

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 التخميرات الصناعية واستخدام الإنزيمات (الحرّة 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 الاستفادة الاقتصادية المتكامل للمواد الخام والنواتج العرضية، في حين تعد التقانات الحيوية عنصراً حاسماً في تحسين اقتصاديات الصناعات الزراعية في الدول الصناعية. وعلى الرغم من أهمية تجاوز حاجز النوع في تقانات 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؛ التخميرات الصناعية؛ الإنزيمات 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 بالهندسة الوراثية أو هندسة الجينات. إن التقانة الحيوية تعبر عن الاستخدام الواسع للكائنات الكاملة أو المجزأة، 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:

- التخميرات الصناعية بكافة أنواعها (خلايا الأحياء المجهرية والخلايا النباتية والخلايا الحيوانية).
 - تقانة استخدام الإنزيمات الحرّة.
 - المفاعلات الإنزيمية.
 - مفاعلات الأحياء المجهرية الميتة.
 - الإكثار بواسطة الزراعة النسيجية.
 - الهندسة الوراثية للأحياء المجهرية والنباتات والحيوانات.
 - التقنيات الطبية والمناعية في التحليل والعلاج.
- سيتم التطرق في هذه المقالة إلى تطور التقانة الحيوية عبر العصور وبروز الحاجة لها ومجالات الاستثمار والتطبيق في التقانة الحيوية والهندسة الوراثية.

نبذة تاريخية

يعود الاستخدام البدائي الأول للتقانة الحيوية إلى الحضارات البشرية الأولى في فجر التاريخ، إذ عرف التخمر الكحولي وتخمر حامض الخليك في الحضارات الفرعونية (مصر) وأرض ما بين النهرين (العراق). كما ظهرت عملية تخمر الكوجي في حضارات

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

الشرق الأقصى (اليابان) في حقبة تاريخية مقاربة. وقد ساهمت الثورة الصناعية وموجة الاكتشافات والاختراعات التي أعقبتها في تحويل هذه التخميرات من البدائية إلى عمليات تقنية تتصف بالكفاءة الربحية العالية والتي أدت إلى الظهور الواضح للتخميرات الصناعية في أوروبا والولايات المتحدة واليابان (Wikipedia Website, 2007). كما شهدت الأعوام العشرين الممتدة بين نهاية الحرب العالمية الثانية ومنتصف الستينات قفزات تقنية هائلة بفضل المعلومات الجديدة التي قدمتها الاكتشافات المذهلة في:

- علم الكيمياء الحيوية (اكتشاف التركيب الدقيق للحوامض النووية وظهور الوراثة الجزيئية واكتشاف التركيب الدقيق لجزيئ 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 والإنزيمات 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 تقانات الوراثة التقليدية مع الاستخدام الواسع للأسمدة الصناعية والمبيدات الكيميائية من خلال ما عرف بالثورة الخضراء، وتحسين الأداء الاقتصادي من خلال المكننة الحديثة ومُنظّمات النمو وتطوير طرق تداول وتخزين الحاصلات سريعة التلف كما في حالة التخزين تحت الأجواء المُتحكّم فيها (Controlled Atmosphere Storage)، تطوير طرق الإكثار لإنتاج نباتات خالية من الفيروسات بواسطة الزراعة النسيجية للقمّة النامية لنبات الفراولة).

الحاجة للتقانات الحيوية

إن بعض الآثار السلبية المترتبة على إساءة استخدام التقانات المتطورة اتخذت أبعاداً خطيرة التأثير على صحة الإنسان والبيئة لعل 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.
- تضاؤل أو فقدان الأصناف والسلالات الأصلية بسبب الاعتماد الكلي على الأصناف والسلالات المستنبطة مما شكل خسارة لا تعوض في المصادر الوراثية المحلية في الدول النامية ويضمنها 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 وازدياد متوسط عمر الإنسان وتناقص مصادر المياه وتدهور الأراضي الصالحة للزراعة بسبب الملوحة أو التصحر وتزايد الفجوة بين إنتاج الغذاء واستهلاكه وتزايد حالات المجاعة وسوء التغذية وتناقص المصادر النفطية و بروز أزمة الطاقة العالمية في عقد السبعينات واكتشاف ظاهرة ثقب طبقة الأوزون ومخاطر تأثيرها على بيئة الأرض وتحديد بعض المدخلات الزراعية كعوامل مسببة لحدوث الظاهرة وتفاقمها وتضاعف 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) والدور 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 تقنياً 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 (Evans, 2003)

