

## CAPÍTULO XXXIV

### BIOTECNOLOGÍA EN LA ALIMENTACIÓN DE BOVINOS DE LECHE

- I. INTRODUCCIÓN
- II. BOSQUEJO HISTÓRICO DE LA BIOTECNOLOGÍA
- III. APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍA ENZIMÁTICA
- IV. USO DE ADITIVOS EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL
- V. ADITIVOS MINERALES
- VI. LOS ENSILAJES
- VII. EL PROBLEMA DE LAS MICOTOXINAS
- VIII. LITERATURA CONSULTADA

## I. INTRODUCCIÓN

Desde siempre el ser humano ha buscado la mejor y mayor productividad en el fruto de su trabajo. Así, se dedicó a cruzar los mejores animales o a quedarse con las mejores semillas para seleccionar un producto de buena calidad y lograr mayor productividad. En la actualidad no sólo contamos con quedarnos con el mejor animal que logremos en los cruces, sino que nos valemos de la biotecnología para conseguirlo más rápido. La biotecnología de la cual cada día oímos hablar más y más, es la aplicación de las ciencias biológicas a la producción de nuevos productos empleando organismos vivos. Los principales campos de investigación de la biotecnología son diversos y todos ellos relacionados con la producción de insumos para la Agricultura, la Zootecnia (en el campo de la producción animal) y la Medicina.

Ejemplos del uso de la biotecnología en la producción animal lo constituyen la inseminación artificial, transferencia de embriones y la clonación. Por otro lado, la identificación, conservación y producción de iniciadores para industrias de fermentación (bacterias lácticas, levaduras, hongos filamentosos, etc.), producción y purificación de aditivos alimentarios (enzimas, pigmentos, promotores de aromas, etc.), escalado de procesos de producción de una amplia variedad de iniciadores, ingredientes o aditivos alimentarios generados por fermentación son sólo algunas de las áreas desarrolladas en la biotecnología de alimentos. Las tecnologías del ADN aplicadas a la nutrición y sanidad animal pueden servir de apoyo indirecto a los programas de mejoramiento genético. Aplicaciones varias, todavía no muy avanzadas, tienen por objeto mejorar la nutrición mediante, por ejemplo, la utilización de enzimas para mejorar la disponibilidad de nutrientes, disminuir los costos de los alimentos para animales y reducir los desechos en el medio ambiente.

La prebiótica y la probiótica o los suplementos inmunes, pueden inhibir los microorganismos patógenos del aparato digestivo o hacer a los animales más resistentes a ellos. La somatotropina recombinante (STr) fomenta la aceleración del crecimiento, unas canales más magras y un aumento de la producción lechera. La inmunomodulación puede reforzar la actividad hormonal anabólica endógena. Las aplicaciones potenciales de la biotecnología a microorganismos del rumen son muchas, pero existen dificultades técnicas que todavía limitan su avance. La biotecnología del rumen tiene posibilidades de mejorar el valor nutritivo de los alimentos de los rumiantes. Entre los métodos para mejorar la digestión ruminal figuran el empleo de la probiótica, el enriquecimiento con minerales quelados y la transferencia de microorganismos del rumen de otras especies.

## II. BOSQUEJO HISTÓRICO DE LA BIOTECNOLOGÍA

Los pequeños pasos a través de la Historia han logrado los grandes avances en la Ciencia. Desde siglos atrás los pueblos aprendieron a usar por primera vez las bacterias para preparar nuevos alimentos y a emplear los procesos de fermentación para preparar vino, cerveza y pan con levadura. A partir del siglo XVIII los naturalistas comenzaron a identificar muchas clases de plantas híbridas, lo cual fue el primer paso que llevó a cruzar dos variedades diferentes de plantas. Luego los progresos fueron más evidentes:

- **1800-1899.** Gregor Mendel comenzó un estudio meticuloso de las características específicas presentes en varias plantas, las cuales fueron heredadas por las siguientes generaciones y Luis Pasteur define el papel de los microorganismos y funda la ciencia de la microbiología.
- **1900.** Los botánicos de Europa usan las Leyes de Mendel para mejorar especies de plantas. Este es el comienzo de la selección y mejora clásicas.
- **1920.** La experimentación temprana comienza con la efectividad de la alimentación del ganado con cultivos de levaduras
- **1950.** Primera generación de plantas procedentes de un cultivo *in vitro*.
- **1953.** James Watson y Francis Crick, futuros ganadores del Premio Nobel, descubrieron la estructura de doble hélice del ácido desoxirribonucléico, conocido comúnmente como ADN.
- **1970.** James Hough descubre la Cepa 1026 del *Saccharomyces cerevisiae*.
- **1973.** Cohen y Boyer desarrollan la habilidad de aislar genes y códigos específicos de genes para proteínas específicas
- **1977.** Se fabricó con éxito una hormona humana en una bacteria
- **Década de 1980.** Los científicos descubren cómo transferir fragmentos de información genética de un organismo a otro, permitiendo la expresión de caracteres deseables en el organismo receptor. Este proceso es llamado ingeniería genética y es uno de los que utiliza la biotecnología.
- **1982.** La primera aplicación comercial de esta tecnología es la producción de insulina humana para el tratamiento de la diabetes, gracias a la modificación genética de bacterias.
- **1983.** La primera planta mejorada genéticamente es una planta de tabaco resistente a un antibiótico.
- **1986.** Se autorizó el uso del alfa-interferón para combatir la leucemia a células vellosas, el uso de la vacuna para la hepatitis B recombinante.
- **1992.** Se autorizó el uso del factor antihemofílico recombinante.
- **1996.** El investigador Girard demostró que la cepa 1026 de *Saccharomyces cerevisiae* es la mejor cepa a ser utilizada en la nutrición de rumiantes debido a la capacidad de estimular el crecimiento y actividad de bacterias ruminales específicas que digieren la fibra (celulolíticas y hemicelulolíticas) y la proteína (proteolíticas), además que aumentan la tasa de utilización de ácido láctico.
- **1997.** Se sucede la clonación de la oveja Dolly y la innovación en el campo de la biotecnología continúa.....

Generalmente los campos de investigación biotecnológicos relacionados con la actividad pecuaria más conocidos son aquellos dedicados a la genética de los animales en sí como los animales transgénicos, transferencia de embriones, clonación, etc. Sin embargo, la tecnología también ha dado un gran aporte a los estudios en investigaciones en el área de nutrición animal. El mayor potencial a largo plazo para la aplicación de la biotecnología en el sector ganadero de los países en desarrollo reside en la utili-

zación de insumos producidos por la bioingeniería, los cuales abarcan toda la cadena de la producción alimentaria, desde los alimentos originales hasta la elaboración de los productos. A corto y mediano plazo, los principales efectos de la biotecnología en la producción ganadera de los países en desarrollo derivarán, probablemente, por un lado, de la posibilidad de elevar la calidad de los alimentos para animales, aumentando el contenido de nutrientes de los forrajes y la digestibilidad de los concentrados de baja calidad, y por el otro, de combatir más eficazmente las enfermedades.

### III. APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍA ENZIMÁTICA

El área de biotecnología enzimática incluye el extenso campo de las fermentaciones en el procesamiento de los alimentos, así como la mejora genética de microorganismos de aplicación en tecnología de alimentos y la producción de proteínas y enzimas de uso alimentario. La fermentación es la transformación de una sustancia orgánica (generalmente un carbohidrato) en otra utilizable, producida mediante un proceso metabólico por microorganismos o por enzimas que provocan reacciones de oxidación-reducción, de las cuales el organismo productor deriva la energía suficiente para su metabolismo. Las fermentaciones pueden ser anaeróbicas, si se producen fuera del contacto con el aire, o aeróbicas, que sólo tienen lugar en presencia de oxígeno.

