الفصل الأول

ماذا عن التكنولوجيا الحيوية ؟

ليس هناك شك فى أن البيولوجيا الحديثة تعتبر من أشد العلوم تنوعًا من بين جميع العلوم الطبيعية، فهى تضم عددًا كبيرًا من فروع العلم المختلفة منها: علم الكائنات الدقيقة، علم تشريح النبات والحيوان، الكيمياء الحيوية، علم المناعة، بيولوجيا الخلية، البيولوجيا الجزيئية، فسيولوجيا النبات والحيوان، علم الشكل الظاهرى، علم التصنيف، علم البيئة، الوراثة وفروع أخرى كثيرة. والسبب الرئيسى للتنوع المطرد (المتزايد) للبيولوجيا الحديثة هو إدخال الفروع العلمية الأخرى إلى علم البيولوجيا، ومن هذه الفروع: علم الفيزياء، والكيمياء، والرياضيات، والتى ساعدت فى وصف ودراسة العمليات الحيوية على كل من المستوى الخلوى والجزيئى. وللعلم فإنه فى العقدين الأخيرين من القرن الماضى (العشرين) مُنحت جائزة نوبل أكثر من عشرين مرة للاكتشافات المختلفة التى تحققت فى هذه المجالات الدراسية.

إن المعلومات البيولوجية الحديثة المكتسبة قد ساهمت بالفعل بدرجة عالية فى الارتقاء بصحة ورفاهية الجنس البشرى. ومع ذلك فإن قلة من الناس يدركون تمامًا أن العلوم الحيوية تؤثر بنسبة تزيد عن ٣٠٪ فى التحول الاقتصادى العالمى وذلك من خلال الرعاية الصحية، والغذاء، والطاقة، والزراعة وغيرها، وسيرتفع هذا التأثير الاقتصادى كلما أضافت التكنولوجيا الحيوية وسائل وطرقًا جديدة لمعالجة المواد الخام. وستؤثر الـ (ت.ح) بدرجة متزايدة على كفاءة جميع المجالات المتعلقة بالعلوم الحيوية، ومن المتوقع أنه فى السنوات الأولى من القرن الحالى (الحادى والعشرين) أن تساهم الـ (ت.ح) بقدر كبير من الدولارات فى الأسواق الدولية قد يصل إلى ترليونات عديدة.

وتوضح الفصول القادمة كيف أن التكنولوجيا الحيوية تضم حشدا هائلاً من التطبيقات المختلفة بدءًا من التطبيقات البسيطة التقليدية التى تستخدم فى إنتاج البيرة، والنبيذ، والجبن بأنواعها إلى العمليات الجزيئية بالغة التعقيد مثل استخدام تكنولوجيا الحمض النووى (الدَّنا) المُطعَّم (معاد الاتحاد) (الهجين) فى إنتاج عقاقير جديدة أو لإدخال صفات جديدة فى المحاصيل ذات الأهمية التجارية وفى الحيوانات التى تعتبر مصدرًا أساسيًا للبروتينات. إن ارتباط الصناعات التقليدية مثل عمليات التخمر بالهندسة الوراثية الحديثة له فوائد جمَّة، وقد دفع ذلك الكثير من الشركات الصناعية العملاقة للإقدام والتعمق بشدة فى بحوث الـ (ت.ح). إن التكنولوجيا الحيوية تتطور وتتحسن بمعدل سريع، ولن تكون هذه التكنولوجيا وسيلة سهلة لكسب المال فقط بل ستكون ركيزة أساسية للارتقاء بجوانب الحياة العصرية.

وللتكنولوجيا الحيوية تعريفات كثيرة منها الآتى:

- استخدام الكائنات، والنظم (الأجهزة) أو العمليات البيولوجية فى العمليات الصناعية والاستفادة منها فى هذا المجال إلى أقصى درجة ممكنة.
- الاستخدام المتكامل للكيمياء الحيوية، وعلم الكائنات الدقيقة والعلوم الهندسية لتحقيق القدرات التطبيقية التكنولوجية (الصناعية) للكائنات الدقيقة، وخلايا الأنسجة المزروعة أو أجزاء منها.
- التكنولوجيا التى تُستخدم فيها الظواهر البيولوجية لاستنساخ وتصنيع مواد مفيدة متنوعة.
- تطبيق المبادئ العلمية والهندسية فى معالجة المواد بوسائل بيولوجية لإنتاج سلع مفيدة.
- علم العمليات الإنتاجية مبنيًا على أساس فعل الكائنات الدقيقة ومكوناتها النشطة والعمليات الإنتاجية التى تستخدم فيها خلايا وأنسجة مأخوذة من الكائنات الراقية. إن التكنولوجيا الطبية وتربية وإكثار المحاصيل الزراعية التقليدية لا يعتبر تكنولوجيا حيوية.

● إن لفظ (ت.ح) فى الحقيقة ما هـو إلا مجـرد كلمـة أو مصطلح يطلـق علـى مجموعة من التقنيات والعمليات المختلفة.

● التكنولوجيـا الحيويـة هـى الاسـتفادة مـن الكائنـات الحيـة ومكوناتـها فـى الزراعة، والغذاء والعمليات الصناعية الأخرى.

● التكنولوجيا الحيوية: حل شفرة المعلومات البيولوجية والاستفادة منها.

وبالنظر لهذه التعريفات المتعددة للـ (ت.ح) نجـد أن جوهـر الموضـوع يتلخـص فى الاستفادة من الخلايا الميكروبيـة، والحيوانيـة، والنباتيـة، أو الإنزيمـات فـى تخليق وتحليل أو تحويل المواد.

ويعتبر الاتحـاد الأوروبـى للتكنولوجيـا الحيويـة أن هـذه التكنولوجيـا مـا هـى إلا تكامل (دمج) بين علوم الحياة والكائنات، والخلايا، وأجزاء منها والمتنـاظرات الجزيئية للمنتجات المختلفة، ومن أهداف هذا الاتحاد الآتى:

١ – دفع الـ (ت.ح) لخدمة الجمهور.

٢ – تشـجيع الوعـى والإدراك بـهذا النـوع مـن التكنولوجيـا، وتبـادل الأفكـار والآراء والمعلومات والحث على التعاون فى جميع المجالات المتعلقة بالـ (ت.ح).

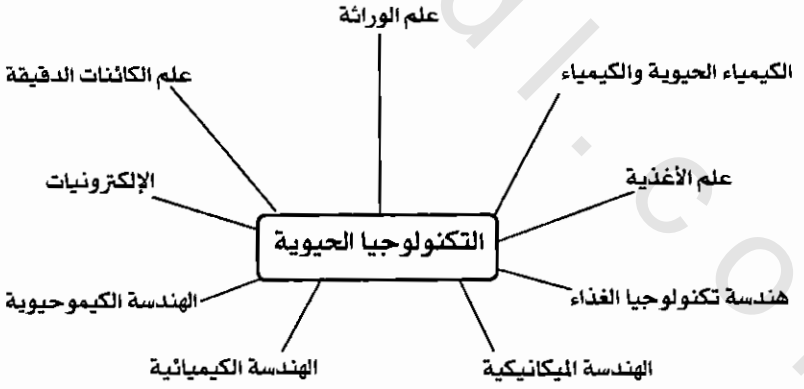
٣ – تزويد الهيئات الحكومية والأهلية بالمعلومات والآراء الخبيرة بالـ (ت.ح).

٤ – تشجيع الجمهور على فهم التكنولوجيا الحيوية.

