

## **«Aplicaciones de la biotecnología en la industria agroalimentaria»**

*El sector agroalimentario es una de las principales áreas de la Biotecnología, con más del 50% de la cifra de negocios potencial de la bioindustria. Pero el margen de beneficios menor de este sector, hace que la economía sea el factor crítico para la aplicación actual de la Biotecnología en él. Se prevén importantes mejoras a lo largo de todo el esquema productivo, de las cuales hoy son realidad un cierto número de ellas, siendo la década de los 90 la crucial en este desarrollo. Problemas éticos, legales y de consumo a resolver, hacen que el futuro boyante previsto necesite un desarrollo equilibrado para su consecución.*

Sektore agroalimentarioa, bioindustriaren negozio-zifra potentzialaren % 50 baino gehiagorekin, Bioteknologiako arlo nagusienetako bat dugu. Baina sektore honen mozkin-marjina txikiagoaren ondorioz, ekonomia faktore kritikoa bilakatzen da, gaur egun bertan Bioteknologia aplikatzeko. Hobekuntza handiak aurrizatu dira produkzio-eskema osoan zehar, eta horietako hainbat jadanik gauzatuak baldin badaude ere, 90eko hamarkada gurutziala izango dela ikusten da garapen honetan. Gero, oraindik ebazteko dauden arazo etiko, legal eta kontsumokoek, iragarritako etorkizun distiratsu hori garapen orekatu bat eramatera behartzen dute aipatu etorkizuna lortuko bada.

*The agro-food sector is one of the main areas of Biotechnology, with more than 50% of the potential turnover of bioindustry. But the profit margins of this sector, makes the economy the critical factor for the present application of Biotechnology to it. Important improvements are foreseen throughout the productive plan, of which only a few are a reality, the nineties having a crucial importance in this development. Ethical, legal and consumer problems to be resolved, require balanced development for their attainment.*

1. **Panorámica de la Biotecnología.**
  2. **Problemática Actual de la Alimentación en el Mundo.**
  3. **Características del Sector Agrícola y Alimentario.**
  4. **La Biotecnología en el Sector Agroalimentario.**
  5. **El Presente.**
  6. **El Futuro.**
- Bibliografía.**

Palabras clave: Biotecnología, sector agroalimentario.  
Nº de clasificación JEL: L65, Q1, Q18

La Biotecnología parece destinada a tener un impacto dramático en el sistema agrícola y alimentario mundial, desde las semillas que plantamos y por todas las vías de la cadena de cosecha, procesado y venta de alimentos, hasta el estómago del consumidor.

Hay en el horizonte perspectivas excitantes en la mejora de la calidad nutricional, la seguridad, la adecuación y el costo de los alimentos a través de esta vía.

Sin embargo, hay varios retos de esta nueva tecnología que debemos asumir: los asuntos legales, morales, sociales, éticos y de percepción del consumidor, que rodean a la biotecnología en el abaratamiento de alimentos.

Parece pues interesante ofrecer una visión panorámica del desarrollo de esta nueva tecnología, dentro de un sector tradicional como es el agroalimentario y, más concretamente en su industria.

## 1. PANORÁMICA DE LA BIOTECNOLOGÍA

El Comité de expertos de la OCDE, define la Biotecnología como «la aplicación de los principios de la ingeniería al procesamiento de materias primas por agentes biológicos, para la producción de bienes y de servicios». Dentro de dicha definición se concretan:

- \* Los principios de la ciencia y de la ingeniería: la microbiología, la genética, la bioquímica y la ingeniería de procesos.
- \* Los agentes biológicos en los microorganismos, las enzimas y las células vegetales y animales en cultivo.
- \* Las materias de orgánico e inorgánico.
- \* Los bienes de alimentos, bebidas, fármacos, productos bioquímicos y metales.
- \* Los servicios en: la depuración de aguas y la gestión de residuos industriales y domésticos.

Esta definición distingue el empleo tradicional de los sistemas biológicos en procesos de la actividad humana desde antiguo, como la producción de alimentos y bebidas (cerveza, vino, queso, pan), el tratamiento de residuos, etc., del empleo apoyado en una serie de nuevas técnicas, con base en las ciencias citadas.

Entre estas nuevas técnicas se pueden destacar:

