطلح التقانة الحيوية والهندسة الوراثية بسبب التباين الكبير في استخدام ومفهوم المصطلح في وسائل الإعلام والندوات ذات العلاقة. إذ انحصر مفهوم تعبير التقانة الحيوية من قبل البعض في الزراعة النسيجية، في حين أصبح البعض الآخر يطلقه فقط على الجزء التطبيقي من علم الأحياء الجزيئي الذي يختص بإنتاج الأحياء المعدلة وراثياً أي ما يعرف الهندسة الوراثية أو هندسة الجينات.

إن التقانة الحيائية تعبر عن الاستخدام الواسع للكائنات الكاملة أو الجزأة، الحية أو الميتة في عمليات مسيطر عليها لإنتاج المنتجات الحيوية بأعلى إنتاجية وأفضل جودة ممكنة. لذلك، فإن التقانة الحيوية تشمل المجالات العلمية والتقنية الأساسية التالية:

- التخمرات الصناعية بكافة أنواعها (خلايا الأحياء المجهرية، الخلايا النباتية، الخلايا الحيوانية).
- تقانة استخدام الأنزيمات الحررة.
- المفاعلات الأنزيمية.
- مفاعلات الأحياء المجهرية الميتة.
- الإكثار بواسطة الزراعة النسيجية.
- الهندسة الوراثية للأحياء المجهرية و النباتات و الحيوانات.

¹ شركة الفوعة ذ.م.م.، ص.ب. 67782 العين، دولة الإمارات العربية المتحدة، فاكس: +971-3-7832214، بريد إلكتروني: albakir23@gmail.com

- التقنيات الطبية والمناعية في التحليل والعلاج.

سيتم التطرق في هذه المقالة الى تطور التقانة الحيوية عبر العصور ويزور الحاجة لها ومجالات الاستثمار والتطبيق في التقانة الحيوية والهندسة الوراثية.

نبذة تاريخية:

يعود الاستخدام البدائي الأول للتقانة الحيوية إلى الحضارات البشرية الأولى في فجر التأريخ، إذ عرف التخمير الكحولي وتخمير حامض الخليك في الحضارات الفرعونية (مصر) وأرض ما بين النهرين (العراق). كما ظهرت عملية تخمير الكوجي في حضارات الشرق الأقصى (اليابان) في حقبة تاريخية مقاربة. وقد ساهمت الثورة الصناعية وموجة الاكتشافات والاختراعات التي أعقبها في تحويل هذه التخمرات من البدائية إلى عمليات تقنية تتصف بالكفاءة الربحية العالية والتي أدت إلى الظهور الواضح للتخمرات الصناعية في أوروبا والولايات المتحدة واليابان. كما شهدت الأعوام العشرين الممتدة بين نهاية الحرب العالمية الثانية ومنتصف الستينات فترات تقنية هائلة بفضل المعلومات الجديدة التي قدمتها الاكتشافات المذهلة في:

- علم الكيمياء الحيوية (اكتشاف التركيب الدقيق للحوامض النووية وظهور الوراثة الجزيئية واكتشاف التركيب الدقيق لجزيئة بروتين الأنسولين وتحديد العلاقات بين تركيب الجزيئات الحيوية ووظيفتها).

- علم الأحياء المجهرية (اكتشاف طبيعة التركيب الدقيق لأجزاء الخلية المختلفة وإدخال تقانات تخميرية جديدة أهمها إنتاج مضادات الحياة والأنزيمات الميكروبية).

- الهندسة الصناعية (وخاصة الهندسة الكيميائية وهندسة مصانع الأغذية لتحسين الأداء الاقتصادي لعمليات الإنتاج من خلال السيطرة العالية على خطوات التصنيع بشقيها: إنتاج المنتج الحيوي وتنقيته (Upstream and Downstream Processes)).

- التقنيات الزراعية (استنباط العديد من الأصناف النباتية والسلالات الحيوانية ذات الإنتاجية العالية والصفات المرغوبة بواسطة تقنيات الوراثة التقليدية مع الاستخدام الواسع للأسمدة الصناعية والمبيدات الكيميائية من خلال ما عرف الثورة الخضراء، وتحسين الأداء الاقتصادي من خلال المكننة الحديثة ومنظمات النمو وتطوير طرق تداول وخرن الحاصلات سريعة التلف كما في حالة التخزين تحت الأجواء المسيطر عليها Controlled Atmosphere Storage، تطوير طرق الإكثار لإنتاج نباتات خالية من الفيروسات بواسطة الزراعة النسيجية للقمم النامية لنبات الفراولة).

الحاجة للتقانات الحيوية:

أن بعض الآثار السلبية المترتبة على إساءة استخدام التقنيات المتطورة اتخذت أبعاداً خطيرة التأثير على صحة الانسان والبيئة لعل من أهمها:

- تلوث البيئة بالمبيدات الكيميائية الخطرة والمهددة لصحة وحياة الإنسان والحيوان (مثل تلوث المسطحات المائية بمبيد دي دي تي). وكذلك تلوث الأنهار والبحيرات بالأسمدة الكيميائية.
- ظهور ملوثات بيئية بالغة الخطورة بسبب بعض المواد الكيميائية المستخدمة في عمليات إنتاج بعض المنتجات الحيوية ومشتقاتها.