ويعتبر تعريف الاتحاد الأوروبى ملائمًا لكل من التكنولوجيا الحيويـة التقليديـة أو القديمـة والتكنولوجيـا الجديـدة أو العصريـة. وتشـير الـ (ت.ح) التقليديـة إلى التقنيات التى استخدمت لقرون عديدة فى إنتاج البيرة، والنبيـذ، والجبنـة ومـواد غذائية أخرى عديدة، أما الـ (ت.ح) الجديدة فتضم كل طرق التحـورات الوراثيـة عن طريق تقنيات الحمض النووى (الدَّنا) المُطَعَّم وتقنيات الدمج الخلـوى، هـذا إلى جـانب العمليـات التكنولوجيـة التقليديـة المطـورة حديثًـا. إن صعوبـة تعريـف الـ(ت.ح) ونتائج الفهم الخاطئ لهذه التكنولوجيا قد أدى بعض الناس إلى التفكـير

فى هجرة مصطلح «تكنولوجيا حيوية» واستبداله بمصطلح آخر دقيق وليكن التكنولوجيا المتخصصة.

وبخلاف ما هو متعلق بالفرع العلمى الواحد فإن الـ (ت.ح) تضم عددًا وفيرًا من المجالات العلمية المختلفة مثل: علم الكائنات الدقيقة، والكيمياء، والبيولوجيا الجزيئية، وبيولوجيا الخلية، وعلم المناعة، وهندسة البروتينات، وعلم الإنزيمات، وتقنيات التربية التصنيفية، وجميع تكنولوجيات العملية الحيوية كما يوضح الشكل رقم (١). إن الـ (ت.ح) لا تعد منتجًا أو مجموعة من المنتجات كما هو الحال فى الإلكترونيات الدقيقة، إلا أنها عبارة عن سلسلة من التكنولوجيات الممكن تطبيقها فى كثير من القطاعات الصناعية. وكما سيتضح فى أجزاء أخرى فإن الـ (ت.ح) هى تكنولوجيا البحث عن تطبيقات جديدة. إن العمليات التكنولوجية الحيوية الحديثة ستعمل فى كثير من الحالات عند درجة حرارة منخفضة، وستستهلك قدرًا بسيطًا من الطاقة، وستعتمد بصورة أساسية على أوساط رخيصة التكاليف من أجل التخليق الحيوى.



شكل رقم (١) علاقة التكنولوجيا الحيوية بالفروع الأخرى من العلوم

(عن هيجنز وزملائه ١٩٨٥)

ورغم ذلك يجب معرفة أن الـ (ت.ح) ليست بشيء جديد، إلا أنها تمثل تحسنًا وتطورًا وتوسعًا لسلسة من التكنولوجيات التى يرجع تاريخها (فى كثير من الحالات) إلى آلاف السنين، أى منذ أن بدأ الإنسان (غير قاصد) استخدام الميكروبات فى إنتاج الأطعمة والمشروبات مثل الخبز والبيرة، ولتحوير النباتات والحيوانات من خلال الانتخاب المتدرج للصفات المرغوبة. وتضم الـ (ت.ح) الكثير من العمليات التقليدية مثل عمليات التخمير، والخَبْز، وصناعة النبيذ، وإنتاج الجبنة، وإنتاج الأطعمة الشرقية مثل صلصة فول الصويا ومعالجة الحِمأة حيث استخدام الكائنات الدقيقة قد تحسن بعض الشيء على مدار سنين لا حصر لها. واعتمد هذا التحسن على التجربة العملية وحدها من غير اعتبار للعلم أو النظريات، أى كان مبنيًا على الملاحظة والاختبار. وحديثًا نسبيًا فقد تعرضت هذه العمليات لتحليلات وفحوصات علمية غاية فى الدقة، ورغم ذلك فإنه من المؤكد أن الممارسات المبنية على أساس علمى حديث ستستغرق بعض الوقت لتحل محل العملية التجريبية التقليدية أى التى لا تستعين بالعلم أو النظريات بل تعتمد على الملاحظة والتجريب.

التطور التاريخى للتكنولوجيا الحيوية

* إنتاج الأطعمة والمشروبات عن طريق التكنولوجيا الحيوية:

لقد كان السوماريون (نسبة إلى الحضارة السومارية التى ظهرت فى العراق) والبابليون (نسبة إلى الحضارة البابلية التى ظهرت أيضًا فى العراق) يشربون البيرة منذ ٦٠٠٠ (ستة آلاف) سنة قبل الميلاد، وكان المصريون يصنعون الخبز مضافًا إليه خميرة وذلك منذ ٤٠٠٠ (أربعة آلاف) سنة قبل الميلاد، وقد عُرف النبيذ فى الشرق الأدنى منذ كتابة الكتاب المقدس (سفر التكوين). وقد أمكن التعرف على الكائنات الدقيقة للمرة الأولى فى القرن السابع عشر بواسطة العالم (أنطونى فان ليفنهوك) مخترع الميكروسكوب البسيط، وقد ظهرت بوضوح القدرة التخميرية للكائنات الدقيقة فى الفترة ما بين عام ١٨٥٧ – ١٨٧٦ بواسطة العالم (باستير)

مؤسس علم التكنولوجيا الحيوية. كما أن إنتاج الجبن له أصول قديمة. كما عرفت أيضًا زراعة فطر عيش الغراب.

*** العمليات التكنولوجية الحيوية كانت تتم فى بداية الأمر تحت ظروف غير معقمة:**

لقد ظل إنتاج الكحول الإثيلى والبيوتيلى، وحمض الخليك، والأسيتون يتم عن طريق عمليات التخمير الميكروبية المفتوحة (المكشوفة)حتى نهاية القرن التاسع عشر، وتمثل المخلفات الناتجة عن معالجة مياه الصرف الصحى ومخلفات البلدية (مزيج من الروث والنفايات المنزلية وأوراق الأشجار الميتة.. إلخ) المصدر الأول للقدرة التخميرية الشائع استخدامه فى أنحاء العالم.

*** إدخال التعقيم فى عمليات التكنولوجيا الحيوية:**

وفى الأربعينات من القرن الماضى أدخل التعقيم فى عمليات الـ (ت.ح)، حيث أدخلت تقنيات هندسية معقدة للعناية بأنواع معينة من الكائنات الدقيقة والإكثار منها على نطاق واسع واستبعاد الأنواع الملوثة. ومن أمثلة ذلك المضادات الحيوية، والأحماض الأمينية، والأحماض العضوية، والإنزيمات، والإستروريدات، والسكريات العديدة، والفاكسينات (اللقاحات)، والأجسام المضادة أحادية المنشأ.

*** الوراثة التطبيقية وتكنولوجيا الحمض النووى (الدنا) المُطعَّم (معاد الاتحاد):**

وعن طريق الوراثة التطبيقية وتكنولوجيا الحمض النووى (الدَّنا) المُطَعَّم، ومزج البروتوبلاست بدأ تطوير السلالات التقليدية للكائنات الدقيقة التى لها دور فعال فى العمليات الصناعية، وأصبحت هناك فرصة كبيرة لبرمجة جديدة للخواص البيولوجية للكائنات الحية.

لقد بدأت ثورة التكنولوجيا الحيوية الحديثة فى السبعينات وأوائل الثمانينات من القرن الماضى خاصة بعد أن عرف العلماء كيف يحورون التركيب الوراثى

للكائنات الحية بدقة متناهية، وذلك بطرق بعيدة عن الممارسات التربوية والتكاثرية التقليدية. طبعًا إن تحور التركيب الوراثى للكائن الحى للحصول على صفات جديدة هو ما يعرف بالهندسة الوراثية. ومما لا شك فيه أن هذا الفرع من الوراثة له تأثير عميق على غالبية المجالات المتعلقة بالتكنولوجيا الحيوية، وأكثر من ذلك فقد أدت الهندسة الوراثية إلى تقدم هائل مفاجئ فى المعرفة والتقنية الطبية والزراعية. ومن بين الإنجازات المثيرة على سبيل المثال لا الحصر: إنتاج عقاقير صيدلية جديدة، والعلاج بالجينات للأمراض العضال، وإنتاج أطعمة صحية، ومبيدات آفات آمنة، وتجديد وابتكار تكنولوجيات بيئية ومصادر جديدة للطاقة.