Como otras aplicaciones en la tecnología enzimática podemos citar:

- Obtención de cepas recombinantes de microorganismos de utilidad en tecnología de alimentos, mediante técnicas de ingeniería genética. De esa forma se obtienen microorganismos como levaduras industriales que poseen una mayor adaptación y eficacia en los procesos fermentativos, o bacterias capaces de producir determinadas enzimas de utilidad en procesamiento de alimentos.
- Producción de enzimas con una actividad enzimática dada, a partir de células microbianas. Esta actividad se vale de varias disciplinas, como la microbiología, la ingeniería genética, ingeniería de proteínas e ingeniería bioquímica. Se obtienen así enzimas que transforman el azúcar en polímeros, enzimas que hidrolizan la lactosa de la leche para hacerla más digerible, enzimas que se utilizan en enología, etc.
- Con los catalizadores disponibles o desarrollados, enzimas o células, libres o inmovilizadas, se pueden llevar a cabo procesos enzimáticos o fermentativos en reactores de diversas características, las que se determinarán para cada proceso específico. Así, se ha desarrollado, por ejemplo, una línea de procesos de extracción enzimática de principios activos vegetales para la transformación de materias primas.

El uso de las enzimas en la alimentación animal es, hoy en día, una práctica necesaria debido a las diferentes materias primas que se han venido utilizando. En el caso de los rumiantes existen las enzimas microencapsuladas resistentes a la proteólisis a nivel ruminal. En los distintos sistemas de producción presentes en Venezuela contamos con una alimentación en base a forrajes y en algunos casos heno y distintos tipos de ensilaje. Estos tipos de fibra como fuentes de nutrientes para nuestros animales presentan una gran desventaja debido a la baja digestibilidad, la que en muchos ca-

tos, conlleva a un problema de disminución de consumo de materia seca y por ende a una baja producción de leche con un consumo normal o elevado de alimento. La baja digestión de la fibra puede deberse a problemas de acidosis en el animal, a un mal manejo de los forrajes, cuando estos son cosechados en un avanzado estado de madurez y lignificación, y en la mayoría de los casos, principalmente por problemas de recursos económicos, lo que nos lleva a una mala selección del forraje a utilizar, además de una falta de fertilización y control de malezas.

La utilización de enzimas de grado animal puede ayudar a resolver los problemas de pobre digestibilidad de las fibras. Además la utilización de enzimas puede resultar más económico que reemplazar los forrajes existentes por otros de mejor calidad.

#### IV. USO DE ADITIVOS EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Es común el uso de aditivos para suplir el valor nutricional del alimento que le proporcionamos a nuestros animales. Uno de los aditivos más utilizados a nivel mundial, hoy en día, son las levaduras. Los investigadores han observado que distintas preparaciones de levaduras (levaduras muertas, levaduras vivas de panificación y levaduras vivas de cervecería) tienen efectos muy diferentes sobre la estimulación de la flora bacteriana ruminal, la cual afecta directamente la producción del animal. La levadura más utilizada en nutrición animal es la *Saccharomyces cerevisiae* de la cual hay más de 2000 cepas registradas. La característica de cada cepa es fundamental para decidir si es efectiva o no en la estimulación de la producción, ya que cada una de ellas cumple funciones específicas dentro del rumen.

Más específicamente hablando, el investigador Girard (1996) demostró que la cepa 1026 de *Saccharomyces cerevisiae* es la mejor cepa a ser utilizada en la nutrición de rumiantes debido a la capacidad de estimular el crecimiento y actividad de bacterias ruminales específicas que digieren la fibra (celulolíticas y hemicelulolíticas), que digieren la proteína (proteolíticas) y que aumentan la tasa de utilización de ácido láctico. Esta cepa 1026, además, es capaz de actuar en concentraciones bajas lo que hace más económica su utilización. *Saccharomyces cerevisiae*<sup>1026</sup> es una cepa de levadura seleccionada entre las mejores cepas de levadura de cervecería y es producida específicamente para la industria de la alimentación animal.

La cepa de *Saccharomyces cerevisiae*<sup>1026</sup> es capaz de mejorar la digestibilidad de la materia seca debido a una mejora de la digestibilidad de la proteína cruda y de la fibra, además de la estabilización de las condiciones del rumen, lo que se traduce en un aumento del consumo de materia seca y a su vez en una mayor disponibilidad de ácidos grasos volátiles que constituyen una mayor fuente de energía para la producción de leche. La utilización de esta levadura permite una mejor liberación de todo el potencial del rumen, con una mejora en la condición corporal de los animales y una mayor producción de leche de mejor calidad. A continuación podemos apreciar la vinculación entre las pruebas científicas y los resultados de campo:

Pruebas Científicas	Observaciones a Campo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de consumo de materia seca (1-2 Kg MS/día)</li> <li>• Aumento de peso vivo</li> <li>• Aumento de la producción de leche (1-3 lts/día)</li> <li>• Mejora de la digestibilidad de la ración               <ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Almidón</li> <li>&gt; Fibras (FDA, FDN)</li> <li>&gt; Proteína</li> </ul> </li> <li>• Mejora de la utilización del amoníaco en el rumen</li> <li>• Estabilización del pH ruminal</li> <li>• Disminución de ácido láctico en el rumen</li> <li>• Aumento de la síntesis de proteína microbiana y de la producción de ácidos grasos volátiles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor ganancia de peso</li> <li>• Más leche</li> <li>• Mejor persistencia de la lactancia</li> <li>• Menos rechazo de alimento</li> <li>• Menos variación en la producción de leche y consumo de alimento</li> <li>• Mejor estado de salud</li> <li>• Menos acidosis metabólica</li> <li>• Menos casos de laminitis</li> <li>• Menos estrés</li> <li>• Mejor desarrollo y condición corporal</li> <li>• Mejores parámetros reproductivos</li> </ul>

### Promedio de Trabajos de Campo

País, Año	Vacas (n)	Control (Lts/día)	Levadura (Lts/día)	Efecto (Lts/día)
Venezuela, 2001	32	19,43	20,67	+ 1,24
Venezuela, 2001	39	17,64	19,05	+ 1,41
Venezuela, 2001	67	8,07	8,78	+ 0,71
Venezuela, 2001	113	9,85	10,12	+ 0,27
Venezuela, 2000	31	19,37	24,50	+ 5,13
Francia, 1995	80	24,60	25,90	+ 1,30
Francia, 1995	1340	18,60	19,60	+ 1,00
U.S.A., 1988	65	20,90	22,60	+ 1,70
U.S.A., 1987	190	23,60	27,30	+ 3,70
México, 1987	60	30,90	32,80	+ 1,90

En todos estos trabajos los animales fueron alimentados con una mezcla de forrajes y alimento concentrado o ensilaje.

## V. ADITIVOS MINERALES

Otro grupo de aditivos utilizados en la suplementación animal lo constituyen los minerales. Estos normalmente se agregan a la dieta bajo su forma inorgánica como *sulfatos*, *carbonatos* y *óxidos* para aportar los niveles adecuados. Estos minerales bajo forma inorgánica son degradados en el tubo digestivo para formar los iones libres. Sin embargo, estos iones libres son muy activos y pueden formar complejos con otras moléculas que resultan difíciles de absorber, por lo que muchas veces se pierde la suple-

mentación mineral con las excretas. Hoy en día se sabe que no es posible llenar los requerimientos minerales de los rebaños modernos y altamente especializados con minerales inorgánicos, los minerales deben ser suplementados de una manera tal que estén adaptados a la fisiología del animal. Por ello se recomienda la utilización de microminerales orgánicos como aditivos alimentarios ya que estos, gracias a la biotecnología, son unidos mediante manipulación química o quelación a mezclas de aminoácidos o péptidos pequeños formando *proteínatos*. En esta forma, los elementos traza están protegidos de la reacción con otros químicos durante la digestión, haciéndolos más solubles y por lo tanto mejor absorbibles, lo que aumenta su biodisponibilidad. Y es que los quelatos resisten los cambios de pH, son eléctricamente estables y no interactúan con otros minerales, siendo esta una excelente alternativa de suplementación mineral.

Dentro de la suplementación de minerales para el ganado de leche, tenemos que los de mayor importancia son el zinc orgánico, cobre orgánico, manganeso orgánico, selenio orgánico y cromo orgánico. Estos minerales cumplen distintas funciones de gran importancia en el organismo animal, dentro de las cuales podemos mencionar el crecimiento, fertilidad, inmunidad y reparación de tejidos, los cuales constituyen aspectos de indispensable necesidad en la producción láctea. Estos minerales nos ayudan a evitar problemas de infertilidad, incidencia de mastitis, incidencia de problemas podales, retención de placenta, aparición de diferentes enfermedades por inmunosupresión y problemas de deficiencia de minerales.