- تشخيص بعض المركبات الداخلة في إنتاج وتصنيع المنتجات الزراعية بكونها مواداً مسرطنة أو مطفرة.
- تضاول أو فقدان الأصناف والسلالات الأصلية بسبب الاعتماد الكلي على الأصناف والسلالات المستتبطة مما شكل خسارة لا تعوض في المصادر الوراثية المحلية في الدول النامية وبضمنها الدول العربية.
- اتساع ظاهرة مقاومة الجيل الأول من مضادات الحياة في الأحياء المجهرية الممرضة.

بالإضافة لذلك فقد ساهمت بعض الظواهر والأحداث التي شهدتها الثلث الأخير من القرن الماضي في تزايد الاهتمام بالتقانات الحيوية وتكثيف الجهود فيها باعتبارها مصدر الحلول التقنية المبتكرة للمشاكل الكبيرة التي تعيق التقدم البشري أو تهدد ديمومته. ومن أهم تلك الظواهر والأحداث: تزايد أعداد السكان في عموم الكرة الأرضية، ازدياد متوسط عمر الإنسان، تناقص مصادر المياه، تدهور الأراضي الصالحة للزراعة بسبب الملوحة أو التصحر، تزايد الفجوة بين إنتاج الغذاء واستهلاكه ، تزايد حالات المجاعة وسوء التغذية، تناقص المصادر النفطية وبروز أزمة الطاقة العالمية في عقد السبعينات، اكتشاف ظاهرة ثقب طبقة الأوزون ومخاطر تأثيرها على بيئة الأرض وتحديد بعض المدخلات الزراعية كعوامل مسببة لحدوث الظاهرة وتقاعها، تصاعد الاهتمام الدولي بظاهرة الاحتباس الحراري المسببة عن تزايد كميات غاز ثاني أكسيد الكربون المنبعثة عن الاستخدام المفرط لمواد الوقود البترولية، ومخاطرها البالغة على مستقبل الحياة على الأرض (معاهدة كيوتو) ، الدور الإيجابي الفاعل للتطور الهائل في التقانات الإلكترونية والاتصالات في تسهيل وتسريع الإنجازات الكبيرة في مجال التقانة الحيوية وكذلك ظهور أمراض جديدة واتضح الأسس الجزيئية للعديد من الأمراض الوراثية والمستعصية.

مجالات الاستثمار في التقانات الحيوية:

لقد أثمر التوجه الجاد للدول المتقدمة تقنيا إلى تبني التقانات الحيوية لمواجهة تلك الظواهر والمخاطر عن بدائل وحلول حقيقية تجسدت في استثمارات هائلة تقدر بمئات المليارات من الدولارات وتشغيل عشرات الملايين من الموارد البشرية بمختلف مستويات التأهيل العلمي والتقني. وقد توزعت الاستثمارات على الصناعات والتقانات الحيوية التالية:

- إنتاج مواد الوقود الحيوي (الديزل الحيوي والإيثانول الحيوي) باعتبارها تمثل أهم مصادر الطاقة المستدامة (Sustainable Energy).
- تصنيع واستخدام المفاعلات الحيوية (خلايا وأنزيمات) في الصناعات الغذائية والدوائية.
- إنتاج الأنزيمات الصناعية من الأحياء المجهرية المحبة للحرارة واستخدامها على نطاق واسع في العديد من الصناعات (النشا والجلوكوز، متحللات البروتين، العصائر والمشروبات، دباغة الجلود، استخراج البترول).
- إنتاج الأنزيمات المنقاة واستخدامها في التحليلات الغذائية والسريرية.
- إنتاج النباتات الاقتصادية (فاكهة وخضروات ونباتات زينة) بتقنية الزراعة النسيجية.
- إنتاج المحاصيل المعدلة وراثياً (فول الصويا، الكانولا، الذرة، البطاطا، البنجر السكري، القطن)

- إنتاج مواد التعبئة والتغليف الحيوية القابلة للتحلل (Biodegradable) من النواتج العرضية للعمليات الزراعية والصناعات الغذائية (بلاستيك النشا الحراري، بولي لاكتيت، خلات النشا، خلات السيليلوز) والتي اكتسبت مؤخراً اهتماماً ملحوظاً بسبب ارتفاع أسعار النفط وما يترتب عليه من ارتفاع في تكاليف إنتاج مواد التعبئة والتغليف المشتقة منه.

تطبيقات التقانات الحيوية:

سوف يتم التطرق بشيء من التفصيل للأمثلة المهمة على التقانات الحيوية الأساسية التي تشكل فرصاً استثمارية واعدة.