وهناك خطر كبير أيضًا وهو أن الـ (ت.ح) سينظر إليها كجسد موحد من المعرفة العلمية والهندسية، والتفكير فى تطبيق هذه التكنولوجيا بطريقة مترابطة منطقيًا. ولن يكون ذلك على النحو المشار إليه، لأن مجال الفروع العلمية البيولوجية، والكيميائية، والهندسية التى تشملها الـ (ت.ح) له درجات متفاوتة عند التطبيق فى النواحى الصناعية.

لقد أقامت الـ (ت.ح) التقليدية سوقًا دولية ضخمة، وبالتعبير المادى فإنها تمثل الجزء الأكبر من العائد (الربح) المالى للتكنولوجيا الحيوية. وفى الوقت الحالى فإن المظاهر الجديدة للـ (ت.ح) المبنية على البيولوجيا الجزيئية الحديثة، والهندسة الوراثية، وتكنولوجيا التخمر تجد إقبالاً متزايدا للتطبيق والاستفادة منها فى المجال الصناعى على نطاق واسع. عرض كبير للمعلومات البيولوجية والهندسية الوثيقة الصلة بالموضوع، وخبرة كبيرة جاهزة للاستفادة منها فى النواحى الإنتاجية، إلا أن المعدل الذى ستطبق به هذه المعلومات والخبرة ستعتمد بدرجة بسيطة على الاعتبارات العلمية أو التقنية، وبدرجة أكبر على بعض العوامل مثل الاستفسار الملائم عن طريق الصناعات وثيقة الصلة بالموضوع، والنظم المطورة كبراءة الاختراع فى النواحى البيولوجية، والمهارات التسويقية.

واقتصاديات الطرق الحديثة مقارنة بالتكنولوجيات الشائعة، والذى يفوق كل ذلك هو الإدراك الحسى للجمهور وقبوله الموضوع.

وستشمل الأنشطة الصناعية التى ستتأثر بالـ (ت.ح) إنتاج الغذاء للإنسان والحيوان، ومصادر الطاقة البديلة، وتدوير المخلفات، ومقاومة التلوث، والأنشطة الزراعية والأحراج (الغابات). كما أن التقنيات الحديثة ستحدث تغييرًا جوهريًا فى النواحى الطبية، والعلوم البيطرية، والمستحضرات الصيدلية.

إن الصناعات المتعلقة بالتكنولوجيا الحيوية ستعتمد بدرجة عالية على المواد القابلة للتجديد والتدوير ولذلك يمكن تكييفها وتطويعها لمتطلبات المجتمع الذى تندر فيه الطاقة وترتفع فيه أسعارها باستمرار. وبأساليب عديدة فإن الـ (ت.ح) ما هى إلا سلسلة لتكنولوجيات بدائية (غير ناضجة) وتطوير هذه التكنولوجيات يتطلب نظامًا ذا مهارة فائقة، إلا أن الإمكانيات ضخمة ومتنوعة، وبدون أدنى شك فإن ذلك سيلعب دورًا متزايد الأهمية فى كثير من العمليات الصناعية المستقبلية.

إدراك الجمهور الحسى للتكنولوجيا الحيوية ومدى تقبله لها

على الرغم من أن الـ (ت.ح) تقدم إمكانات عديدة للرعاية الصحية والعملية الإنتاجية، ومعالجة المواد الغذائية وتجويدها عن طريق الهندسة الوراثية للمحاصيل، والأسمدة ومبيدات الآفات، واللقاحات، والأنواع المختلفة من الحيوانات والأسماك، إلا أن ما تتضمنه هذه العمليات الجديدة لهذه التكنولوجيا يفوق تمامًا الفائدة التقنية المقدمة. إن إنجاز أو تحقيق تقنيات جديدة يتوقف على مدى تقبل مستهلكى السلع التجارية لهذه التقنيات. وكما جاء فى تقرير اللجنة الاستشارية للعلوم والتكنولوجيا تحت عنوان «التنمية فى التكنولوجيا الحيوية»:

«إن إدراك الجمهور للـ (ت.ح) سيؤثر على معدل التنمية واتجاهاتها، وسيكون هناك قلق متزايد بشأن المنتجات المحورة وراثيًا. كما أن هناك استفسارات مختلفة عن السلامة، والأخلاقيات والرفاهة، وهذه الاستفسارات تتعلق بمعالجة المادة الوراثية».

إن اشتراك الجمهور فى المناقشة أمر ضرورى لكى تنمو وتتطور التكنولوجيا الحيوية الجديدة، وبدون شك فهو ضرورى أيضًا للتنبؤ بمستقبل هذه التكنولوجيا. وأن هذه التكنولوجيا ستخضع للتفحص والتدقيق، وفهم الجمهور واستيعابه لهذه التكنولوجيات الجديدة يمكن أن يُعجِّل من تقبله لها. ولكن المستوى المنخفض للثقافة العلمية (مثال: ٧٪ فقط من السكان فى الولايات المتحدة الأمريكية مثقفون علميًا: عن سمُيت ١٩٩٦) يعنى أن يكون معظم الأفراد قادرين على التوصل إلى قرارات جوهرية تتعلق بهذه القضية الهامة. وبناء على ذلك، فإنه من المقنع (وهذا ما يحدث بالفعل) وجود عدد بسيط من المذاهب الفعالة (أى المذاهب التى تؤكد على ضرورة اتخاذ الإجراءات الفعالة كاستعمال القوة لتحقيق الأغراض السياسية) لمناقشة القضية ضد الهندسة الوراثية بأسلوب انفعالى ضعيف الحجة والمنطق

مما يضلل أو يخدع الشعب ورجال السياسة. إن جماعة التكنولوجيا الحيوية يحتاجون إلى السهر الطويل ويدونون ملاحظاتهم عن الشعب ويعملون معه. إن للأفراد تأثيرًا على القرارات التى تصدرها الحكومات ويكون هذا التأثير من خلال صندوق الاقتراع السرى أو من خلال وجود للرأى العام. وأخيرًا فإن منافع التكنولوجيا الحيوية ستتحدث عن نفسها كما سنرى فى الأجزاء القادمة.

منتجات وتقنيات جديدة

إن تطبيق التكنولوجيا الحيوية يمكن أن ينتج عنه الآتى:

(أ) طرق جديدة لإعادة إنتاج المنتجات الموجودة بالفعل وذلك باستخدام مدخلات جديدة، ومن أمثلة ذلك إنتاج الجازولين (البنزين) من الكحول الإيثيلى الذى بدوره يُنتَج من السكر. وإنتاج الإنسيولين باستخدام تكنولوجيا الحمض النووى (الدَّنا) معاد الاتحاد (المطعَّم)، وإنتاج فاكسين (لقاح) للالتهاب الكبدى - ب وذلك عن طريق تكنولوجيا الحمض النووى أيضًا، واستخلاص النحاس بواسطة البكتيريا المرشِّحة للمعادن. والمدخلات البديلة فى تلك الحالات هى: البترول لإنتاج الجازولين، وبنكرياس الخنازير لإنتاج الإنسيولين، ودم الإنسان لعمل فاكسين الالتهاب الكبدى، والتقنيات التقليدية لاستخراج المعادن لإنتاج النحاس.

(ب) طرق جديدة للحصول على منتجات جديدة بكميات كافية، ومن أمثلة ذلك المواد ذات الفائدة الطبية التى ينتجها الجسم البشرى بكميات ضئيلة والتى لا يمكن تخليقها (تركيبها) مثل الإنسيولين، والإنترليوكين، والإنترفيرون.. إلخ.