و(Pierce, 2003). 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 المضاعلات الحيوية (خلايا وإنزيمات) في الصناعات الغذائية والدوائية.
- إنتاج الإنزيمات الصناعية من الأحياء المجهرية المحبة للحرارة واستخدامها على نطاق واسع في العديد من الصناعات (النشا والجلوكوز ومحتللات البروتين والعصائر والمشروبات ودباغة الجلود واستخراج البترول).
- إنتاج الإنزيمات المنقاة واستخدامها في التحليلات الغذائية والسريية.
- إنتاج النباتات الاقتصادية (فاكهة وخضروات ونباتات زينة) باستخدام تقانة الزراعة النسيجية.
- إنتاج المحاصيل المعدلة وراثياً (فول الصويا والكانولا والذرة والبطاطس والبنجر السكري والقطن)
- إنتاج مواد التعبئة والتغليف الحيوية القابلة للتحلل Biodegradable من النواتج العرضية للعمليات الزراعية والصناعات الغذائية (بلاستيك النشا الحراري وبولي لاكتيت وخلات النشا وخلات 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 للأهمثلة المهمة على التقانات الحيوية الأساسية التي تشكل فرصاً استثمارية واعدة.

1. تخمرات الحالة الصلبة Solid State Fermentations:

يعرف هذا النوع من التخمرات الصناعية (Al-Bakir *et al.*, 1994) بكونه يشمل التخمرات التي تجري في أوساط تحتوي على الماء المرتبط (ينعدم فيها وجود الماء الحر). 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 التقانة الصناعية الحديثة التي تتصف بالكفاءة العالية وثبات جودة المنتجات. وقد ثبتت كفاءة تخمرات الحالة الصلبة وملاءمتها بصورة خاصة لإنتاج المواد المضرة خارج الخلايا Extracellular Products، حيث تتصف هذه التخمرات بالميزات الإيجابية الأساسية التالية:

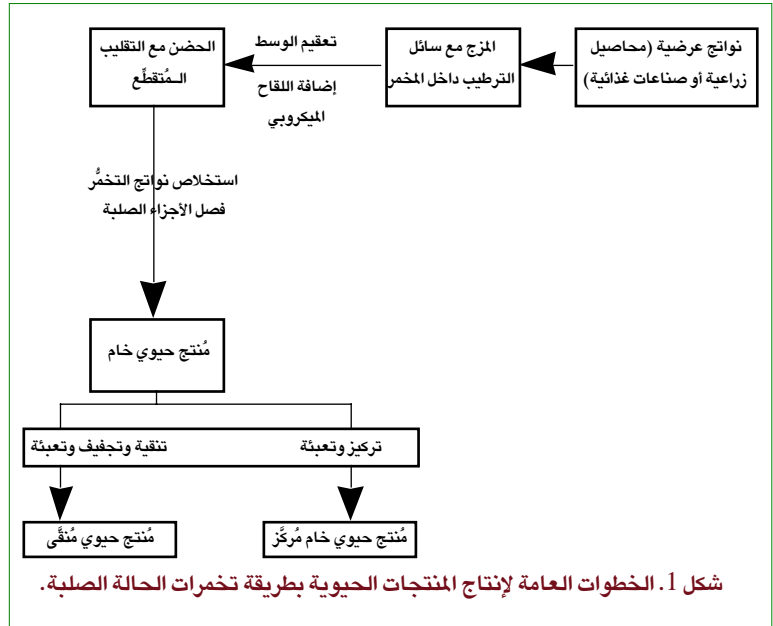
- انخفاض التكاليف الاستثمارية في المباني نتيجة لاختزال حجم وسط الإنتاج بنسبة 30-50% مقارنة بالأوساط السائلة المستخدمة في طريقة المزارع المغمورة Submerged Cultures.
- اختزال كمية المياه المطلوب توفرها في وسط الإنتاج.
- التركيز العالي للمنتجات الحيوية المضرة إلى خارج الخلية.