1. تخمرات الحالة الصلبة Solid State Fermentations

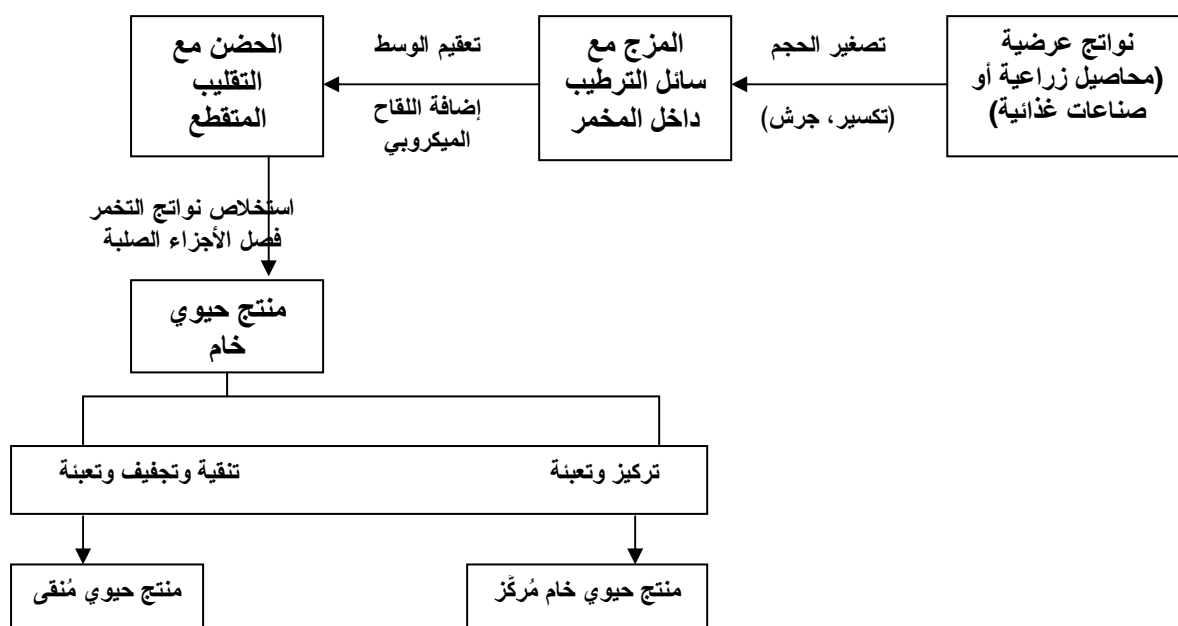
يعرف هذا النوع من التخمرات الصناعية بكونه يشمل التخمرات التي تجري في أوساط تحتوي على الماء المرتبط (ينعدم فيها وجود الماء الحر) (Al-Bakir et al., 1994). وتعتبر اليابان والصين الموطن الأصلي لهذا النوع من التخمرات التي جرى توارثها منذ آلاف السنين، حيث كان "تخمر الكوجي" وإنتاج صاص الصويا من أهم عمليات تخمر الحالة الصلبة. وقد تم تطوير طريقة الإنتاج من الأساليب البدائية إلى التقنية الصناعية الحديثة التي تتصف بالكفاءة العالية وثبات جودة المنتجات. وقد ثبتت كفاءة تخمرات الحالة الصلبة وملائمتها بصورة خاصة لإنتاج المواد المفترزة خارج الخلايا (Extracellular Products)، حيث تتصف هذه التخمرات بالمميزات الإيجابية الأساسية التالية:

- انخفاض التكاليف الاستثمارية في المباني نتيجة لاختزال حجم وسط الإنتاج بنسبة 30-50% مقارنة بالأوساط السائلة المستخدمة في طريقة المزارع المغمورة (Submerged Cultures).
- اختزال كمية المياه المطلوب توفرها في وسط الإنتاج.
- التركيز العالي للمنتجات الحيوية المفترزة إلى خارج الخلية.
- انخفاض تكاليف التشغيل بسبب عدم الحاجة إلى التحريك والتقليب المستمرين.
- سهولة عمليات استرجاع وتنقية وتداول المنتجات المطلوبة (Downstream Processes).
- انتقاء الحاجة إلى عمليات استخلاص وترشيح ومعالجة أوساط الإنتاج التي تعد ضرورية لتخمرات الأوساط السائلة، والاقتران على عملية الجرش أو الطحن لوسط الإنتاج (Size Reduction).
- إمكانية تنفيذها بدون مخمرات (طريقة الوجبة) في أوعية مفتوحة (صواني، مثلاً) وخاصة على المستوى شبه الصناعي (الريادي) أو الصناعي الصغير.
- احتواء مخلفات التخمر الصلبة على مكونات وعناصر تغذوية مهمة تكسبها أهمية بالغة في الأعلاف الحيوانية.

كما يفضل (حيثما أمكن) استخدام سلالات الأحياء المجهرية المحبة للحرارة التي تنمو على درجات حرارة بين 50-65 مئوية لكونها تضيف ميزات تشغيلية واقتصادية إيجابية كبيرة، لعل من أهمها:

- قلة احتمالات تلوث وسط الإنتاج بالأحياء المجهرية الضارة بسبب ارتفاع درجة حرارة التخمر.
- انخفاض تكاليف الإنتاج لعدم الحاجة إلى تبريد المخمرات خلال فترة الإنتاج.
- سرعة نمو الأحياء المجهرية المحبة للحرارة مما يقصر فترة الإنتاج ويساهم في خفض تكاليفه.

يوضح الشكل (1) الخطوات الأساسية للإنتاج بطريقة تخمرات الحالة الصلبة.



شكل 1. الخطوات العامة لإنتاج المنتجات الحيوية بطريقة تخمرات الحالة الصلبة.