وليس من الواضح ما إذا كان الاختيار القائم على التكنولوجيا الحيوية سيكون مُفضلاً على الدوام أو لا. ونوضح ذلك فى المثال التالى: بالرغم من أزمة البترول عام ١٩٧٣/١٩٧٤، ١٩٧٩/١٩٨٠ قد أثارت اهتمامًا بالغًا بالطرق القائمة على التكنولوجيا الحيوية إلا أن الانخفاض فى أسعار البترول العالمية الذى صاحب ذلك أدى للعودة إلى البدائل القائمة على مصادر بترولية، وفى مثل هذه الحالة

يمكن القول بأن الحاجة الضرورية للمنتج الجديد هى التى تمثل العامل الحاسم فى تحديد استخدام نوع المدخلات القائمة على التكنولوجيا الحيوية.

التوسع فى المنتجات الجديدة

لقد أدت التكنولوجيا الحيوية فى حالات كثيرة فى الدول الصناعية إلى أن تتوسع الشركات فى إنتاجها وتقوم بتسويق منتجات جديدة على نطاق واسع، ومن أمثلة ذلك: التغير الذى طرأ على الشركات الكيموزراعية التى تعمل فى مجال البذور، والتحول الذى طرأ على الشركات القائمة على عمليات التخمير والتى تعمل فى مجال المواد الغذائية والمشروبات وتحوُّل تلك الشركات وإنتاجها لمنتجات تعتمد أساسًا على الـ (ت.ح) مثل المستحضرات الصيدلية. إن إمكانية إنتاج أنواع جديدة من النباتات مقاومة لمبيدات الحشائش تَسبب فى ظهور نشاط تجارى جديد هو عبوات البذور المقاومة لمبيدات الحشائش، ولزيادة العائد من هذا النشاط بدأت الشركات الكيموزراعية الضخمة فى تأسيس شركات خاصة للبذور. وتحسين وتطوير النباتات المقاومة للآفات له دوره فى تطوير مبيدات الآفات، وتيسير اندماج البحوث الكيموزراعية والأخرى المتعلقة بالبذور، والأنشطة الإنتاجية والتسويقية.

مجالات التكنولوجيا الحيوية وأهميتها:

يمكن للتكنولوجيا الحيوية أن تؤثر بدرجة كبيرة على مظاهر حياتنا المختلفة. وتتزايد بسرعة فرصة تطبيق الـ (ت.ح) لتصنيع المنتجات الطبية والبيطرية، والكيماويات، والأغذية، والطاقة، ومقاومة التلوث، والاستفادة من القمامة، وتأثير هذه التكنولوجيا على المواد الكيماوية المختلفة يكون ملحوظًا بدرجة كبيرة، ومن بين هذه المواد جميع الكيماويات العضوية، والمذيبات، والبوليمرات، والمستحضرات الصيدلية، والمركبات الأروماتية أو مكسبات الطعم والرائحة. وتوجد علاقة مباشرة بين إنتاج المضادات الحيوية والتقدم الحديث فى الـ (ت.ح). وهذه الصناعة لها أهميتها الكبيرة فى الـ (ت.ح). لقد أحدثت الاكتشافات الجديدة للمضادات

الحيوية تطورًا هائلاً فى العمليات التنموية والقوة الإنتاجية. والمثال المميز يتعلق بإنتاج البنسلين فى عام ١٩٤٥، ١٩٨٥. ففى عام ١٩٨٥ تم إنتاج كميات ضخمة من هذا المضاد الحيوى عن طريق العمليات التخميرية وبتكاليف أقل ١٪ عن التكلفة فى عام ١٩٤٥.

بعض المنتجات القابلة للتسويق والتى كان السبب الرئيسى فى ظهورها هو الـ (ت.ح) الجديدة والتى أصبحت متوفرة تجاريًا هى: مادة الإنترفيرون ذات الفعل المضاد للسرطان، والإنسيولين البشرى، وهرمونات النمو، هذا فى مجال المستحضرات الصيدلية، وأيضًا زراعة الأنسجة، والمواد المُحلِّية البديلة للسكر، ونباتات نخيل الزيت المُكَلْوَنَة وذلك فى مجال التصنيع الزراعى. وقد أحدثت بالفعل المواد المُحلِّية ونخيل الزيت تأثيرًا جوهريًا على سوق السكر العالمية وسوق الزيوت النباتية.

وقد ساعدت التكنولوجيا الحيوية أيضًا فى إنتاج الإنزيمات بكميات كبيرة وذلك على المستوى التجارى. والاستخدامات الضخمة للإنزيمات غالبًا ما تقتصر على صناعة النشا وبعض المنظفات. وشراب الذرة الغنى بسكر الفركتوز عبارة عن مُحليات مصنعة أصبحت تُنتج على مستوى كبير وذلك باستخدام إنزيم «جلوكوز أيزوميريز المجمد».

ينتج متخصصو الـ (ت.ح) اليابانيون آلاف الأطنان من مادة «جلوتا ميت أحادى الصوديوم» التى تستخدم كعامل مُكسب للنكهة فى الصناعات الغذائية التخمرية. وهناك منتجات أخرى شبيهة منها حمض الأسبرتك، والنيوكليوتيدات، والحمض الأمينى «ليسين» الذى يستخدم كمادة إضافية (مكملة) لعلف الماشية.

والبروتين الخلوى الفرد يعتبر منتجًا ثمينًا آخر لعمليات التكنولوجيا الحيوية، ويمكن إنتاجه من القمامة وذلك بإنماء أو بزراعة بعض الميكروبات الصالحة للأكل على هذه القمامة.

وتعتبر البكتيريا «باسيللَس ثورنجنثث» مبيدًا حشريًا فعالاً وتُنمَّى الآن بكميات ضخمة فى المخمِّرات، كما أن صمغ الزانثان يستخدم كعامل مُستحْلب، وكمثبت، وفى عمليات الدهان.

إن ارتفاع أسعار البترول قد دفع إلى التفكير فى إيجاد مصادر بديلة للطاقة منها الهضم اللاهوائى للقمامة، والتخمير، وإنتاج الكحول الإثيلى، والتكسير البيولوجى للبقايا السليولجنينية (بهاسليولوز ومادة اللجنين). وهناك برنامج طموح لإنتاج الكحول الإيثيلى من قصب السكر قد بدأ فى البرازيل. وقد تم تحسين وتطوير تصميمات المفاعلات فى كل من أمريكا وأوروبا وذلك لتحقيق معدلات مرتفعة للتفاعلات التى تتم فى ظروف لا هوائية.

إن اكتشاف الأجسام المضادة أحادية المنشأ واستخدامها فى التعرف على المركبات البيولوجية المختلفة وتنقية هذه المركبات قد أدى إلى التوسع فى المغامرات الصناعية فى المجالات الطبية، والتشخيصية، والصيدلية والبيطرية.

لقد أصبح الحمض النووى (الدَّنا) الآن جزيئًا كبيرًا يمكن التعامل معه بسرعة ويُسر وبثقة أكبر من أى شيىء آخر. إلا أن الاستفادة من الدَّنا كعقار ما زال بسيطًا، واستخدامه فى تفاعلات ترابطية حتى الآن ما زال محدودًا وقاصرًا على الجزيئات العضوية المختلفة وجزيئات الأجسام المضادة على التوالى.

والأمراض الخطيرة التى تنشأ عن الفيروسات والجينات المسرطنة أو عن الدَّنا الخلوى الشاذ تمثل تحديًا كبيرًا للشركات المتخصصة فى إنتاج الأدوية.

ومن حيث المبدأ، فإن البيتيدات العديدة التى تتعرف على نُسخ الفيروسات وتثبطها وذلك لتفاعلها مع المشجعات أو المثيرات الفيروسية ستكون «العقار» المثالى، إلا أن هذا الفرع لم يجذب انتباه السادة المستثمرين. وفى الوقت الحالى فإن الرأسماليين يواجهون خطرًا من تدعيم بحوث الأحماض النووية، حيث وُجد فى بعض الحالات أن «الدَّنا» يستطيع أن يكون نموذجًا ثلاثيًا بدلاً من النموذج الحلزونى المزدوج، وقد ضلَّلَ هذا النموذج (الحلزونى) الثلاثى النادر بعض شركات التكنولوجيا وقلَّلَ من قدرتها الإبداعية.

