

Levadura *Saccharomyces cerevisiae* en la alimentación de rumiantes. Revisión bibliográfica

Caridad Suárez-Machín*, Carmen Amarilys Guevara-Rodríguez

Instituto Cubano de Investigaciones sobre los Derivados de la Caña de Azúcar (Icidca).

Vía Blanca 804 y Carretera Central, San Miguel del Padrón, La Habana 11000, Cuba.

*caridad.suarez@icidca.azcuba.cu

RESUMEN

La utilización de levadura *S. cerevisiae* en la alimentación de rumiantes ha constituido una investigación recurrente en Cuba y el mundo, demostrando su utilidad, desde el punto de vista nutricional, económico e industrial. En este trabajo se abordaron las principales características de *S. cerevisiae*. Se trataron conceptos sobre la fisiología digestiva de los rumiantes, además del efecto probiótico de las levaduras y su mecanismo de acción, así como los efectos de su utilización, sobre los indicadores productivos de los animales. Concluyendo, que el uso de esta levadura es una opción a considerar si se quiere alimentar eficientemente a los rumiantes, logrando mejoras en los indicadores productivos de los animales, gracias al contenido proteico de esta levadura y a su efecto probiótico, cuando son utilizadas vivas.

PALABRAS CLAVE: *Saccharomyces*, probiótico, proteínas, alimentación, rumiantes.

ABSTRACT

The use of *S. cerevisiae* Yeast in ruminants feeding has constituted a recurrent investigation in Cuba and the world, demonstrating its utility, from the nutritional, economic and industrial point of view. In this work the main characteristics of *S. cerevisiae* were approached. They were concepts on the digestive physiology of the ruminant ones, besides the probiotic effect of the yeasts and their action mechanism, as well as the effects of their use, on the productive indicators of the animals. Concluding that the use of this yeast is an option to consider if wants to feed efficiently to the ruminant ones, achieving improvements in the productive indicators of the animals, thanks when protein contained of this yeast and when its probiotic effect, when they are used alive.

KEYWORDS: *Saccharomyces*, probiótico, proteins, feeding, ruminant.

INTRODUCCIÓN

El interés en el uso de la levadura como alimento animal, ha respondido básicamente a la disponibilidad de levadura residual proveniente de otros procesos, fundamentalmente la producción de alcohol, así como de la baja disponibilidad o alto precio de fuentes convencionales de alimento, sobre todo harinas proteicas.

Es reconocido el alto valor proteico que posee la levadura *S. cerevisiae* (40-45 %), entre otros componentes que le confieren la cualidad de poder emplearse como suplemento alimenticio

para rumiantes; en los cuales, puede mejorar el ambiente del rumen, debido a la disminución de la cantidad de oxígeno, favoreciendo la anaerobiosis y estimulando el crecimiento de bacterias celulolíticas, mejorando así la respuesta productiva del animal, sin embargo ha estado más generalizado el empleo de *S. cerevisiae* en animales monogástricos (cerdo), por lo que este trabajo tiene como objetivo enmarcar la significación e importancia del empleo de esta levadura en rumiantes, por su efecto probiótico y composición nutritiva, a partir de investigaciones realizadas en este sentido.

SACCHAROMYCES CEREVISIAE. Características generales

La *Saccharomyces cerevisiae*, es una levadura heterótrofa, que obtiene la energía a partir de la glucosa y tiene una elevada capacidad fermentativa (1).

Figuroa (2), plantea que es un producto del proceso de producción de alcohol que a su vez constituye una valiosa fuente de proteínas y vitaminas para la alimentación animal, coincidiendo con García y Sáenz (3), al afirmar que ha sido empleada en la formulación de piensos para aves y cerdos por ser un componente rico en proteínas.

Esta levadura es una de las especies considerada como microorganismo GRAS, por lo que ha sido aprobada para su uso como aditivo alimentario (4-6).

Se ha aseverado por Garrido y Santiesteban (7), que la crema de levadura *S. cerevisiae* concentrada, alcanza valores de materia seca (MS) de 18-20 % y un contenido de proteína bruta (PB) de 32-36 % sobre base seca. Por otro lado, algunos autores (8) sostienen que la composición promedio de proteína verdadera es de 40,20 %, mientras que otros, registraron valores algo inferiores en el entorno de 39 % (3). Respecto a esto, Otero (9) afirmó que esta variabilidad está en dependencia de las condiciones específicas de producción en cada fábrica de alcohol y de su régimen de operación.

LOS RUMIANTES

Los rumiantes se caracterizan por su capacidad para alimentarse de pasto o forraje. Esta característica se basa en la posibilidad de poder degradar los hidratos de carbono estructurales del forraje, como celulosa, hemicelulosa y pectina, muy poco digestibles para las especies monogástricas. Basada en esta diferencia fundamental, la fisiología digestiva del rumiante adquiere características particulares (10). La degradación del alimento se realiza mayoritariamente por digestión fermentativa y no por acción de enzimas digestivas, y los procesos fermentativos los realizan diferentes tipos de microorganismos a los que el rumiante aloja en sus divertículos estomacales. Por esta razón debe tenerse presente que al alimentar a los rumiantes también se alimentan los microorganismos ruminales (11). Estos aportan niveles importantes de la proteína diaria que requieren los animales (12, 13).

Características generales del sistema digestivo de los rumiantes

El sistema digestivo de los rumiantes está for-

mado por cuatro compartimentos: rumen, retículo, omaso y abomaso. El rumen, retículo y omaso son órganos que anteceden al abomaso (estómago glandular o estómago verdadero), por lo que son denominados pre-estómagos. En la figura 1 se puede observar los compartimentos fundamentales del estómago de los rumiantes.