وتتصف المواد المستخدمة في أوساط الإنتاج عموماً بانخفاض تراكيز السكريات البسيطة فيها وارتفاع نسب الكربوهيدرات المعقدة (كالنشأ والسيليلوز) ونسب متفاوتة من البروتينات (Omar, 1997; Al-Samaraai, 1997). ويتم ترطيب وسط الإنتاج إما بالماء، أو الماء المحتوي على بعض المواد الضرورية للنمو والإنتاج، أو مستخلص مخفف (المولاس أو مستخلص التمر) وكما موضح في الأمثلة الواردة في الجدول (1).

جدول 1. المنتجات الحيوية التي يمكن إنتاجها بتقنية تخمرات الحالة الصلبة

المنتج	وسط الإنتاج	سائل الترطيب	الأحياء المجهرية المنتجة	الأهمية الصناعية
الدكستران	نخالة الحنطة (نسبة الترطيب 4: 1، حجم:وزن)	المولاس + مستخلص التمر	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> (بكتيريا)	تحسين قوام العصائر، منع تبلور المركبات، تثبيت قوام الأيس كريم، (Al-Samaraai 1997)
حامض الألبينيك	نخالة الحنطة (نسبة الترطيب 5: 1، حجم:وزن)	مستخلص التمر	<i>Azotobacter vinelandii</i> (بكتيريا)	عامل مجلتن في الفطائر والحلويات، مثبت ومثخن في الصلصة والعصائر والمخفوق اللبني، تغليف الصوص، حجز الخلايا الميكروبية في المفاعلات الحيوية (Hamza, H. M. 1998)
حامض الستريك	نخالة الحنطة (نسبة الترطيب 5: 1، حجم:وزن)	مستخلص التمر	<i>Aspergillus niger</i> (فطر)	تعديل نكهة الأغذية المصنعة، المحافظة على درجة حموضة الأغذية (Al-Bakir 1994)
بروتيني قاعدي	نخالة الحنطة (نسبة الترطيب 5: 1، حجم:وزن)	0.1% هيدروكسيد الصوديوم	<i>Aspergillus oryzae</i> (فطر)	دباغة الجلود (نزع الشعر و تنعيم الجلود) (Al Azawi 1996, Al Azawi and Al Baker 1998)
بروتيني + أميليز ثابت تجاه الحرارة	نخالة الحنطة أو الرز (نسبة الترطيب 5: 1، حجم:وزن)	0.1% هيدروكسيد الصوديوم	<i>Bacillus stearothermophilus</i> (بكتيريا محبة للحرارة)	إنتاج متحللات البروتين والنشأ، مساعد ترشيح مستخلصات المولت، دباغة الجلود (Al-Bakir, A. Y. 1997)
جلوكو أميليز	الذرة المجروشة (نسبة الترطيب 6: 1، حجم:وزن)	ماء	<i>Aspergillus ornatu</i> group (فطر متحمل للحرارة)	تحويل النشأ إلى جلوكوز (Al Rawi 1996)

إن أهمية هذه المنتجات تكمن في كون الدول العربية مستوردة لها باعتبارها مواد مساعدة تدخل في قطاعات مهمة من الصناعات الغذائية القائمة، على الرغم من توفر المواد الخام المطلوبة لإنتاجها في محلياً وإقليمياً. وفي الحقيقة أن الصناعات القائمة على التقانات الحيوية تكاد تكون معدومة في تلك الدول باستثناء مصانع خميرة الخبز والإيثانول (للمشروبات والاستخدامات الطبية) والخل التي لا تكفي طاقاتها لسد الفجوة بين الإنتاج والاستهلاك. بيد أن من الضروري التأكيد على العوامل التي تضمن الجدوى الاقتصادية للاستثمار في مشاريع التقانات الحيوية الحديثة والمتطورة، والتي من أهمها إنشاء المشاريع بطريقة تجعلها خطوطاً تكميلية لصناعات قائمة لتحقيق الآتي:

- ضمان الإمداد المستمر بالمواد الخام الأساسية (الدرجات المرفوضة من المواد الخام والنواتج العرضية للمصنع القائم).
- خفض التكاليف الإدارية للمشروع.
- استغلال البنية التحتية المتوفرة.
- خفض تكاليف العمالة بسبب طبيعة مشاريع التقانة الحيوية التي تتطلب موارد بشرية مؤهلة بأعداد قليلة.
- تجاوز فترة الخسائر المرافقة للمشاريع الجديدة.
- تحسين الأداء الاقتصادي للمصنع القائم من خلال تقليل نسب الفاقد إلى الحد الأدنى وتعظيم مخرجاته ورفع قيمة نواتجه العرضية (القيمة المضافة).
- سهولة التعاقد مع الشركات العالمية للحصول على امتياز الإنتاج تحت علامة تجارية معروفة مما يضمن فتح الأسواق الخارجية وتوفير تكاليف التعريف والترويج للمنتجات.