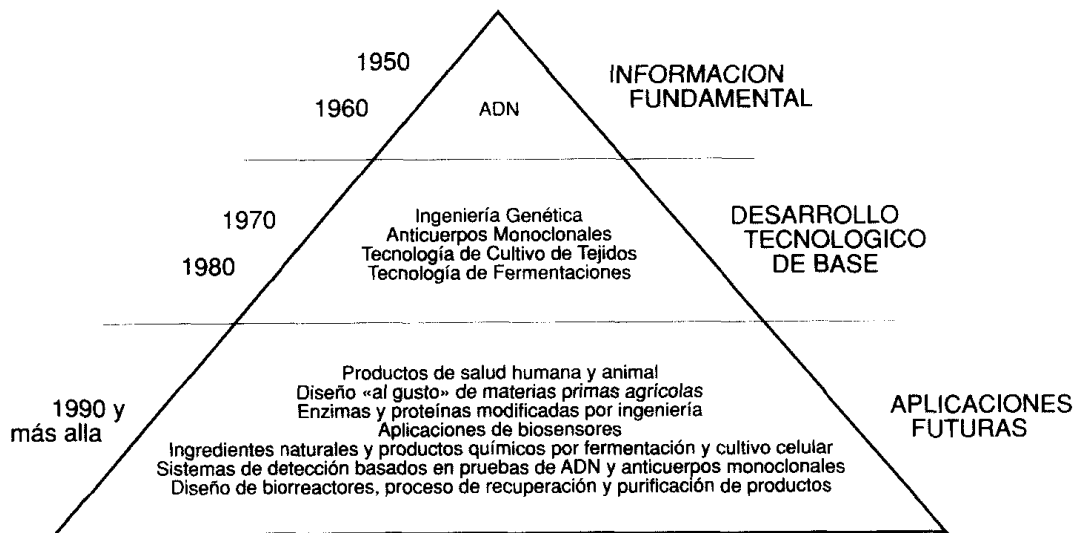
- *La manipulación del ADN recombinante*: Modificación de la información genética determinante de las características de los seres vivos, para obtener organismos «a medida» de cada necesidad.
- *Cultivo de Tejidos*: para producción de origen vegetal o animal (interferón, alcaloides, hormonas, etc.) a partir de células o de tejidos individuales y no de organismos completos, con un aumento de la productividad y de la capacidad de control de proceso.
- *Fusión de Protoplastos*: para la obtención de células vegetales

híbridas, que dan lugar a variedades nuevas de plantas.

- *Ingeniería de Proteínas*: para la obtención de proteínas «a medida» con mejoría de sus propiedades (estabilidad, especificidad, actividad, etc.).
- *Catálisis con enzimas o células inmovilizadas*: para disminuir los costos del proceso al simplificarlo.
- *Desarrollo de Biosensores*: permite la obtención de sistemas analíticos más sensibles, específicos y compactos.
- *Informatización de Procesos*: con un control más exacto de los mismos, permitiendo la optimización de su funcionamiento.
- *Diseño de nuevos biorreactores*: para obtener sistemas de biocatálisis más compactos, con menor consumo energético o más fácil purificación de los productos.

El conjunto de estas técnicas provee un número de ventajas sobre los métodos tradicionales, ya que soluciona sus limitaciones:

Gráfico n.º 1. Historia de la Biotecnología Moderna



Fuente: Harlander, 1989, b.

resultados al azar, sin control y a menudo imprevistos; duración de los procesos; imposibilidad de revisar todas las modificaciones genéticas o de expandir el («pool» genético).

En el gráfico n.º 1, se puede observar un resumen de la historia de la nueva Biotecnología, a partir de la mejora de conocimientos en los ácidos nucleicos.

## 2. PROBLEMÁTICA ACTUAL DE LA ALIMENTACIÓN EN EL MUNDO

La producción, la distribución y el marketing de alimentos, ocupan una posición privilegiada de la actividad económica. La actividad industrial dedicada a ello es enorme en términos de volumen de negocios y de empleo, y los artículos alimenticios están entre los determinantes más importantes de los niveles de los ingresos reales. Son elementos básicos en los índices de precios de consumo y factores de primer orden en la evolución en el índice de inflación (Hacking, 1988).

La industria alimentaria, a través de su demanda de materias primas, puede también estimular la demanda en otras

industrias, sobre todo en agrícolas, químicas y de manufactura de pulpa y de papel. En las naciones en desarrollo los alimentos pueden presentar por encima de la mitad de los ingresos totales de los consumidores, pero dicha proporción desciende al aumentar la riqueza (cuadro n.º 1).

Es decir, hay una problemática distinta según se trate de países avanzados o atrasados (cuadro n.º 2).

Cuando los ingresos «per cápita» aumentan, el consumo de los bienes manufacturados y de los servicios aumenta más rápidamente que la demanda de productos alimenticios y, asimismo, desciende la fracción de los ingresos actuales gastados en alimentos en comparación a los procesos, el envasado, el transporte y la publicidad. Esto se observa en que la demanda de carnes, derivados lácteos, frutas y vegetales crece más rápidamente que la demanda de cultivos de cereales o raíces en bruto. Al aumentar el empleo femenino, aumenta el consumo de los alimentos que requieren menor preparación, es decir, los alimentos preparados.

Cuadro n.º 1. Gasto en alimentos expresado en porcentaje sobre el ingreso total de los consumidores

PAÍS	%
Brasil	48*
Chile	45*
Egipto	55*
Estados Unidos	17
Francia	24
India	62
Italia	37
Perú	60*
Reino Unido	32
URSS	35

(\*) Estimados. Fuente: ONU, 1977.

**Cuadro n.º 2. Problemas alimentarios característicos de sociedades avanzadas y atrasadas**

**SOCIEDADES AVANZADAS**

Situación demográfica: crecimiento estacionario o negativo, aumento de la esperanza de vida, envejecimiento de la población.

Búsqueda de una alimentación sana, ante expectativas de vida larga.

Búsqueda de una alimentación pobre en calorías, ante un régimen de vida sedentario y un ritmo de consumo elevado.

Búsqueda de lo natural, lo no contaminado, en un entorno muy degradado por la industrialización y la urbanización.