لقد أوضحت البحوث أن الحلزون الثلاثى للدنا يقاوم فعل إنزيمات القص (إنزيمات التحديد) ويمنع ارتباط عامل النسخ. وأن الارتباط الكيميائى التزاوجى للعوامل الألكيلية خاصة بالنموذج الحلزونى الثلاثى يعتبر وسيلة فعالة لإحباط فعل المادة التى ينتجها حين ما (كما أنه قد يمنع تضاعف هذا الجين)، ومعظم الاستفسارات المتعلقة باستخدام مثل هذه الأحماض النووية فى المجال الدوائى ما تزال بدون إجابة. وليس من المؤكد بعد من قدرة هذا النوع من الأحماض النووية على إيقاف عملية النسخ، كما أن القوة التى تمكن هذه المادة من النفاذ خلال الغشاء الخلوى والنووى ما تزال تخمينية. لذلك فإن الاستفادة المستقبلية من الدنا الحلزونى الثلاثى غير مؤكدة بعض الشىء، أما استخدامه فى النواحى التشخيصية الدقيقة فقد ثبت بالفعل. إن عملية تكوين الحلزون الثلاثى يمكن أن تؤدى إلى انشقاق (انقسام) الدنا خارج الجسم أى أثناء التجارب المعملية. وهذه الطريقة يمكن الاستفادة منها فى عمل الخريطة الجينية.

وفى تقنيات الدنا الحديثة تستخدم قطع الدنا المكونة من عدد قليل من النيوكليوتيدات فى اختبار القدرة الارتباطية الفائقة لجزيئات الأجسام المضادة. ويتم تخليق هذه القطع بطرق مركبة بعض الشىء لا يتسع المجال هنا لذكرها. وإن ميزة هذه التقنيات هى الحصول على جزيئات صغيرة نسبيًا وفى زمن أقل عن ما هو الحال فى إنتاج الأجسام المضادة.

ومن التقنيات الحديثة لقطع الدنا الصغيرة استخدامها فى علاج بعض الأمراض الفيروسية مثل الأورام الحُليمية، والهربس وحتى مرض الإيدز. وهناك العديد من الشركات التى أقرت استخدام أدوية مضادة للفيروسات مُنتجة من تقنيات الدنا، وأن هذه الأدوية تُستَخدَم كعلاج موضعى وليست علاجًا عامًا يتم تناوله عن طريق الفم مثلاً.

لقد بدأ بالفعل التركيز على الاستفادة من الهندسة الوراثية والتكنولوجيا الحيوية لتحقيق حصيلة ونتائج معينة، وفى السنوات القادمة سيزداد هذا التركيز.

إن حدود علم الكائنات الدقيقة كفرع مستقل من فروع المعرفة أصبحت غير واضحة لأن الخلايا النباتية والحيوانية صارت تُعالج بتقنيات تكنولوجية حيوية كما لو كانت هذه الخلايا وجودًا ميكروبيًا يستخدم فى تغيير أو تعديل الصفات النباتية والحيوانية.

إن جزءًا بسيطًا فقط من الميكروبات وأنشطتها قد تم التعرف عليه ودراسته. وسيوسع متخصصو علم الكائنات الدقيقة من مداركنا للتنوع البيولوجى للكائنات الدقيقة، كالتوسع فى استكشافاتنا لفروع أخرى مثل أعماق المحيطات، والمنطقة القضبية الشمالية والجنوبية، والتصدعات الجيوحرارية والتلوث الكيميائى للتربة والمياه. وحتى ذلك الحين فمعرفتنا بالكائنات الدقيقة غير المألوفة أو الغريبة أو شديدة الحساسية بدأت تتزايد خاصة معرفتنا بالكائنات الأولية والطفيليات الداخلية. وسيتم تثبيت خلايا نباتية وحيوانية متخصصة فى مزارع متواصلة والتى من الممكن دراستها بجدية عن طريق التقنيات البيولوجية الدقيقة.

من أعلى التوقعات لتحسين صحة البشر خلال البحوث البيولوجية الدقيقة هو التركيز على العلاج الكيميائى لمرض الإيدز والتحصين بوجه عام ضد الأمراض. وفى هذه الحالات يتم فحص المتغيرات المناعية الناتجة عن العدوى الميكروبية بدقة فائقة. وتستخدم التقنيات البيولوجية الدقيقة فى العلاج الجينى فى الإنسان وفى غرس عناصر غير كروموسومية، تُشفر لهرمون النمو فى الدواب والأسماك، وهناك اعتبارات تنظيمية واقتصادية غير القدرات العلمية يُتوقع أن تحد من هذه الاستخدامات. وسيظل البحث عن فاكسينات (لقاحات) للإيدز، والملاريا، والدرن (السل)، والجذام تمثل الصدارة، كما أن هناك مساعىً للبحث عن علاج للأمراض الطفيلية.

وما من شك فى أن استخدام المعالجات الوراثية خارج جسم الكائن الحى أى فى إجراء التجارب المعملية له أثره الكبير، فهناك ما يزيد عن (ثلاثمائة) شركة على مستوى العالم لها أسواق للمنتجات المتنوعة من العقاقير، والمواد الغذائية،

والمنتجات الزراعية الناتجة عن هذه المعالجات. وإنتاج الإنسيولين الآدمى لعلاج مرضى السكر وهرمون النمو عن طريق البكتيريا قد تطور وتوسع بدرجة كبيرة.

إن القدرة على جعل الجينات تواصل في إصدار أوامرها، وكَلْونة وتعبير تتابع ما من (الدنا) فى ناقلات مُعبِّرة فعالة قد مكن العلماء من تخليق مواد بروتينية حسب الرغبة أى عمل بروتينات من أحماض أمينية حسب الطلب. والتوسع فى معرفة العلاقة بين وظيفة البروتين وتركيبه يمكن أن تُسهل من التصميم أو التخطيط لبروتينات محورة أو حتى بروتينات جديدة تمامًا بمواصفات وفق الحاجة لتواجه متطلبات محددة. ويؤدى ذلك إلى طريقة لابتكار بروتينات غير موجودة فى الطبيعة وهذه البروتينات مفيدة للإنسان بطريق ما.

والذى يمكن أن يستثمر ويستفاد منه فى معظم العمليات السابقة هو كفاءة الخلايا الحية على أن تكون مصنعًا للبروتين، أو مصنعًا كيميائيًا، أو مصدرًا للبروتينات خارج الخلية. وعند عمل الخلية كمصنع للبروتينات فإن كفاءتها يمكن أن ترتفع بنسبة عالية لإنتاج بروتين خلوى من نوع خاص، وبنسبة أقل لإنتاج إنزيمات وهرمونات. وعند عمل الخلية كمصنع كيميائى فإنها تعطينا الكحول الإيثيلى بكميات ضخمة، والكيماويات الدقيقة والأجسام المضادة بكميات أقل. ومن بين البروتينات المهمة من الناحية الطبية والتى يمكن إنتاجها عن طريق التكنولوجيا الحيوية هى: الإنترفيرون، والهرمونات، والفاكسينات (اللقاحات).

وفى السنوات الأخيرة جذبت البكتيريا المحبة للحرارة (تتحمل درجات حرارة عالية) اهتمام العاملين فى الـ (ت.ح)، ومن بين الميزات الخاصة لهذا النوع من البكتيريا أو الإنزيمات التى تنتجها الآتى:

١ - انخفاض تكاليف المواد المغذية لعملية التخمير ويرجع ذلك إلى عدم احتياج أجهزة التخمير إلى تبريد.

٢ -- انخفاض لزوجة قوام المزرعة التى تُنمَّى فيها البكتيريا.