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.

وتتصف المواد المستخدمة في أوساط الإنتاج عموماً بانخفاض تراكيز السكريات البسيطة فيها وارتفاع نسب الكربوهيدرات المعقدة (كالنشا والسيليلوز) ونسب متفاوتة من البروتينات (Al-Raharjo, 2005 و Omar, 1998 و 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). إن أهمية هذه المنتجات تكمن في كون الدول العربية مستوردة

- انخفاض تكاليف التشغيل بسبب عدم الحاجة إلى التحريك والتقليب المستمرين.
- سهولة عمليات استرجاع وتنقية وتداول المنتجات المطلوبة Downstream Processes.
- انتفاء الحاجة إلى عمليات استخلاص وترشيح ومعالجة أوساط الإنتاج التي تعد ضرورية لتخميرات الأوساط السائلة، والاقتصار على عملية الجرش أو الطحن لوسط الإنتاج Size Reduction.
- إمكانية تنفيذها بدون مخمرات (طريقة الوجبة) في أوعية

جدول 1. المنتجات الحيوية التي يمكن إنتاجها باستخدام تقانة 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 1:5، حجم: وزن)	مستخلص التمر	<i>Azotobacter vinelandii</i> (بكتيريا)	عامل مجلتن في الفطائر والحلويات، مثبت ومثخن في الصلصة والعصائر والمخفوق اللبني، تغليف الصوصج، حجز الخلايا الميكروبية في المضاعلات الحيوية (Hamza, 1998)
حامض الستريك	نخالة الحنطة (نسبة الترطيب 1:5، حجم: وزن)	مستخلص التمر	<i>Aspergillus niger</i> (فطر)	تعديل نكهة الأغذية المصنعة، المحافظة على درجة حموضة الأغذية (Al-Bakir et al., 1994)
بروتين قاعدي	نخالة الحنطة (نسبة الترطيب 1:5، حجم: وزن)	0.1% هيدروكسيد الصوديوم	<i>Aspergillus oryzae</i> (فطر)	دباغة الجلود (نزع الشعر وتنعيم الجلود) (Al Azawi and Al Azawi, 1996) (Baker, 1998)
بروتين + أميليز ثابت تجاه الحرارة	نخالة الحنطة أو الأرز (نسبة الترطيب 1:5، حجم: وزن)	0.1% هيدروكسيد الصوديوم	<i>Bacillus stearothermophilus</i> (بكتيريا محبة للحرارة)	إنتاج متحللات البروتين والنشا، مساعد ترشيح مستخلصات المولت، دباغة الجلود (Al-Bakir, 1997)
جلوكو أميليز	الذرة المجروشة (نسبة الترطيب 1:6، حجم: وزن)	ماء	<i>group Aspergillus ornatius</i> (فطر متحمل للحرارة)	تحويل النشا إلى جلوكوز (Al Rawi, 1996).

الأمر الذي يتيح مرونة كبيرة نسبياً في تنفيذ التحويلات المطلوبة تحت ظروف تضمن زيادة سرعة التحويل وكفاءته دون تأثير المحفز سلبياً.

- تطبيق طرق التحويل المستمر عوضاً عن طريقة الوجبة Batch.
- إمكانية استخدام الخلايا والإنزيمات المقيدة بصورة مستمرة لفترات تتجاوز 1000 ساعة تشغيل قبل الحاجة إلى استبداله.