Necesidad de optimizar los procesos productivos de las industrias alimentarias, único camino seguro para sobrevivir en mercados estacionarios.

**SOCIEDADES ATRASADAS**

Situación demográfica: crecimiento exponencial, aumento de la esperanza de vida, rejuvenecimiento de la población.

Búsqueda de una alimentación suficiente, ante expectativas de hambrunas y escaseces.

Búsqueda de una alimentación rica en calorías y otros nutrientes, necesaria para el crecimiento de una mayoría de jóvenes.

Necesidad de utilizar mejor los escasos recursos disponibles, en un entorno degradado por la sobrexplotación.

Necesidad de nuevas industrias alimentarias, aún con tecnologías tradicionales, que puedan abastecer a unos mercados con demanda potencial de crecimiento.

Esto ha dado como resultado una mejora continua en los suministros alimenticios «per cápita» en los últimos 20 años, sobre todo en los países desarrollados. Y esto ha sido gracias a las mejoras en agricultura (sobre todo en la selección de cultivos, herbicidas, pesticidas y abonos) y en ganadería. Todo ello ha conducido a que los precios de la mayoría de los artículos alimenticios sean siempre o casi siempre bajos en el mercado mundial. Y como sucede con todos los precios de los artículos de consumo, es arriesgado predecir cuánto durará esta situación.

De todo lo antedicho, se observan desafíos notables planteados a la industria alimentaria en el mundo actual, con grandes diferencias en su entidad:

- Un desafío cuantitativo, con una mejora en la productividad del sistema alimentario global, para que se puedan producir muchos más alimentos.
- Un desafío cualitativo que obliga a una mejora de las características nutritivas de los alimentos producidos, para adaptarlos a las necesidades específicas de los consumidores.
- Una interrelación entre ambos desafíos cuantitativos y cualitativos.

### 3. CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR AGRÍCOLA Y ALIMENTARIO

Podemos realizar una clasificación de subsectores dentro de este sector, aún a riesgo de ser artificial y por ello contestada, pero siempre con vistas al estudio del impacto de la Biotecnología sobre ellos.

El aspecto real de las industrias agroalimentarias es muy amplio: toman lo básico de sus materias primas del sector agrícola (fuera del campo industrial) y comercializan sus productos, en su mayor parte vía un circuito de distribución. Se les agrupa generalmente, según el grado de transformación de sus productos (Pelsy, 1989), en dos tipos:

#### 1) De primera Transformación:

Que trabajan los productos brutos a partir de la explotación agrícola (mataderos corte de carne, molienda, semolería, conservas,

lecherías, trituración de semillas, etc.). Representan más del 50% del Sector y su valor añadido es algo débil (14-17%).

#### 2) Segunda Transformación:

Que utilizan materias primas que ya han recibido un tratamiento y confeccionan productos elaborados cercanos a la distribución y al consumo (galletas, chocolates, helados, platos cocinados, etc.). Su valor añadido es mayor (25-30%), cercano al medio de la industria.

Dentro de este esquema, los factores de competitividad de dichas industrias seguirían las tres grandes clases siguientes:

##### a) El Área de las Materias primas.

Con formas tan distintas como: la calidad de los productos, su precio y las cantidades de aprovisionamiento (regularidad, almacenaje, cosecha). Este asunto evidente para importaciones, no tiene la menor importancia en las producciones internas. La conservación difícil o su carácter ponderal puede dar como resultado un reparto geográfico de empresas de primera transformación. Además, la búsqueda de un mayor valor añadido lleva a los productores agrícolas a desarrollar ellos mismos industrias de transformación

##### b) Los Procesos de Transformación.

Una gran parte de estas industrias son todavía industrias manufactureras. La transformación de procedimientos de mayores productividad y reproductividad en las producciones. Al haber heredado frecuentemente recetas artesanales en sus procesos y al tener fases de acondicionado manual, este paso a la automatización es un punto sensible del cual depende el costo final.

##### c) El Producto.

El mercado de estas industrias es tradicionalmente la alimentación humana o la alimentación de animales. En término de volumen, estos mercados, salvo nichos específicos, vienen limitados por lo que se ha denominado «el muro de los estómagos». El desarrollo de dichas industrias se ve dirigido por dicha causa, hacia una mayor incorporación del

valor añadido en los productos, ante una igualdad en el aporte nutritivo.

Esta evolución se plasma en dos grandes direcciones: el consumidor individual (cuarta gama, platos cocinados) y las restauraciones colectivas (bases de preparación culinaria, platos preparados, productos cortados). Además, en el mismo seno de estas industrias, se asiste a un desarrollo de los productos intermedios (aromas, texturizantes, colorantes, fraccionamiento de la materia prima). Es en realidad un sector industrial completamente nuevo el que aparece, que algunos asimilan a una industria de producción de principios activos, para las industrias de formulación y de preparación, que llegarían a ser las industrias agroalimentarias.

Por ejemplo, la industria de los yogures se puede considerar como representante de una industria de mezcla de fermentos, de leche, de aromas y de envases.

Por otra parte, la internacionalización de los gustos y, por tanto, de los productos, es un importante factor de cambio de estas industrias.