٣ - متطلبات عملية التعقيم تكون أقل تشددًا عمَّا هو فى الأنواع الأخرى من البكتيريا.

٤ – استرداد المنتجات المتطايرة بسهولة.

٥ – ثبات الإنزيمات بدرجة عالية لأن عملية التبريد ليست مطلوبة.

وتبشر العوامل الثلاثة الآتية بالتوسع فى مجال التكنولوجيا الحيوية مستقبلاً:

١ – يمكن الانتفاع بالمواد الخام الناتجة عن الموارد المتجددة مثل محاصيل الحبوب وذلك عن طريق التكنولوجيا الحيوية. ويتم ذلك بتطوير أجهزة أو أنظمة مناسبة لتحليل المواد السليولوزية واللجنوسليولوزية، وبذلك نستطيع حل كثير من مشاكلنا.

٢ – مقارنة بالعمليات الكيميائية، يتضح أن عمليات الـ (ت.ح) تكون أحسن وأكثر ميزة لمعاملة المواد النباتية ومخلفات هذه العملية تكون أقل بكثير عن العمليات الكيميائية.

٣ – كثير من المنتجات يمكن الحصول عليها عن طريق كل من الطرق البيولوجية التقليدية والطرق الحديثة، فالهندسة الوراثية تبشر بإندماج منتجات جديدة ليس هذا فحسب ولكنها تزيد أيضًا من مدى القدرة على الإنتاج ومن كفاءة المنتجات الموجودة بالفعل.

وهناك مثالان لأهم المنتجات المحتمل أن تكون متوفرة بكميات كبيرة كنتيجة للمحاولات المبذولة فى مجال الـ (ت.ح) وهذان المثالان هما: المحاصيل ذاتية التسميد الأزوتى والتى ستحد من الطلب على السماد الأزوتى باهظ التكاليف، والحيوانات المنتجة للحوم والمهندسة وراثيًا لإنتاج لحوم بكميات كبيرة ذات نوعية غذائية عالية.

والمادة البروتينية عديدة الببتيدات المضادة للتجمد يمكن أن تستخدم لزيادة تحمل المنتجات النباتية والمواد الغذائية والبيولوجية للتجمد، ويتم ذلك عن طريق تقنيات التكنولوجيا الحيوية. والمثال الشهير لذلك هو سلالة من البكتيريا تسمى (سيدوموناس سيرنجاى) سالبة الثلج. وهذه السلالة ينقصها الجين الذى يساعد فى تكوين الثلج، وعند رش هذا النوع من البكتيريا على النباتات فإنها تمنع

التجمد عند درجات الحرارة التى عادة ما يحدث عندها تكون الصقيع الذى يؤذى النباتات. وهناك إمكانيات أخرى منها تعبير الجينات الطبيعية المضادة للتجمد فى النباتات المحورة وراثيًا للتعزيز من تحملها للتجمد. فبعض الأسماك التى تعيش فى المياه الباردة تحتوى دماؤها على بروتينات معينة مانعة للتجمد. ومما هو جدير بالاهتمام أن تُنقل الجينات المُشفرة لهذه البروتينات إلى النباتات لتُعبر عن نفسها وتحمى الأخيرة من التجمد والصقيع المدمر.

يبدو أن التقدم فى التكنولوجيا الحيوية النباتية قد بدأ يضعف تدريجيًا مقارنة بما هو فى التكنولوجيات الميكروبية والحيوانية، فمعالجة الحبوب وأنواع أخرى من الحشائش معمليًا يكون أصعب من معالجة الميكروبات، ورغم ذلك فقد تحقق بعض التقدم فى السنوات الأخيرة.

النسيج النباتى الكثيف أو المُحكَم (نوع من الكلّس) (يطلق عليه النوع رقم I) يتم الحصول عليه من الأنسجة الجنينية المتصلة بالنبات مثل الحراشيف الصغيرة للأجنة غير الناضجة، وأنسجة العناقيد الزهرية حديثة النمو، وأيضًا الأجزاء القاعدية للأوراق حديثة النمو. وهذا النوع من الأنسجة يتكون من خلايا مكتظة بالسيتوبلازم لها خاصية الانقسام السريع، ولهذا النسيج قدرة فائقة على التجدد. وعلى النقيض فالنوع رقم II وهو ما يسمى بالنسيج النباتى الجنينى يكون هشًّا سهل التفتيت وينشأ تلقائيًا بمعدل بسيط. وعمومًا فإن الأنسجة النباتية من النوع الأول والثانى لا تكون مناسبة تمامًا لإجراء التحورات الوراثية، ومن هنا يكون اللجوء إلى تنمية المعلقات الخلوية والبروتوبلاست (محتوى الخلية البروتوبلازمى معتبرا وحدة خلوية) ضروريًا. إن مزارع الأنسجة المجدَّدَة غالبًا ما تظهر بها بعض الاختلافات عند مقارنتها بالنبات الأصلى، وسبب حدوث هذه الاختلافات هو التغير فى أعداد أو تركيب الكروموسومات ووجود الطفرات الجينية. وبالمقارنة فإن نسبة الاختلافات التى تلاحظ فى المزارع الناشئة من خلايا جنينية تكون أقل من التى تظهر فى المزارع الناشئة من خلايا مأخوذة من الأعضاء. كما يحدث أيضًا نوع من الانتقاء (الاختيار) الخلوى ضد الخلايا غير الطبيعية أو المختلفة

أثناء تكوين الأجنة الجسدية. وغالبًا ما تكون الأنسجة الميرستيمية (الجنينية) للبراعم والفروع الجديدة أقل قابلية للتغير الجينى أثناء النمو وذلك مقارنة بالتكوين الجنينى المبكر الذى يعتبر أكثر حساسية.

إن العقبة الكبرى للمعالجة الوراثية للحشائش والحبوب هى بلا شك قدرة النباتات على التجدد من البروتوبلاست، وهذا التجدد قد أشير إليه فقط فى أنواع قليلة من قصب السكر، والأرز، والذرة.

لقد تم مزج البروتوبلاست من نبات الشعير والذرة (نباتات من ذوات الفلقة الواحدة) ببروتوبلاست مشتق من المزارع الخلوية لنباتات متنوعة من ذوات الفلقتين. كما تم عزل هُجن بين الأرز والجزر، وعزل خطوط خلوية للأرز مع فول الصويا بنجاح، وهذه الخطوط الخلوية كانت تحتوى فقط على معلومات وراثية محدودة لنبات الأرز. وقد تم أيضًا إنتاج خطوط خلوية وراثية هجينة بين نباتات المجموعة النجيلية ذاتها.

لقد أصبح من الممكن إنتاج اتحادات سيتوبلازمية نووية جديدة عن طريق عمليات مزج البروتوبلاست. وفى كثير من النباتات يتم توارث السيتوبلازم عن طريق النبات الأم (أى النبات المؤنث). وليس من الممكن عمليًا خلط البروتوبلاست من نوع ما من النباتات بالميتوكوندريا من نوع آخر. ولكن فى التهجينات الجسدية يمكن اتحاد الميتوكوندريا الحاملة للجينات الخاصة بعقم الذكر السيتوبلازمى بالكلوروبلاست المحتوى على جينات مقاومة لمبيدات الحشائش.