En el caso del selenio y el cromo, la biotecnología nos ha permitido preparar cultivos de levadura que incluyen al selenio o al cromo presentándolos al consumo animal tal como estos elementos se encuentran en la naturaleza, lo que nos permite disminuir problemas de toxicidad y problemas de absorción a nivel del tracto gastrointestinal.

## VI. LOS ENSILAJES

La biotecnología en la nutrición animal no sólo está dedicada a la obtención de productos para ser suplementados directamente al alimento, sino que también estudia la manera de mejorar las técnicas y métodos de conservación de alimentos que comúnmente utilizamos, como lo es el ensilado. En todo ensilaje hay dos características dominantes: el cultivo, incluyendo su estado de madurez y su capacidad para ensilar, y el manejo practicado por la persona que hace el ensilaje.

Quizá ninguna otra área del manejo del ensilado ha recibido tanta atención en las últimas dos décadas entre los investigadores y los ganaderos como los inóculos bacterianos. En el momento actual los inóculos son el aditivo más ampliamente usado para el ensilado en Norte América y Europa. En Venezuela podríamos estar pensando en la necesidad de volver a estas prácticas en la búsqueda de una alternativa ante los altos costos de los alimentos concentrados. Los beneficios económicos de los inóculos bacterianos son muchos, sobre todo en vacas lecheras de alta producción.

Los ensilados inoculados tienen fermentaciones más rápidas y más eficientes, el pH es más bajo y el contenido de ácido láctico y la proporción del ácido láctico a acético son más altos que en los ensilajes no tratados. Los inóculos bacterianos mejoran

consistentemente la eficiencia en la fermentación, la recuperación de materia seca y la eficiencia alimenticia.

## **VII. EL PROBLEMA DE LAS MICOTOXINAS**

Otro aspecto de gran importancia y al cual no se le ha prestado mucha atención en Venezuela es la presencia de micotoxinas en la ganadería de leche. Las micotoxinas, las cuales son ingeridas por el animal a través del alimento, son capaces de provocar una disminución en la producción de leche debido a problemas de toxicidad a nivel del hígado y riñones, anormalidades del sistema nervioso central, respuestas hormonales estrogénicas, inmunosupresión y otros problemas más. Estos problemas, a nivel de campo, se traducen en desórdenes digestivos, disminución del consumo de alimento, apariencia enfermiza del animal, pérdida de condición corporal, disminución de la producción láctea, infertilidad y aparición más frecuente de distintas enfermedades.

Gracias a la biotecnología se ha logrado descubrir que la pared celular de la levadura tiene una alta capacidad de secuestrar una amplia variedad de micotoxinas dentro del tracto gastrointestinal del animal; esta capacidad no resulta afectada por la presencia de alimentos ni por los cambios de pH a nivel de las distintas porciones del tracto. La naturaleza porosa de este extracto de pared celular de la levadura le provee una mayor superficie de contacto a un nivel muy bajo de inclusión dentro del alimento. En la actualidad se conoce que 0,5 kgs de este extracto cubre un área de superficie de 1 hectárea.

Dentro de la biotecnología aplicada a la alimentación animal existen todavía una gran cantidad de aspectos por descubrir y por aplicar, y es nuestra responsabilidad trabajar en ello para lograr una mejor salud de los animales y una mayor producción sin afectar en lo más mínimo a los costos, a la vez que aumentando los márgenes de ganancia para los productores.

Es importante recordar que el destino final de los productos de origen animal es el consumidor humano y siempre debemos trabajar con la intención de mejorar la calidad de estos productos, buscando también, de alguna manera, mejorar la salud de la humanidad.

## **VIII. LITERATURA CONSULTADA**

- Alltech's Fifth Annual International Dairy Short Course. 2001. Kentucky, USA. October.
- Feeding times. 2001. Vol 6 No 1, 2001.
- Feeding times. 2001. Vol 7 No 1, 2002
- Lyons & Jacques. 2001. Science and Technology in the Feed Industry. Proceedings of Alltech's 17<sup>th</sup>
- Annual Symposium. 2001. Nottingham University Press, UK.419 p.
- Wolford, M. 2000. La Ciencia y Tecnología del Proceso de Ensilaje. Alltech Biotechnology Center. Kentucky, U.S.A. 61 p.