Sin embargo, se debe evitar una interpretación restringida de este hecho. Esto no significa a la fuerza una unificación o una americanización de aquello. La imagen de marca de determinados países europeos es un factor de competitividad muy eficaz, con tal de que se emplee a la vez con un producto de calidad y con una estructura que satisfaga la exportación, tanto en términos de logística como de sector publicitario.

Como remate, el último y el más reciente de los factores de competitividad de estas industrias, es la diferenciación de los productos. Cada tipo de alimento se diseña en base a sus modos de conservación, a su facilidad de utilización y a sus propiedades nutritivas. Los alimentos dietéticos son solamente una parte de este vasto fenómeno. Por ello, la innovación en las industrias agroalimentarias se sale con mucho de un cuadro simple de innovación tecnológica. Sin infravalorar la importancia de las mejoras relativas a los procesos de transformación, es necesario, como en toda industria, situar en primer lugar los factores de innovación producto, ya que ellos sólo

determinan el mercado y la dinámica de crecimiento de la empresa.

En los últimos veinte años se ha triplicado el número de productos, sin tener en cuenta las distintas referencias de todo producto. Dentro de las varias obligaciones de las industrias alimentarias, cogidas entre dependencia a una materia prima variada y a una evolución rápida de los gustos y de las necesidades de los consumidores y de los clientes, la innovación-producto reposa en una anticipación a las demandas del mercado (y «a fortiori» de una comprensión y de un análisis de sus determinantes), en confrontación a unas soluciones técnicas innovadoras. La presión ejercida sobre la innovación da lugar más que nunca, a una osmosis perfecta entre el mundo del análisis de mercados y el de la investigación. Un defecto en la excelencia de uno de estos dos componentes de la innovación, constituye una falta real de competitividad en el sector de las industrias agroalimentarias.

#### 4. LA BIOTECNOLOGÍA EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO

El sector agroalimentario es una de las principales áreas de aplicación de la biotecnología, con más del 50% de la cifra de negocios potencial de la bioindustria (cuadro n.º 3).

El impacto de la Biotecnología en las industrias agroalimentarias debe ser apreciado en el interior de las características del sector antes citadas y el desconocimiento de estos determinantes fundamentales, ha conducido a previsiones totalmente erróneas sobre la invasión de este sector por las sociedades de farmacia y de química.

La posesión de una tecnología no es el único elemento determinante de la competitividad de una industria y el formidable poder de adaptación de las industrias agroalimentarias a las mutaciones tecnológicas, sean la automatización o el método de conservación, demostraría de una parte, que la transferencia de tecnología entre sectores industriales es eficaz (a través de los suministradores o de la investigación propia) y de otra, que el punto fuerte del oficio se sitúa más allá de la maestría tecnológica entre sí.

**Cuadro n.º 3. Evaluación de los Mercados de la Bio-industria  
Mundial en 1980 y 1990**

(En miles de millones de pesetas)

Sector y Tipos de Productos	1980	1990
<b>Industria Farmacéutica</b>		
• Antibióticos	550	814
• Interferon	0	60
• Vacunas, productos de la sangre y de diagnóstico	220	426
• Hormonas	96	122
• Vitaminas	26	36
• Otros productos	60	66
Subtotal	942	1.524
<b>Industria Agro-Alimentaria</b>		
• Productos del Maíz	672	856
• Aminoácidos	92	150
• Ácidos orgánicos	68	92
• Enzimas	18	26
Subtotal	850	1.124
<b>Agricultura</b>		
• Semillas	800	1.074
• Otros Productos	4	6
Subtotal	804	1.080
<b>Industria Química</b>		
• Etanol	140	1.000
• Otros productos	0	200
Subtotal	140	1.200
<b>TOTAL</b>	<b>2.736</b>	<b>4.928</b>

Fuente: A. Sasson, 1985.

La Biotecnología puede salir de este esquema fundamental, aunque sin separarse de manera muy fuerte.

Como primera constatación a este hecho, hay que ver que las industrias alimentarias se integran en la cadena de los seres vivos, poniendo en marcha materias agrícolas a través de procesos biológicos para fabricar unos productos destinados a satisfacer las necesidades de seres vivos.

Una aplicación de los campos más importantes se da en el cuadro n.º 4. Por

ello, es de manera ontológica que las industrias agroalimentarias se centran en la Biotecnología actual.

El pretender hacer un examen exhaustivo del conjunto de las implicaciones de la Biotecnología, significaría recomponer la totalidad de los determinantes de las industrias agroalimentarias. Se puede dar un cierto número de ejemplos de cada una de las áreas más importantes, para hacer una revisión panorámica que permita ver la amplitud del cambio generado y de lograr las condiciones del éxito.



Cuadro n.º 4. **Campos más importantes de aplicaciones biotecnológicas en la industria alimentaria**

OPERACIÓN BÁSICA DE LA INDUSTRIA ALIMENTARIA	APLICACIÓN BIOTECNOLOGÍA
Materias Primas	Obtención de nuevas especies o variedades animales o vegetales, dotadas de propiedades ventajosas para la industria.
Estabilización	Autoestabilización de los alimentos por procedimientos distintos a los convencionales y más naturales (antibióticos o antioxidantes endógenos, estabilizadores de espuma naturales, etc.).
Mezcla	Creación de nuevos aditivos más potentes, seguros o baratos.
Extracción-separación	Aplicación de nuevos métodos físicos con mayor selectividad y precisión.
Transformación	Mejora genética de los microorganismos utilizados en las transformaciones fermentativas. Puesta a punto de nuevos enzimas. Procesos fermentativos con cultivos de células vegetales o animales. Inmovilización de células y enzimas.