2. الخلايا والأنزيمات المقيدة Immobilized Cells and Enzymes

تطلق هذه التسمية على الخلايا و الأنزيمات المحصورة داخل المفاعلات الحيوية والتي يعاد استخدامها لمرات عديدة، بعكس الخلايا والأنزيمات الحرة التي لا يمكن استرجاعها أو إعادة استخدامها بعد انتهاء عملية التحويل الحيوي المطلوبة. ويعد تقييد خلايا بكتيريا حامض الخليك على نشارة ونجارة الخشب (Wood Shaving) من أقدم وأول تقنيات استخدام الخلايا المقيدة في إنتاج المنتجات الحيوية. وقد شهد عقد السبعينيات من القرن الماضي تطوراً هائلاً في استخدام الخلايا والأنزيمات المقيدة بدلاً عن الأنزيمات الحرة (الذائبة) وخاصة في مجال إنتاج شراب عالي الفركتوز (High Fructose Syrup) من الذرة، وذلك لتحويل الجلوكوز الناتج عن التحلل الأنزيمي للنشا إلى فركتوز بفعل أنزيم جلوكوز آيسوميريز (Glucose Isomerase) في الولايات المتحدة الأمريكية. ويعزى سبب التحول الكبير إلى تبني هذه التقنية إلى الأسباب الأساسية التالية:

- الكفاءة العالية في إنجاز التحويلات المطلوبة نتيجة لارتفاع التركيز الموقعي للمحفز (أنزيم أو خلية) مقارنة بتركيز المركب المطلوب تحويله في وحدة الحجم (زيادة سرعة التفاعل).
- الثبات العالي تجاه الرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة، الأمر الذي يتيح مرونة كبيرة نسبياً في تنفيذ التحويلات المطلوبة تحت ظروف تضمن زيادة سرعة التحويل و كفاءته دون تأثر المحفز سلبياً.
- تطبيق طرائق التحويل المستمر عوضاً عن طريقة الوجبة (Batch).

- إمكانية استخدام الخلايا والأنزيمات المقيدة بصورة مستمرة لفترات تتجاوز 1000 ساعة تشغيل قبل الحاجة إلى استبداله.

ويمكن إيجاز الطرق الرئيسية لتقييد الخلايا والأنزيمات بالآتي (Al-Bakir, 1997):

- الربط التساهمي على مواد صلبة خاملة وغير ذائبة (مثل الزجاج، السيليلوز بمختلف أشكاله وصوره، الكايتين، الكولاجين، النايلون).
- الربط التناسقي (Coordinate Binding) على أكاسيد فلزات الزمرة الترابية القلوية (Alkaline Earth Metals) كالحديد و النحاس.
- الربط الأيوني على المبادلات الأيونية.
- الربط الإمصاضي (Adsorption).
- الحجز داخل الأغشية والهلامات شبه الناضجة (أملاح حامض الألبينيك - الجينات الكالسيوم).

وتدخل الخلايا والأنزيمات المقيدة في خطوط الإنتاج ضمن مفاعلات حيوية يتم تصميمها وفقاً لمواصفات خط الإنتاج الذي ستكون جزءاً منه وبطاقة استيعابية متناسبة تماماً مع أجزاء الخط الأخرى. إذ يمكن أن يتخذ المفاعل الحيوي شكل الأعمدة المعبأة (Packed Columns) بالخلايا أو الأنزيمات المقيدة والمصنوعة من الفولاذ غير القابل للصدأ، أو المرشحات الأولية (Coarse Filters)، أو المرشحات الدقيقة (Micro-Filters).

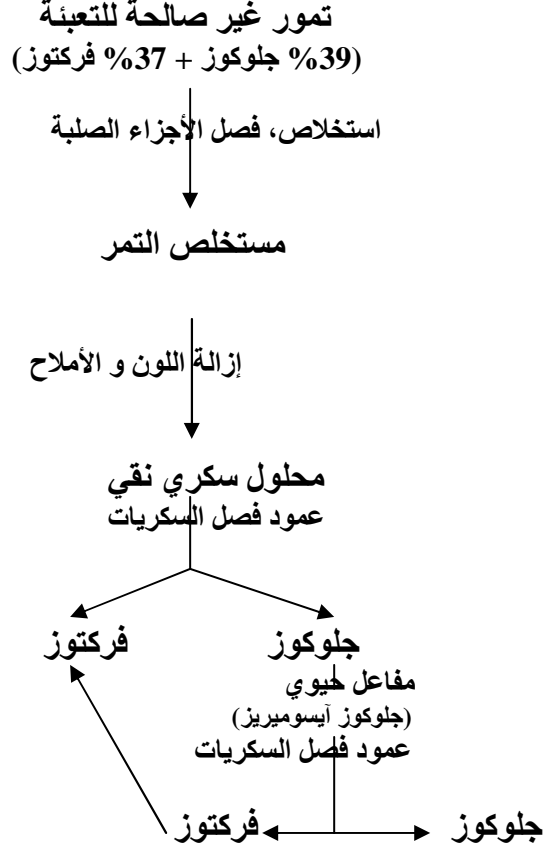
ويتم قتل الخلايا بمواد مثل الأسيتون قبل تقييدها للتغلب على آليات النقل الفعال المتخصص للأغشية الخلوية بالإضافة إلى منع حدوث عمليات النمو والتكاثر التي تؤثر سلباً في كفاءة التحويل الحيوي المطلوب. أما الأنزيمات فيتم استخدامها إما بصورتها الخام أو المنقاة جزئياً، حيث ينحصر استخدام الأنزيمات عالية النقاوة في المجالات التحليلية.