الهندسة الجزيئية

قد يبدو هذا العنوان غريبًا (ملفتًا) إلا أن معناه بسيط، ويقصد به التحورات التى يتم إجراؤها على جزئيات المنتجات البيولوجية خاصة المواد البروتينية وذلك للتحسين من خواص هذه الجزيئات، ويتضح ذلك فى العرض الآتى:

إن علمى الكيمياء الحيوية والكائنات الدقيقة يرتبطان ببعضهما كارتباط الإنزيمات المعزولة أو المستقلة بالأسطح المختلفة وذلك للتعزيز من ثبات هذه

الإنزيمات وجعل التفاعل بينها وبين الأوساط المختلفة سهلا خاصة الأوساط التى لا تذوب فى الماء. ويمكن تحوير تركيب الإنزيم بطريقتين: الأولى بإضافة مجموعات حماية لجزيىء الإنزيم والثانية باستئصال تتابع أو تتابعات معينة من جزيىء الإنزيم. والهدف من الإضافة أو الاستئصال هو جعل الإنزيم أكثر ثباتًا من الناحية التركيبية، وبالطبع سينتج عن ذلك تغير فى تخصص الإنزيم بالنسبة للمواد التى يؤثر عليها. وفى حالة الإنزيمات المرتبط بها شق معدنى يمكن تجريدها من هذا الشق المعدنى واستبداله بشق معدنى آخر ليغير من الخواص الطبيعية والكيميائية لهذه الإنزيمات. ويجب تفحص قدرة الإنزيمات التى تعمل فى بيئات غير سائلة على تحول المواد الهيدروكربونية. كما يمكن أيضا تحوير الإنزيمات وذلك بإحداث تغييرات فى تتابع الأحماض الأمينية المكونة لجزيىء الإنزيم وذلك باستخدام مواد مطفرة معينة، ويهدف ذلك إلى التغيير من تخصص الإنزيمات بالنسبة للمواد التى تؤثر عليها، وسرعة التفاعل الذى يحفزه الإنزيم، وثبات المادة البروتينية المكونة للإنزيم. ويتم إنتاج البروتينات المشكلة أو الخليطة أى المحتوية على قطع كاملة من إنزيمات مستقلة وذلك لجمع الخواص الفيزيقية والوظيفية المرغوبة لأنواع الإنزيمات الموجودة بالفعل.

التكنولوجيا الحيوية والدول النامية

للتكنولوجيا الحيوية (ت.ح) سمة مزدوجة، السمة الأولى هى أن الـ (ت.ح) تقدم للدول النامية طرقًا وأساليب جديدة لحل عدد كبير من المشاكل الموجودة بها، كما يمكنها المساهمة فى الاستقلال الاقتصادى لهذه الدول. والسمة الثانية هى أن استخدام الـ (ت.ح) يمكن أن يَنتُج عنه مشاكل اجتماعية، واقتصادية، وبيئية. ومن بين الأساليب التنموية فى هذا المجال التى لا يمكن أن يكون لها تأثيرات سلبية على الدول النامية هى استبدال السلع التقليدية بأخرى مُطورة، والتصنيع الزراعى، وخصخصة المعرفة والتكنولوجيا.

استبدال السلع التقليدية

لقد أصبح من الممكن إنتاج بدائل لبعض السلع التقليدية وذلك باستخدام التكنولوجيا الحيوية (مثال ذلك الدبْس أى المادة اللزجة التى أمكن الحصول عليها من نبات الذرة). إن الدبس كسلعة تقليدية يتم الحصول عليه عن طريق تصنيع السكر الخام حيث تُنْتَج مادة لزجة تُفصل عن السكر الخام عند تصنيع السكر. أما الحصول على الدبس من الذرة فهذا أسلوب جديد لإنتاج سلعة جديدة بديلة يمكن أن تنتشر فى الدول التى لا تتوفر فيها خامات صناعة السكر من نبات قصب السكر الذى يحتاج إلى ظروف بيئية خاصة. وهذا النوع من التنمية يهدد تلك الدول التى تعتمد بصورة أساسية على تصدير قدر بسيط من السلع من هذا النوع. ومع التوسع فى حجم السلع القابلة للاستبدال فإن الشركات المصنعة (التى تتركز أساسًا فى الدول الصناعية) سيكون لديها فرصة كبيرة لاختيار الخامات اللازمة لمنتجاتها. إن حوالى نصف السلع الكلية القابلة للاستبدال يكون مصدره الدول النامية، وعلى عكس ما هو موجود فى دول أخرى منتجة للسلع فالدول النامية تعتمد بصورة كبيرة على تصدير قدر محدود من هذه المنتجات.

وبسبب الوضع الاقتصادى الضعيف والقاعدة التصديرية المحدودة للدول النامية فإنها ستعانى من فقد فى الأسواق التصديرية لسلعة أو أكثر، وقد يكون لذلك عواقبه السيئة على التنمية فى هذه الدول.

وهناك خطر آخر يتعلق بالاستبدال السلعى وهو إمكانية استبدال السلع «غير الغذائية» بأخرى «غذائية» وذلك للحصول على منتجات «غير غذائية». والتأثير الناتج عن ذلك هو أن المواد الغذائية ستُحذف من السلسلة الغذائية، وقد يؤدى ذلك إلى نقص فى الإنتاج الغذائى على المستوى الوطنى فى الدول النامية، وزيادة اعتماد هذه الدول على الإمدادات الغذائية الخارجية. وفى دولة مثل البرازيل فإن إنتاج الكحول من قصب السكر صاحبه استيراد للمواد الغذائية.

التصنيع الزراعى

تُجرى شعوب متعددة الكثير من بحوث التكنولوجيا الحيوية (الزراعية)، وتهدف هذه البحوث بصورة أساسية إلى الاهتمام بالتصنيع والترويج التجارى للمنتجات الزراعية على نطاق واسع. والتكنولوجيا المطبقة فى هذه الحالة يتم تكييفها مع متطلبات هذا النوع من الزراعة. إلا أن أكثر من ٧٥٪ من الإنتاج الزراعى فى الدول النامية مازال منخفضًا. والتكنولوجيا الحيوية المتوفرة فى الوقت الحالى غير مكيفة مع احتياجات صغار المنتجين ومع قدراتهم المحدودة على الاستثمار لذلك فهى غير مناسبة لهم.

وفى كثير من الدول النامية توجد بعض الزراعات التجارية الضخمة المنظمة إلى جانب الزراعات البسيطة المكثفة. وكنظائرها فى الدول الصناعية فإن كبار المنتجين التجاريين تكون لديهم القدرة على الاستفادة من التكنولوجيا وبذلك يزداد إنتاجهم، أما بالنسبة لصغار المزارعين فيبقى الحال كما هو عليه. إن الزيادة فى الإنتاج ستؤدى إلى انخفاض الأسعار ويعتبر ذلك ملائمًا للجمهور، إلا أنه مؤذٍ لصغار المزارعين. وقد يؤدى ذلك إلى مزيد من الهجرة إلى المدن شديدة الازدحام حيث لا يكون هناك مطمح للعمل. إن تهميش عمليات الإنتاج الغذائى الصغيرة

يمكن أن يـؤدى إلى نقص فـى المـواد الغذائيـة علـى المسـتوى المحلـى لأن إنتـاج المؤسسات الضخمة سيوجه إلى السوق. لذلك فإن الزراعـة المحليـة غـير التجاريـة والتى تحقق اكتفاءً ذاتيًا كبيرًا تكون ضرورية للأمن الغذائى المحلـى فـى الأمـاكن الريفية.

وهناك مشكلة أخـرى ترتبـط بعمليـات التصنيـع الزراعـى وهـى أن كثـيرًا مـن المحاصيل الزراعية التى ستنمو سوف تكون ذات أساس وراثى واحـد بمعنـى أنـه لن يكون هنـاك تنـوع وراثـى فـى النباتـات المزروعـة، وقلـة التنـوع الوراثـى فـى المحاصيل التجارية الرئيسية ومحاصيل التغذية يزيد من خطر إصابتها بـالأمراض والآفات لأن العشيرة النباتية بالكامل تكون قابليتها للإصابـة بـالأمراض والضغـوط البيئية متساوية. وهذا التآكل الوراثى يهدد الإمداد العالمى بالغذاء وبحوث التطوير والتحسين الزراعى التى تعتمد أساسًا على التنوع الوراثى.