Fuente: Conde, 1988.

## 5. EL PRESENTE

La aplicación de la Biotecnología a la industria agroalimentaria, requiere la cooperación entre varias disciplinas científicas diferentes (gráfico n.º 2).

Mientras que la economía es un factor de importancia a la hora de aplicar la Biotecnología en cada sector industrial, es un factor crítico en la industria de los alimentos, con un margen de beneficios menor que en otras industrias.

Actualmente, hay varias aplicaciones en desarrollo, que se citan a continuación.

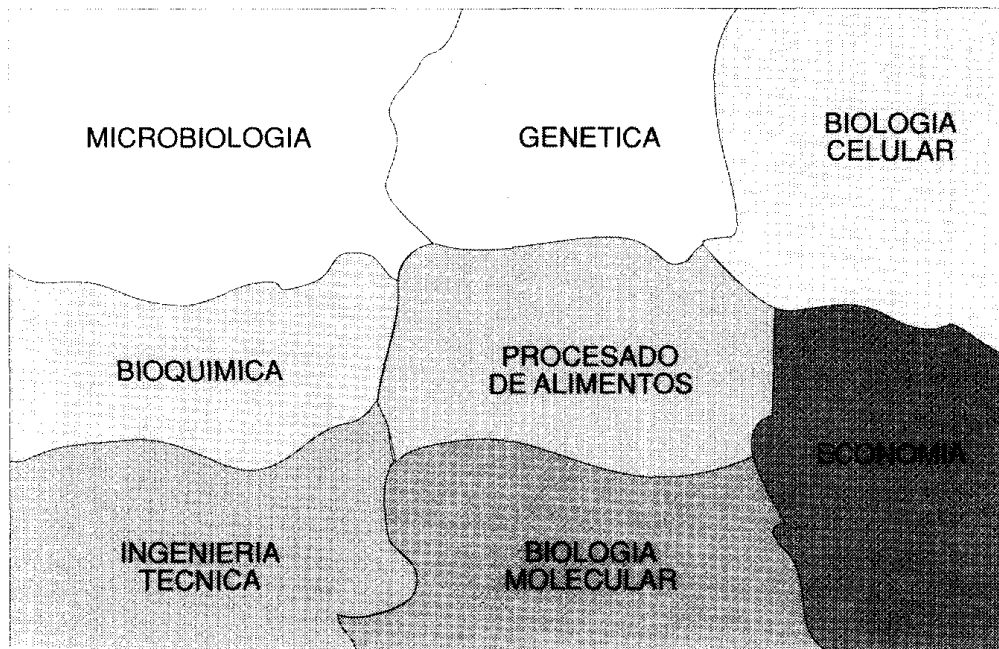
### 5.1. Producción Agrícola

El primer impacto en la cadena alimentaria se ha dado en el sector de producción agrícola, siendo el objetivo primario de la biotecnología

agrícola la mejora del rendimiento de los productos vegetales a nivel de granja. Hay muchos ejemplos de variedades de plantas resistentes a plagas (Hall, 1987), tolerantes a herbicidas (Shah *et al.* 1986) y resistentes a insectos o virus (Fischhoff *et al.* 1987; Cuozzo *et al.* 1988), derivadas vía selección en cultivo de tejidos o por técnicas de ingeniería genética. Los mismos métodos se han utilizado para desarrollar cultivos tolerantes a la sal, tolerantes a la temperatura o resistentes a la sequía, aumentando por ello la superficie cultivable.

Los pesticidas microbianos como la proteína de *Bacillus thuringiensis* (Dulmage, 1981), ofrecen una alternativa válida al control químico y el uso de especies de *Rhizobium* modificadas genéticamente, con una mayor capacidad de fijación de nitrógeno, pueden hacer disminuir nuestra dependencia en fertilizantes nitrogenados (Okon y Hadar, 1987).

Gráfico n.º 2. **Disciplinas Científicas involucradas en Biotecnología de Alimentos.**



Fuente: Hatlander, 1989, b.

### 5.2. **Ingredientes Primarios Diseñados al Uso**

Los productos agrícolas en bruto, se ven a menudo por la industria alimentaria como artículos genéricos y el procesador tiene poca elección para procesar lo que existe en el mercado, aunque varíe los parámetros del proceso para compensar la falta de adecuación de la materia prima.

Los avances recientes en tecnología de cultivo de tejidos de plantas y en ingeniería genética, ofrecen el potencial de diseñar las materias primas para un uso dado, al darles cualidades predeterminadas, que dan valor añadido al procesado, tales como características nutritivas funcionales o de proceso (Roberts, 1989). Se dan ejemplos de ello en el cuadro n.º 5.

### 5.3. **Cultivos de Suspensión de Células Vegetales**

Se pueden excindir tejidos de las raíces, el tallo, las hojas o los frutos de plantas, y las células indiferenciadas pueden propagarse en medio sólidos o líquidos que contengan todos los nutrientes esenciales para el crecimiento.