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

- الربط التساهمي على مواد صلبة خاملة وغير ذائبة (مثل الزجاج والسيليلوز بمختلف أشكاله وصوره والكائيتين والكولاجين والنايلون).
- الربط التناسقي Coordinate Binding على أكاسيد فلزات الزمرة الترابية القلوية - Alkaline Earth Met als كالحديد والنحاس.
- الربط الأيوني على المبادلات الأيونية.
- الربط الإدمصاصي Adsorption.
- الحجز داخل الأغشية والهلامات شبه الناضجة (أملاح حامض الألبينيك - الجينات الكالسيوم).

وتدخل الخلايا والإنزيمات 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 الإنزيمات المقيدة والمصنوعة من الفولاذ غير القابل للصدأ، أو المرشحات الأولية Coarse Filters أو المرشحات الدقيقة Micro-Filters.

ويتم قتل الخلايا بمواد مثل الأستون قبل تقييدها للتغلب على آليات النقل الفعال المتخصص للأغشية الخلوية بالإضافة إلى منع حدوث عمليات النمو والتكاثر التي تؤثر سلباً على كفاءة التحويل الحيوي المطلوب. أما الإنزيمات، فيتم استخدامها إما بصورتها الخام أو المنقاة جزئياً، حيث ينحصر استخدام الإنزيمات 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 الإنزيم) المقتولة والمحجوزة في الكولاجين من أكثر المفاعلات شيوعاً في هذا المجال. إنه لمن المؤسف عدم دخول هذا النوع من التقانات الحيوية إلى قطاع الصناعات الغذائية في الدول العربية واقتصار بعض الصناعات المهددة على استخدام الإنزيمات 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.

لها باعتبارها مواداً مساعدة تدخل في قطاعات مهمة من الصناعات الغذائية القائمة، على الرغم من توفر المواد الخام المطلوبة لإنتاجها 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 الحسائر 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 والإنزيمات المقيدة Immobilized Cells and Enzymes:

تطلق هذه التسمية على الخلايا والإنزيمات المحصورة داخل المفاعلات الحيوية والتي يعاد استخدامها مراراً عديدة، بعكس الخلايا والإنزيمات 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 والإنزيمات المقيدة بدلاً عن الإنزيمات الحرة (الذائبة) وخاصة في مجال إنتاج شراب عالي الفركتوز High Fructose Syrup من الذرة، وذلك لتحويل الجلوكوز الناتج عن التحلل الإنزيمي للنشا إلى فركتوز بفعل إنزيم جلوكوز آيسوميريز Glucose Isomerase في الولايات المتحدة الأمريكية. ويعزى سبب التحول الكبير في تبني هذه التقنية إلى الأسباب الأساسية التالية:

- الكفاءة العالية في إنجاز التحويلات المطلوبة نتيجة لارتفاع التركيز الموقعي للمحفز (إنزيم أو خلية) مقارنة بتركيز المركب المطلوب تحويله في وحدة الحجم (زيادة سرعة التفاعل).
- الثبات العالي تجاه الرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة،

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 وراثياً الطازجة ومكوناتها الداخلة في الأغذية المصنعة هي الآن أشد من أي وقت مضى لاسيما في أوروبا. ولكن قبل الخوض في تفاصيل التأييد والمعارضة، سنستعرض 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 (جدول 2) في النقاط التالية (Goldberg, و Evans, 2003 و Pierce, 2003):

- زيادة غلة وحدة المساحة وتقليل الفاقد بسبب الآفات.
- تحمل تراكيز مبيدات الأذغال.
- تحسين صفات الجودة من خلال زيادة محتوى المكونات الأساسية المرغوبة.
- تحمل الظروف البيئية القاسية التي تحد من نمو وإنتاجية الأصناف الاعتيادية (الإنجماد والملوحة والجفاف).
- إمكانية زيادة مساحة الأراضي القابلة للزراعة من خلال صفات التحمل للظروف السيئة في التربة والمياه والمناخ.