خصخصة المعلومات والتكنولوجيا

فى الصناعة يتم تسجيل المعلومات الابتكاريـة، ويعـرف ذلـك بتسـجيل بـراءة الاخـتراع، والهـدف مـن ذلـك، هـو حمايـة الابتكـار، أو الشـيىء المخْـتَرَع، مـن جانب، ولاسترداد تكاليف العملية الابتكارية من جانب آخر. وبناء على ذلك فإن البحوث الجارية تظـل خصوصيـة أو سـرية إلى أن يمكـن تطبيـق بـراءة الاخـتراع عليها. أمـا فـى حالـة التكنولوجيـا الحيويـة فتكـون حمايـة الاخـتراع صعبـة لأن النمـاذج الحيـة مثـل البـذور والكائنـات الدقيقـة والتـى تحتـوى علـى المعلومـات المحسَّنة والمطورة تنسخ نفسها أى تكثر من ذاتها كما أن التوزيع الحـر أو المنفتـح لهذه النماذج يكون جزءًا ضروريًا للتطبيق.

لقد شكلت جامعات متعددة ومعاهد أخرى فى الدول الصناعية شبكات خاصـة استطاعت من خلالها أن تمكن أعضاء أو أفراد معينة من الحصول على المعلومـات المحسَّنة والمطورة. ومن الصعب للدول النامية أن تشارك فى هذا بسبب التكـاليف الباهظة فى عضوية هذه الشبكات، والقـدرات المحـدودة لهـذه الـدول فـى إجـراء

البحوث. وقد أدى ذلك إلى دراسة ومناقشة دولية لتغيير قانون براءة الاختراع وذلك لوضع نهاية أو حد لكتمان المعلومات وتشجيع التطوير والتنمية الجديدة من خلال وسائل حماية ملائمة. إن فكرة براءة الاختراع للمنتجات والعمليات المتعلقة بالكائنات الدقيقة تسير ضد مبدأ الوجود الحر للموارد الوراثية الطبيعية. وعلى المستوى القومى والدولى لا يزال غير واضح حماية أى تنمية أو تطور بقانون براءة الاختراع. كما أن هناك قصورًا فى التنسيق بين القوانين الموجودة بالفعل مثل قوانين حماية حقوق مربى النباتات، وهناك بعض الاعتبارات الأخلاقية التى تنظر إلى المادة البيولوجية المصونة ببراءة اختراع على أنها قد ظهرت بغتة.

ولم تعرف تمامًا نتيجة أو عواقب قضايا براءة الاختراع لدول العالم الثالث ولكن يبدو من المحتمل أن براءة الاختراع فى الدول المتقدمة ستُعرِّض الأسواق التصديرية والمنتجات الغذائية المحدودة لهذه الدول للخطر، وقد يؤدى ذلك إلى اتساع الفجوة بين العالم الثالث والغرب وبين الدول النامية أنفسها، وأكثر من ذلك فإن مدى استفادة الدول النامية من التأثيرات الإيجابية للتكنولوجيا الحيوية ومنع التأثيرات السلبية لها سيتوقف على ميزان القوى الحالى والمستقبلى فى هذا المجال. وليس من السهل التنبؤ بالتنمية التى ستكون ثورية فى سماتها أى التى تحدث تغييرات جذرية والتى تكشف عن مناظر ومشاهد وأشياء جديدة متعددة، إلا أن الاتجاهات المحددة للتنمية الآن قد تعطى دلالة أو إشارة عمًا هو متوقع.

إن تنمية التكنولوجيا الحيوية فى الدول الصناعية تكون مرتبطة بدرجة كبيرة بمتطلبات السوق، ويستفاد من الـ(ت.ح) بصفة أساسية فى المجالات حيث التطوير السريع للتطبيقات التجارية الجذابة يكون ممكنًا،وحيث توجد بالفعل متطلبات سوقية ملائمة. وتكون المعاملة التفضيلية أو التمييزية بسيطة إلى حد ما فى حالة التطبيقات الفعالة التى تقدم ميزات اجتماعية وبيئية. إضافة إلى ذلك فإن بحوث الـ(ت.ح) فى الدول الصناعية تتجاهل أى نتائج أو عواقب للدول النامية.

تأثير التكنولوجيا الحيوية على السكان والبيئة

تؤثر الـ (ت.ح) على السكان والبيئة فى كل مكان، فى كل من الدول المتقدمة والدول النامية. وبسبب ضعف الوضع الاقتصادى، وغياب القوانين فى الدول النامية فإن تأثرها بالتكنولوجيا الحيوية يكون شديدًا. وفى حالات كثيرة يتطلب تطبيق الـ (ت.ح) إدخال كائنات جديدة أو محورة إلى مناطق لم يسبق أن وجدت فيها هذه الكائنات وإن وجُد البعض منها فإن نسبته تكون محدودة، وينتج عن ذلك بعض التأثيرات التى من أهمها الآتى:

١ - إصابة الأفراد بالأمراض وكذلك الحيوانات والنباتات.

٢ - اضطراب النظم البيئية مثال ذلك: الحد من العشائر الطبيعية، التغير فى الدورات الطبيعية والتفاعل فيما بينها.

٣ - نقل صفات وخواص وراثية لأنواع أخرى.

٤ - نقص التنوع الوراثى.

لقد عُرف القليل جدًا عن المخاطر الممكنة لإدخال كائنات محورة وراثيا إلى البيئة. إن الكائنات الحية تتناسل وتتكاثر وبمجرد انطلاقها وتحررها يكون من الصعب السيطرة عليها. وقد تكون التأثيرات الناتجة غير عكسية أى يكون من المتعذر إلغاؤها. وفى معظم الدول الصناعية يتم تقنين عمليات إدخال الكائنات المحورة وراثيًا مقدمًا حالة بحالة وخطوة بخطوة. إن بعض الكائنات المحورة وراثيًا يمكن أن يكون آمنا تمامًا عند ظروف مُناخية معتدلة من درجة حرارة ورطوبة وإضاءة.. إلخ، وقد يصبح شرسا مدمرا للسكان والبيئة عند ظروف مناخية أخرى كارتفاع الحرارة والرطوبة.. إلخ كما هو الحال فى الدول الاستوائية.

وفى محيط الدول النامية لا تزال الـ (ت.ح) والتطبيقات الصناعية للمواد الجديدة والمتقدمة فى مراحلها الأولية. إن الدول النامية لديها القوة البشرية العلمية المؤهلة لاكتساب القدرات الضرورية الدافعة للـ (ت.ح) إلا أن العائق الكبير فى معظم هذه الدول يتعلق بأشياء جانبية تعرقل هذه التكنولوجيا، ويتمثل ذلك

فى البنية التحتيــة التـى ليسـت علـى درجـة كافيـة مـن الكفـاءة للحصـول علـى منتجات فعالة عن طريق هذه التكنولوجيا، وهناك معوق آخر هو التوزيع الضعيف وشبكات التسويق الضعيفة.

مـن الأهـداف الرئيسـية للتكنولوجيـا الحيويـة الاسـتثمار الاقتصـادى الهـادف بمعنى اكتساب مجموعة من القدرات الحيوية مثل: الدنـا المطعَّم، وزراعـة ودمـج الخلايا، وهندسة البروتين، والمعالجة الحيويـة.. إلخ، ويمكـن للدولـة الناميـة أن تطبق وتستفيد من هـذه القـدرات الحيويـة فـى الحصـول علـى منتجـات صناعيـة عديدة، ولا شك فى أن هذا سيزيد من العائد الناتج عن استثمار هذه القدرات.

إن مشكلة الفقر السائدة فى العالم الثالث هـى بـالضرورة إحـدى مشـاكل الفقـر الريفى. وإنَّ تطبيق الـ (ت.ح) فى المناطق الريفية يمكن أن يسـاهم فـى التخفيـف من حدة الفقر فى هذه المناطق وذلك بإيجاد فرص عمل كثيرة فيها.