Dichos cultivos, empleados en la producción de ingredientes alimentarios naturales, ofrecen ventajas sobre la extracción de dichos ingredientes a partir de plantas.

### 5.4. **Enzimología**

La industria agroalimentaria es el mayor utilizador de enzimas, acaparando más del 50% de las ventas

Cuadro n.º 5. **Cultivos diseñados para usos concretos**

CULTIVO	CARACTERÍSTICAS	IMPACTO EN EL PROCESADO	REFERENCIA
Tomate	Mayor contenido en sólidos. Ausencia de poligalacturonasa.	Menos coste en transporte y en concentración. Mayor vida media, aroma afrutado, menor necesidad de refrigeración.	Lewis (1986) Roberts (1988)
Maíz	Mayor nivel de ciertos aminoácidos.	Mejor calidad nutritiva.	Hibberd <i>et al.</i> (1985)
Colza	Menor nivel de ácidos grasos saturados.	Mejor calidad nutritiva.	Knauf (1988)

Fuente: Harlander, 1989, b.

mundiales en 1987 (Connor, 1988). La mayoría de ellas derivan de microorganismos, plantas o animales, considerados normalmente como inocuos (GRAS). La renina (cuajo), usada en la industria quesera y originalmente de

origen animal, es el primer ejemplo de enzima modificada por ingeniería genética de uso alimentario, tras la clonación del gen codificador de la enzima en una cepa *Escherichia coli*, para obtener grandes cantidades de enzima pura por fermentación.

Cuadro n.º 6. **Mejoras de enzimas por ingeniería genética**

ENZIMA	APLICACIÓN	MEJORA
Alfa-amilasa.	Licuación de almidón.	Tolerancia a ácido y a calor.
Amiloglucosidasa.	Producción de fructosa. (HFCS).	Mayor productividad.
Esterasas, Lipasas, Proteasas, etc.	Desarrollo de aromas.	Mayor especificidad.
Glucosa-isomerasa.	Producción de fructosa. (HFCS).	Mejor estabilidad térmica.
Limoninasa.	Desamarguización de zumos de fruta.	Mejor degradación de la limonina.
Proteasa.	Abrillantamiento de la cerveza.	Mayor especificidad.
Pululanasa.	Producción de fructosa. (HFCS).	Mejor estabilidad térmica.

Fuente: Neidleman, 1988.

Otras técnicas de ingeniería genética, como la mutagénesis puntual, se han usado para alterar la secuencia primaria (Wetzel, 1986), para dar una proteína con propiedades mejoradas. De todo ello se dan ejemplos en el cuadro n.º 6.

### 5.5. Ingredientes Naturales

La preocupación hacia el uso de aditivos químicos y de demanda de productos «naturales», han dado como resultado la necesidad de metabolitos microbianos, que pueden usarse como ingredientes naturales de alimentos. En el cuadro n.º 7, se observan varios de entre los que se producen normalmente. Aunque la mayoría de ellos se producen con cepas aisladas de la naturaleza, se hacen mejoras a través de ingeniería genética.

Las variaciones estacionales, las condiciones climáticas desfavorables y las plagas epidémicas no se dan en los bien definidos métodos de laboratorio.

Además los problemas inherentes a la compra de estas materias primas en otros países, como las calamidades políticas o naturales que corten el suministro, o la falta de control de las plantas y de su proceso, no se dan en este caso. Así hay un cierto control de la calidad, de la disponibilidad y de un proceso consistente de tales materias.

Como ejemplo de ingredientes de alto valor que puedan ser producidos por dichos métodos, se pueden citar colorantes (betaínas, antocianos y azafrán) y aromas (vainillina, capsaicina). Estos compuestos son metabolitos secundarios en células vegetales. Por ello, la tecnología actual mira hacia un desacople de su producción, de la diferenciación celular para producirlos económicamente a partir de cultivos de células en suspensión. Ruyter y Stockigt (1989) han listado cerca de 80 nuevos compuestos de bajo peso molecular, asociados a cultivo de células, que no se han encontrado en plantas diferenciadas.

Cuadro n.º 7. **Producción microbiana de ingredientes alimenticios**

INGREDIENTE	FUNCIÓN	PRODUCTOR
Acido acético	Acidulante	<i>Aceto bacter pasteurianus</i>
Diacetilo	Aroma a Mantequilla	<i>Leuconostoc cremoris</i>
Dextranos	Espesante	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
Acido glutámico	Potenciador de sabor	<i>Corynebacterium glutamicum</i>
Leucina	Nutriente	<i>Brevibacterium lactofermenti</i>
Metilbutanol	Aroma a malta	<i>Lactococcus lactis</i>
Monascina	Pigmento	<i>Monascus purpureas</i>
Nisina	Antimicrobiano	<i>Lactococcus lactis</i>
Fenilalanina	Precursor de edulcorante	<i>Bacillus polimyxa</i>
Vitamina B12	Nutriente	<i>Propionibacterium sp.</i>
Xanthano	Espesante	<i>Xanthomonas campestris</i>

Fuente: Wasserman *et al*, 1988.

Los cultivos de células pueden servir como fuente de muchas sustancias no identificadas previamente, que tengan propiedades únicas en los alimentos.