لقد احتلت الولايات المتحدة الأمريكية موقع الصدارة العالمي في إنتاج الفركتوز (شراب مركز ومسحوق) من الذرة بفضل التطور الكبير في تصميم وإنتاج مفاعلات أنزيم جلوكوز آيسوميريز الذي يعد الجزء الأساسي في تقنية الإنتاج. وتعد المفاعلات التي تحتوي على خلايا بكتيريا *Bacillus sp.* (المحتوية على الأنزيم) المقتولة والمحجوزة في الكولاجين من أكثر المفاعلات شيوعاً في هذا المجال. إن من المؤسف عدم دخول هذا النوع من التقانات الحيوية إلى قطاع الصناعات الغذائية في الدول العربية واقتصار بعض الصناعات المعودة على استخدام الأنزيمات الحرة (الذائبة) مثل صناعات النشا والجلوكوز على الرغم من وجود العديد من الفرص الواعدة لتبني هذه التقنية واستغلالها بطريقة تحقق المردودات الاقتصادية المطلوبة بالإضافة إلى التطوير الحقيقي لقطاع الصناعات الغذائية العربية بجعله ينافس المستوى التقني العالمي. إذ يمكن، على سبيل المثال، أن تتبوأ الدول العربية المصدرة للتمور موقعا مهما في إنتاج الفركتوز ومشتقاته باستغلال المحتوى العالي للفركتوز في التمور (حوالي 37% من مكونات الثمرة) والذي يشكل أرجحية كبيرة على إنتاجه من الذرة التي ينعدم فيها وجود الفركتوز. ويوضح الشكل (2) خطوات التصنيع الأساسية لإنتاج الفركتوز كمنتج نهائي وحيد من التمور، إذ تبلغ كفاءة تحويل الجلوكوز إلى الفركتوز بواسطة المفاعل الحيوي 45-50% (أي تتحول هذه النسبة من الجلوكوز إلى فركتوز في كل دورة تفاعل) (Al-Bakir, 2001).

ويمكن إيجاز الشروط الأساسية لضمان الجدوى الاقتصادية لعملية الإنتاج في الآتي:

- أن يكون المشروع جزءاً متكاملًا من مصنع قائم متخصص بتصنيع التمور.
- تخصيص الأصناف والدرجات المتعددة النوعية من التمور كمادة أولية.

- استغلال النواتج العرضية (البذور والألياف) في تصنيع منتجات ذات قيمة عالية (عدم الاكتفاء بتحويلها إلى أعلاف).
- استخدام أساليب مبتكرة في خفض تكاليف تخزين التمور المخصصة لخط الإنتاج.



شكل 2. مخطط توضيحي لتسلسل الخطوات الرئيسية لتحويل سكريات التمور إلى فركتوز.

تطبيقات الهندسة الوراثية Genetic Engineering Applications

على الرغم من الشوط الكبير والنجاحات التقنية التي حققتها الهندسة الوراثية في مختلف أنحاء العالم وخاصة الولايات المتحدة وأوروبا والتي تجسدت في أصناف نباتية كثيرة، إلا أنها لم تحقق الانتشار الذي كانت تحلم به فرق العلماء والشركات المتخصصة في هذا المجال. بل إن مقاومة حركات حماية المستهلك للأغذية المعدلة وراثيا الطازجة ومكوناتها الداخلة في الأغذية المصنعة هي الآن أشد من أي وقت مضى لاسيما في أوروبا). ولكن قبل الحوض تفاصيل التأييد والمعارضة، لنستعرض السمات الأساسية للأغذية المعدلة وراثياً المقررة للبيع في أسواق الدول التي توجد فيها تشريعات قانونية تنظم توزيع وبيع تلك الأغذية (Rifkin, 2003).

تتلخص السمات الإيجابية الأساسية للمحاصيل المعدلة وراثياً في النقاط التالية (جدول 2) (Evans, 2003; Goldberg, 2003 and Pierce, 2003):

- زيادة غلة وحدة المساحة وتقليل الفاقد بسبب الآفات.
- تحمل تراكيز مبيدات الأدغال.

- تحسين صفات الجودة من خلال زيادة محتوى المكونات الأساسية المرغوبة.
- تحمل الظروف البيئية القاسية التي تحد من نمو وإنتاجية الأصناف الاعتيادية (الإنجماد، الملوحة، الجفاف).
- إمكانية زيادة مساحة الأراضي القابلة للزراعة من خلال صفات التحمل للظروف السيئة في التربة والمياه والمناخ.

جدول 2. الأغذية المعدلة وراثياً المسموح بيعها في بعض الدول الغربية

المحصول	الميزات الأساسية	الاستخدامات الغذائية الأساسية
فول الصويا	تحمل مبيدات الأدغال، محتوى عال من حامض الأوليك	زيت الصويا، مشروبات الصويا، جبن الصويا، الدقيق والمخبوزات، اللسيثين
الكانولا	مقاومة مبيدات الأدغال	زيت الكانولا، المخبوزات، المقلبات
الذرة	مقاومة الحشرات، تحمل مبيدات الأدغال	حبوب الذرة، زيت الذرة، دقيق الذرة، السكر والشراب المركز، المخبوزات، المقلبات، الحلويات
البطاطا	مقاومة الحشرات، مقاومة الحشرات والفيروسات	البطاطا الكاملة، الأغذية الخفيفة، منتجات البطاطا المصنعة
البنجر السكري	تحمل مبيدات الأدغال	السكر الذي يمكن أن يستخدم في أنواع غير محدودة من الأغذية والمشروبات
القطن	مقاومة الحشرات، تحمل مبيدات الأدغال	زيت بذور القطن، المقلبات، المخبوزات، الأغذية الخفيفة