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

المحصول	الميزات الأساسية	الاستخدامات الغذائية الأساسية
فول الصويا	تحمل مبيدات الأذغال وذات محتوى عالٍ من حامض الأوليك	زيت الصويا ومشروبات الصويا وجبن الصويا والدقيق والمخبوزات واللبسيتين
الكانولا	مقاومة مبيدات الأذغال	زيت الكانولا والمخبوزات والمقليات
الذرة	مقاومة الحشرات وتحمل مبيدات الأذغال	حبوب الذرة وزيت الذرة ودقيق الذرة والسكر والشراب المركز والمخبوزات والمقليات والحلويات
البطاطا	مقاومة الحشرات ومقاومة الحشرات والفيروسات	البطاطس الكاملة والأغذية الخفيفة ومنتجات البطاطس المصنعة
البنجر السكري	تحمل مبيدات الأذغال	السكر الذي يمكن أن يستخدم في أنواع غير محدودة من الأغذية والمشروبات
القطن	مقاومة الحشرات وتحمل مبيدات الأذغال	زيت بذور القطن والمقليات والمخبوزات والأغذية الخفيفة

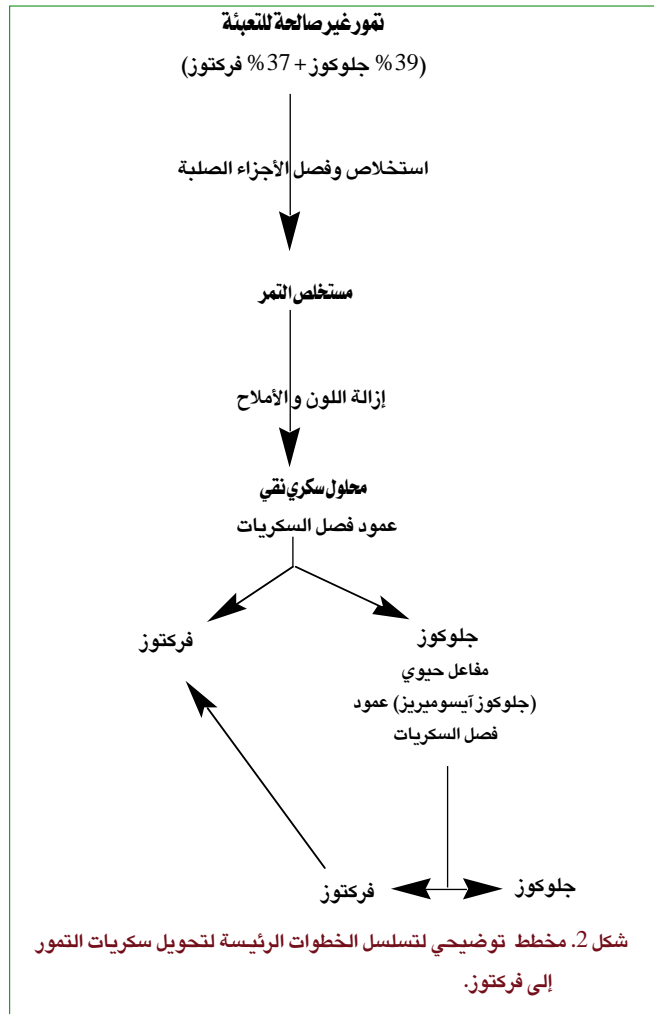
المصدر: Foods GM, 2005.

مخاطر الأغذية المعدلة وراثياً

إن المخاطر والمخاطر الأساسية المرافقة للمحاصيل المعدلة وراثياً والأغذية المشتقة منها (GM Foods, 2005) تتلخص في الآتي:

- إمكانية تغيير التعبير الجيني في النباتات المعدلة وتخليق

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 ينعقد 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 متكاملاً 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.