### 5.6. Biotecnología Animal

Los genes de la hormona del crecimiento de varias especies animales han sido aislados y caracterizados. Cuando se inyecta en vacas lecheras la somatotropina bovina, hay un aumento de producción de leche y en eficiencia de pienso, acelerándose el crecimiento (Hart *et al.* 1985). La equivalente porcina tiene la capacidad de alterar la composición animal, disminuyendo la grasa y aumentando la proteína, siendo la carne más magra y mejor para la salud.

### 5.7. Métodos de Diagnóstico y Detección Rápida

Ante la preocupación actual del consumidor, acerca de la inocuidad de

los alimentos, la industria agroalimentaria necesita de métodos mejorados para detectar patógenos de su entorno, toxinas y contaminantes químicos en materias primas y en productos terminados. Los rápidos y sensibles métodos, basados en el desarrollo de sondas de ADN y de anticuerpos poli y monoclonales, comienzan a sustituir a las técnicas clásicas lentas en detección de patógenos (Fitts, 1985; Flowers *et al.* 1988), siendo comunes los kits de detección de *Salmonella* y *Listeria*.

En un futuro próximo, tendremos una rápida detección de determinados microorganismos en productos alimenticios, por sistemas de ensayo basados en sondas de ADN (Kazazian y Dowling, 1988). Algunas de las que están en desarrollo se citan en el cuadro n.º 8.

### 5.8. Gestión de Residuos y Tecnología de Valor Añadido

El interés y la economía medioambientales, hacen ver la necesidad de una mejor utilización

Cuadro n.º 8. Algunas sondas de ADN en desarrollo

ORGANISMO DE INTERÉS	BASES DE DETECCIÓN
<i>Campylobacter</i>	Especificidad del género
<i>Clostridium botulinum</i>	Neurotoxinas A, B y E.
<i>Escherichia coli</i>	Enterotoxinas.
<i>Listeria monocytogenes</i>	Hemolisina.
<i>Salmonella sp.</i>	Especificidad del género.
<i>Staphylococcus aureus</i>	Enterotoxinas A, B y C.
<i>Vibrio cholera</i>	Enterotoxina, Hemolisina.
<i>Vibrio parahacmolyticus</i>	Hemolisina Termoestable.
<i>Versinia enterocolitica</i>	Invasividad.

Fuente: Harlander, 1989, b.

de materias primas y de una reducción de los residuos generados por las industrias agroalimentarias. Actualmente se desarrollan nuevos métodos para usar los materiales celulósicos del procesado de vegetales y frutos, la grasa, el colágeno, la sangre, los huesos de las cárnicas y el suero de las queserías.

Se utilizan enzimas para el tratamiento de los vertidos de residuos de procesos de alimentos. Además, algunos subproductos de dicho proceso sirven como sustratos de fermentaciones y algunos productos agrícolas primarios se usan como fuentes renovables de producción de biocombustibles.

Las mejoras en la utilización de vertidos de residuos, dan como resultado ahorros substanciales y posibilidades de productos de valor añadido, disminuyendo enormemente la contaminación y el deterioro del medio ambiente.

## 6. EL FUTURO

Como ciencia, la Biotecnología está en sus comienzos. Las aplicaciones normales en agricultura y alimentación solamente sugiere el tremendo potencial que puede ser realizado en los próximos cincuenta años. ¿Qué prepara el futuro para esta ciencia? Podemos revisar alguno de los desafíos de la industria agroalimentaria que deben ser superados antes de que se realice el citado potencial.

Antes de su uso en alimentos, se deberá comprobar la inocuidad de los productos de biotecnología por los organismos que regulan el suministro de los alimentos. Es crítico que los criterios ahora en desarrollo sean consistentes entre los citados organismos y que la extensión de las reglamentaciones esté basada en hechos científicos más que en riesgos perceptibles. Sin criterios claros para la regulación de los productos biotecnológicos, la industria alimentaria es reacia a adoptar la biotecnología.

También el público consumidor necesitara adoptar la biotecnología para poder sobrevivir y crecer en los sectores agrícola y alimentario. Por ejemplo, si hemos aprendido una lección del caso de la irradiación de los alimentos, es la de que las percepciones del consumidor pueden tener un impacto dramático en la puesta a punto y la utilización de una tecnología.

No podemos, por ello, ignorar o trivializar los intereses del público, en relación a la biotecnología alimentaria. Es crítico que el público sea consciente de lo que es la biotecnología y de cómo puede ser usada para resolver alguno de los mayores problemas en el mundo: permitir a la agricultura y al procesado de alimentos el mantenerse a ritmo con el crecimiento de la población; controlar la contaminación del medio ambiente y del suministro de agua y asegurar la salud.

La industria alimentaria y, particularmente, su sector de marketing, es claramente consciente de la percepción del consumidor, y si las ventas se ven comprometidas por el uso de la biotecnología, ésta no será usada por la industria.

La investigación en biotecnología requiere una gran inversión de capital y un compromiso a largo plazo. Por desgracia, son raros los biólogos moleculares aproximados a la biotecnología alimentaria y hay pocos programas universitarios que formen individuos para cubrir dichos puestos en la industria alimentaria.