(GM Foods.2005)

مخاطر الاغذية المعدلة وراثيا:

- أن المحاذير والمخاطر الأساسية المرافقة للمحاصيل المعدلة وراثياً والأغذية المشتقة منها فتتلخص في الآتي:
- إمكانية تغير التعبير الجيني في النباتات المعدلة وتخليق مكونات تتصف بقدر من السمية أو التأثيرات السلبية على الصحة.
 - المساهمة في تفاقم مشكلة التلوث البيئي من خلال زيادة استخدام مبيدات الأدغال باعتبار أن هذه النباتات تتحمل تراكيز أعلى من المعتاد.
 - مخاطر انتشار المورثات المضافة للنباتات المعدلة وراثياً في أشكال الحياة الطبيعية الأخرى (أو ما يعرف بالتلوث الوراثي).
 - مخاطر فقدان المصادر الوراثية الطبيعية وتلاشي الأنواع والأصناف الأصلية.
 - ضعف ثقة المستهلكين لكون الجزء الأعظم من تحليلات الأغذية المعدلة وراثياً مقدم من قبل الشركات المنتجة، مقارنة بالدراسات الصادرة عن جهات مستقلة.
 - عدم صدور قرارات قاطعة وواضحة بشأن الجوانب الصحية للأغذية المعدلة وراثياً من قبل المنظمات الدولية المرجعية المختصة (مثل منظمة الصحة العالمية).

القوانين الدولية:

بموجب اتفاقيات منظمة التجارة العالمية لا يمكن لحكومات الدول الأعضاء التي ليس لديها قوانين تنظم إقرار صلاحية الأغذية المعدلة وراثياً، ولا تتوفر فيها الأجهزة التنفيذية الرقابية، أن تمنع دخول المحاصيل المعدلة وراثياً أو مشتقاتها. واعتماداً على ذلك منحت حكومات الدول ذات التشريعات القانونية المعتمدة والواضحة، حق المعرفة بطبيعة ومحاذير الأغذية العضوية للمستهلكين، وضمنت لهم حق الاختيار. ولهذا يلاحظ أن مقاومة انتشار الأغذية المعدلة وراثياً في تلك الدول انحصرت في جمعيات ومنظمات حماية المستهلك (غير حكومية) دون التدخل الحكومي. وقد ضيقت تلك المقاومة في دول الإتحاد الأوروبي السوق المتاح أمام الذرة الأمريكية المعدلة وراثياً، الأمر الذي جعل الجزء الأعظم من المحصول يتحول إلى المادة الخام الأساسية لإنتاج الإيثانول الحيوي المخصص للوقود.

وعلى الرغم من المردودات الإيجابية الواعدة و التي يتوقعها المتحمسون لإدخال المحاصيل المعدلة وراثياً والأغذية المشتقة منها بهدف تذليل العقبات القائمة في إنتاج الغذاء في الدول العربية وتوفير الحلول الناجعة لمشاكل التصحر وتملح الأراضي والمياه والجفاف، إلا أن من الضروري تحقيق الأولويات الأساسية التالية:

- تشريع قوانين محلية وإقليمية تنظم عملية إدخال وتسجيل وتوزيع المحاصيل المعدلة وراثياً والأغذية المشتقة منها (يمكن الاستهداء بتجربة دول الإتحاد الأوروبي).
- إنشاء أجهزة رقابية تتصف بالكفاءة العالية في التفتيش والكشف عن مخالفات إدخال وتوزيع المنتجات غير المسجلة.
- تنظيم حملات توعية وطنية للتعريف بطبيعة المحاصيل المعدلة وراثياً والأغذية المشتقة منها.
- تشجيع الدور الرقابي لجمعيات حماية المستهلك والذي يعد داعماً مهماً للأجهزة الرقابية الحكومية.
- متابعة تطور مواقف الشركات المنتجة في العالم لضمان عدم التعامل مع تلك التي يسجل مخالفات في منشئها أو في الدول التي تتعامل معها.
- حصر زراعة المحاصيل المعدلة وراثياً في المناطق المعزولة غير الصالحة لزراعة الأصناف المحلية.
- استيراد المحاصيل الكاملة والتقليل قدر الإمكان من استيراد الأغذية المصنعة لصعوبة تحديد واكتشاف المشاكل في الأخيرة.

الأولويات المحتملة لتطبيقات الهندسة الوراثية في الدول العربية:

يرجح الواقع الراهن توجه الإستثمارات العربية في هذا المجال إلى القيام بدور أساسي يسير بموازاة الجهود الحكومية في تطوير قدرات المختبرات المرجعية و تشريع القوانين المنظمة للمحاصيل و الحيوانات المعدلة وراثياً. و يمكن إيجاز الأولويات المقترحة للإستثمارات في تطبيقات الهندسة الوراثية في الدول العربية في المحاور الأساسية التالية:

- مراكز بحوث متخصصة تعمل وفق المعايير العالمية بخطط ذات أهداف إقتصادية واضحة و ترتبط بعلاقات وثيقة مع أبرز المراكز العالمية في هذه التقنيات تحقيقاً لمبدأ "البدء حيث إنتهى الآخرون"
- التأكيد على تقديم حلول تقنية ذات مردود إقتصادي-إجتماعي كبير و ذلك بالتركيز على تحمل الملوحة و مقاومة الجفاف في المحاصيل الغذائية الإستراتيجية (القمح، الذرة، فول الصويا، البطاطا)

- إستغلال الأراضي غير الصالحة للزراعة في نشر المحاصيل المعدلة وراثيا لتحقيق المدونات الإقتصادية مع المحافظة على المصادر الوراثية الأصيلة و التوازن البيئي في الرقعة الصالحة للزراعة
- إدخال المحاصيل الزيتية المعدلة وراثيا في صناعة الزيوت الغذائية العربية
- ربط تطبيقات الهندسة الوراثية في مجال الثروة الحيوانية بمدى النجاح و التطور في التطبيقات النباتية

الاستنتاج:

تتطوي التقانات الحيوية و الهندسة الوراثية على فرص إستثمارية واعدة في مختلف الدول العربية بسبب التنوع الكبير في المناخ و الموارد الطبيعية و البشرية و ضخامة حجم الأسواق. إذ تعد الزراعة النسيجية و تخمرات الحالة الصلبة و التقنيات الأنزيمية من أهم المجالات المتاحة للإستثمارات العربية التي يتوقع لها مردودات إقتصادية-إجتماعية مباشرة و واضحة.

مصادر مختارة

- Al-Azawi, S. S. 1996. Production, purification and characterization of alkaline protease from *Aspergillus oryzae* by solid state fermentation. Ph.D. Thesis. University of Baghdad, Iraq
- Al-Azawi, S. S. and Al-Bakir, A. Y. 1998. Optimization of *Aspergillus oryzae* alkaline protease production by solid State fermentation. Iraqi J. Microbiol. 10(1).
- Al-Bakir, A. Y. 2001. Prospects of dates and date palms in Biotechnology. The 2nd Int. Conf. Date Palms. Al Ain, UAE.
- Al-Bakir, A. Y. 1997. Immobilization techniques of cells and biocatalysts. Proceedings of "Workshop of Modern Techniques in Biotechnology". College of Science, University of Baghdad, Iraq.
- Al-Bakir, A.Y.; Hamandu, M.M. and Aziz, G.M.(1994). Production of citric acid by submerged and solid state fermentations. Iraqi J. Microbiol, 6 (2).
- Al-Rawi, A. 1996. Amylases production from the thermotolerant mold (*Aspergillus ornatus* group) by solid state fermentation. Ph.D. Thesis. University of Baghdad, Iraq.
- Al-Samaraai, K. S. 1997. Production and Purification of dextran from local isolate of *leuconostoc mesenteroides*. M.Sc. Thesis. University of Baghdad, Iraq.
- Evans, Christopher. 2003. Investing in the biotechnology industry: the role of research and development. The 8th Annual Conf. Biotechnology and the future of Society: Challenges and Opportunities. Abu Dhabi, UAE.
- GM Foods: Safety Assessment of Genetically Modified Foods. Food Standards Australia New Zealand. 2005.
- Goldberg, Ray. 2003. Biotechnology and the agricultural industry of the future. The 8th Annual Conf. Biotechnology and the future of Society: Challenges and Opportunities. Abu Dhabi, UAE.
- Hamza, H. M. 1998. Production and purification of alginic acid by local isolate of *Azotobacter vinelandii*. M.Sc. Thesis. University of Baghdad, Iraq.
- Omar, M. 1998. Purification and characterization of rennin-like enzyme from locally isolated *Mucor* sp. by solid state fermentations. Ph.D. Thesis. University of Baghdad, Iraq.
- Pierce, John. 2003. Biotechnology and the future of materials. The 8th Annual Conf. Biotechnology and the future of Society: Challenges and Opportunities. Abu Dhabi, UAE.
- Rahardjo, Y. S. P. 2005. Fungal mats in solid-state fermentation. Ph.D. Thesis. Wageningen University, the Netherlands.
- Rifkin, J. 2003. What biotechnology means for the humanity. The 8th Annual Conf. Biotechnology and the Future of Society: Challenges and Opportunities. Abu Dhabi, UAE.

Scopes of Biotechnology and Genetic Engineering in the Arab Food Industries

Alaa Y. Al-Bakir ¹

Summary

The biotechnology and genetic engineering made dramatic changes in several modern economic sectors especially in agriculture and related industries. Industrial fermentations, the use of enzymes (free and immobilized), *in vitro* plant propagation and production of genetically modified crops have attracted worldwide large scale investments. However, the existing Arabic food industries have not undergone similar developments which caused the lose of integrated economic utilization of raw materials and by-products. In contrast, biotechnology based industries are considered as a decisive factor in the improvement of agro-industries economics in the industrial nations. Despite the significance of crossing the "species barrier" through genetic engineering techniques and the large scale production of certain genetically modified crops, the consumer opposition is still overwhelming in most of the developed nations due to interrelated human and environmental safety considerations. Thus, specific legislations to organize the production, processing and consumption of genetically modified crops are required before the introduction of these crops to the Arab countries.

¹ . Alfoah Company, P.O. Box 67782 Alain, UAE, Fax: +971-3-7832214, E-mail: albakir23@gmail.com