- 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 مخالفاً 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 الاستثمارات العربية في هذا المجال إلى القيام بدور أساسي يسير بموازاة الجهود الحكومية في تطوير قدرات المختبرات المرجعية وتشريع القوانين المنظمة للمحاصيل والحيوانات المعدلة وراثياً. ويمكن إيجاز الأولويات المقترحة للاستثمارات في تطبيقات الهندسة الوراثية في الدول العربية في المحاور الأساسية التالية:

- مراكز بحوث متخصصة تعمل وفق المعايير العالمية بخطط ذات أهداف اقتصادية واضحة وترتبط بعلاقات وثيقة مع أبرز المراكز العالمية في هذه التقنيات تحقيقاً لمبدأ "البدء حيث انتهى الآخرون".
- التأكيد على تقديم حلول تقنية ذات مردود اقتصادي-اجتماعي كبير وذلك بالتركيز على تحمل الملوحة ومقاومة الجفاف في المحاصيل الغذائية الإستراتيجية (القمح والذرة وفول الصويا والبطاطس).
- استغلال الأراضي غير الصالحة للزراعة في نشر المحاصيل المعدلة وراثياً لتحقيق المدودات الاقتصادية مع المحافظة على المصادر الوراثية الأصلية والتوازن البيئي في الرقعة الصالحة للزراعة.
- إدخال المحاصيل الزيتية المعدلة وراثياً في صناعة الزيوت الغذائية العربية.
- ربط تطبيقات الهندسة الوراثية في مجال الثروة الحيوانية بمدى النجاح والتطور في التطبيقات النباتية.

الاستنتاج

تتنطوي التقانات الحيوية والهندسة الوراثية على فرص استثمارية واعدة في مختلف الدول العربية بسبب التنوع الكبير في المناخ والموارد الطبيعية والبشرية وضخامة حجم الأسواق. إذ تعد الزراعة النسيجية وتخمرات الحالة الصلبة والتقانات الإنزيمية من أهم المجالات المتاحة للاستثمارات العربية التي يتوقع لها مردودات اقتصادية-اجتماعية مباشرة وواضحة.

المراجع

Al-Azawi, S. S. 1996. Production, purification and characterization of alkaline protease from *Aspergillus oryzae*

- 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 المعدلة وراثياً للمستهلكين وضمنت لهم حق الاختيار. ولهذا يلاحظ أن مقاومة انتشار الأغذية المعدلة وراثياً (GM Foods, 2003) في تلك الدول انحصرت في جمعيات ومنظمات حماية المستهلك (غير حكومية) دون التدخل الحكومي. وقد ضيّقت تلك المقاومة في دول الاتحاد الأوروبي السوق المتاح أمام الذرة الأمريكية المعدلة وراثياً، الأمر الذي جعل الجزء الأعظم من المحصول يتحوّل إلى المادة الخام الأساسية لإنتاج الإيثانول الحيوي المخصص للوقود.

وعلى الرغم من المردودات الإيجابية الواعدة والتي يتوقعها المتحمسون لإدخال المحاصيل المعدلة وراثياً والأغذية المشتقة منها بهدف تذليل العقبات القائمة في إنتاج الغذاء في الدول العربية وتوفير الحلول الناجمة لمشاكل التصحر وتملح الأراضي والمياه والجفاف (GM Foods, 2003)، إلا أنه من الضروري تحقيق الأولويات الأساسية التالية:

- تشريع قوانين محلية وإقليمية تنظم عملية إدخال وتسجيل وتوزيع المحاصيل المعدلة وراثياً والأغذية المشتقة منها (يمكن الانتهاء بتجربة دول الاتحاد 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.

- 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.
- Wikimedia Website. 2007. The free encyclopedia. Website: <http://en.wikipedia.org/wiki/History-of-Biotech>.
- 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. 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. 2001. Prospects of dates and date palms in biotechnology. The 2nd Int. Conf. Date Palms. Al Ain, UAE.
- 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 thermo-tolerant 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.

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 that 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