Aunque se han hecho promesas y especulaciones acerca de lo que la biotecnología puede alcanzar, el impacto real en el desarrollo de nuevos productos no se ha demostrado suficientemente hasta ahora, y ello no ha favorecido el compromiso en investigación y desarrollo por las direcciones de la mayoría de las empresas alimenticias.

Sin embargo, para satisfacer las demandas del consumidor y no perder ritmo en un mercado global cada vez más competitivo, las industrias necesitarán

asimilar todos los recursos posibles, incluida la Biotecnología. La industria debe vigilar la biotecnología, monitorizando sus irrupciones en otras disciplinas científicas, y ser capaz de aplicar estos avances en el procesado de alimentos.

El futuro demandará una aplicación creativa de los métodos biotecnológicos, para asegurar un aprovisionamiento de alimentos inocuos, sanos, nutritivos y producidos en justo costo para las generaciones venideras.

## BIBLIOGRAFÍA

- CONDE, J. (1988). Perspectivas en Biotecnología de Alimentos. En «II Congreso Mundial Vasco: El Sector Primario en el Siglo XXI». Ed. Aedos, Barcelona.
- CONNOR, J.M. (1988). «Food Processing: An Industrial Power house in Transition». Lexington Books, D.C. Heath and Co., Lexington, Mass. (USA).
- CUOZZO, M., O'CONNELL, K., KANIEWSKI, W., FANG, R., CHUA, N., TUMER, N. (1988). «Viral protection in transgenic tobáceo plants expressing the cucumber mosaic virus coat protein or its antisense RNA. Bio/Technology 6: 549.
- DULMAGE, A.T. (1981). Insecticidal activity of isolates of *Bacillus thuringiensis* and their potential for pest control. In «Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970-1980». Ed. H.D. Burges, Academic Press, Inc. New York.
- FISCHHOFF, C., BOWDISH, K., PERLAK, F., MARRONE, P., McCORMICK, S., NIEDERMÉYER, J., DEAN, D., KUSANO-KRETZMER, K., MAYER, E., ROCHERSTER, D., ROGERS, S., FRALEY, R. (1987). Insect tolerant transgenic tomato plants. Bio/Technology 5: 807.
- FITTS, R. (1985). Development of a DNA-DNA hybridization test for the presence of *Salmonella* in foods. Food Technol. 39 (3): 95.
- FLOWERS, R., KLATT, M. and KEELAN, S. (1988). Visual immunoassay for detection of *Salmonella* in foods: Collaborative study. J. Assn. Offic. Anal. Chem. 71: 973.
- HACKING, A.J. (1988). Economic and Commercial Factors Influence the Role of Biotechnology on the Food Industry. In: «Food Biotechnology. 2». Ed. R.D. King y P.S.J. Cheetham. Elsevier Applied Science, Londres y New York.
- HALL, R. (1987). Biotechnology for plant disease control: Application of biotechnology to plant pathology. Com. J. Plant. Pathol: 9: 152.
- HARLANDER, S. (1989 a). Introduction to Biotechnology. Food Technol. 83 (7): 44.
- HARLANDER, S. (1989 b). Food biotechnology: yesterday, today and tomorrow. Food Technol. 83 (9): 196.
- HART, I., BINES, J., JAMES, S., MORANT, S. (1985). The effect of injecting or infusing low doses of bovine growth hormone on milk yield, milk composition and the quantity of hormone in the milk serum of cows. Animal Prod. 40: 243.
- HIBBERD, K., ANDERSON, P., BARKER, M. (1988). Tryptophan overproducer mutants of cereal crops. U.S. Patent 4, 581, 847.
- KAZAZIAN, H. and DOWLING, C. (1988). Laboratory implications of automated polymerase chain reaction. Am. Biotech. Lab, Aug, p. 23.
- KNAUF, V. (1987). The application of genetic engineering to oilseed crops. Techniques in Biotechnol. 5: 40.
- LEWIS, R. (1986). Building a better tomato. High Technol., May, p. 46.
- NEIDLEMAN, S. (1986). Enzymology and food processing. In «Biotechnology in Food Processing», ed. S. Harlander and T. Labuza, p. 37. Noyes Publications, Park Ridge, N.J.
- OKON, Y. and HADAR, Y. (1987). Microbial inoculants as crop-yield enhancers. CRC Rev. in Biotechnol. 6: 61.
- PELSY, G. (1989). La filière agro-alimentaire; une cible privilégiée des biotechnologies. Biofutur 80: 10.
- ROBERTS, L (1988). Genetic engineers build a better tomato. Science 241: 1290.
- RUYTER, C.M. and STOCKIGT, J. (1989). Neue Naturstoffe aus pflanzlichen Zell-und Gewebekulturen-eine Bestandsaufnahme. GIT Fachz. Lab. In press.
- SASSON, A. (1985). Les Biotechnologies, défis et promesses, UNESCO.
- United Nations: Year book of National Accounts Statistics, 1977.
- WASSERMAN, B., MONTVILLE, T. and KORWEK, E. (1988). Food biotechnology. A Scientific Status Summary by the Institute of Food Technologists' Expert Panel on Food Safety and Nutrition Food Technol. 42(11): 133.
- WETZEL, R. (1986). Protein engineering: Potential applications in food processing. In: «Biotechnology in Food Processing», ed. S. Harlander and T. Labuza, Noyes Publications, Park Ridge, N.J.