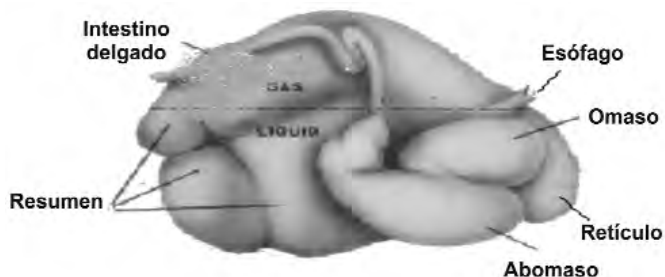


Figura 1. Estómago de los rumiantes. Fte. (14).

En estos compartimentos no hay glándulas ni se segrega mucus y la digestión ocurre gracias a las enzimas microbianas, ocurriendo la verdadera digestión en el abomaso que es el estómago glandular propiamente dicho (14).

El rumen

Es el compartimento más voluminoso, representando aproximadamente el 75 % de los cuatro estómagos. Según Díaz *et al.* (14), el rumen se desarrolla anatómicamente a partir de la porción no secretora del estómago. El aparato digestivo de los rumiantes al nacer funciona muy parecido al de animales monogástricos, debido a que el rumen tiene un crecimiento muy rudimentario y alcanza su posterior desarrollo con la implantación de la masa microbiana y la capacidad de absorción de nutrientes, siendo importante el tiempo que transcurre entre el desarrollo morfofisiológico digestivo y los procesos digestivos de fermentación ruminal (15).

Microorganismos del rumen

El rumen se encuentra densamente poblado por una gran variedad de bacterias, hongos y protozoos (16, 17 y 18 citados por Delgado (19), que son responsables de los procesos digestivos que tienen lugar en el órgano.

La estrategia a seguir al alimentar a los rumiantes, debe tener en cuenta la simbiosis establecida entre los microorganismos ruminales y el animal, ya que el rumiante aporta alimentos y las condiciones medioambientales adecuadas (temperatura, acidez, anaerobiosis, ambiente reductor, etc.) y las bacterias por su parte utilizan parcialmente los alimentos haciendo útiles los forrajes

(de otra forma indigestibles para los mamíferos) y aportando productos de la fermentación con valor nutritivo para el rumiante (ácidos grasos volátiles, AGV) y sus propios cuerpos microbianos.

Esto fue confirmado por Galindo (20), citado por Rotger (21), al plantear que el rumen es una cámara de fermentación anaeróbica, en la cual la población microbiana se mantiene al ingerir y masticar alimentos con regularidad, añadiendo tampones y eliminando los ácidos producidos, arrastrando los residuos alimenticios no digeribles y los productos microbianos y manteniendo condiciones apropiadas de pH, temperatura y humedad para el crecimiento de los microorganismos (22).

La rumia

La vida de los rumiantes gira en torno del rumen y de la rumia, ya que es imprescindible para la digestión de grandes cantidades de alimentos ricos en fibra. Este fenómeno es indicativo de la salud del animal. Todo trastorno permanente de la rumia ha de considerarse como síntoma grave y su reaparición es señal de buen pronóstico. Inicia a la hora u hora y media después de la comida. Antes de la reyección se produce una inspiración profunda, que se interrumpe de pronto por un débil golpe de los ijares, entonces el bolo sube por el esófago e inmediatamente después se inicia la masticación. Después de la deglución del bolo rumiado se intercala una corta pausa, tras la cual se repite el fenómeno, dependiendo del tipo de alimento, hay entre 4 y 24 períodos de 10 min.

Digestión ruminal

La digestión microbiana que tiene lugar en el rumen es la piedra angular de la fisiología digestiva del rumiante.

El hecho más sobresaliente de la digestión en los rumiantes es su capacidad para utilizar todas las formas de celulosa. Ningún mamífero segrega celulasa, que es la enzima que degrada la celulosa, pero las bacterias y los hongos celulíticos, que conviven simbióticamente en el rumen, producen un complejo enzimático β -1-4 glucosidasa, capaz de solubilizar entre 70 y 90 % de la celulosa.

Los productos universales de la fermentación microbiana ruminal son los ácidos grasos volátiles (AGV), principalmente los ácidos acético, propiónico y butírico, que constituyen más del 90 % de los ácidos que se producen en el rumen (24).

En general los azúcares y los carbohidratos solubles se degradan rápidamente, mientras que los polisacáridos estructurales son atacados con rapidez variable. Los materiales de más difícil degradación son la celulosa y la hemicelulosa, que por su asociación con la lignina los hace menos

asequible a la acción microbiana.

Según Sodi *et al.* (25), la fermentación es el último paso en la digestión de los carbohidratos, también esencial para la producción de AGV para el metabolismo energético de los animales y provee de adenosin trifosfato (ATP) a los microorganismos.

EFFECTO PROBIÓTICO DE LAS LEVADURAS Y SU MECANISMO DE ACCIÓN

Los probióticos se han definido por Tellez (26), como microorganismos vivos que incluidos en la alimentación de los animales afectan positivamente al huésped, mejorando su sistema digestivo, coincidiendo con Simon *et al.* (27), al afirmar que los probióticos son microorganismos viables que aumentan la ganancia de peso y los rangos de conversión alimenticia.

Brown y Zimmermann (28, 29), aseguran que los probióticos constituyen una de las propuestas más explotadas cuando se trata de garantizar sistemas de producción eficientes y seguros al consumidor y al entorno.

Se afirma que las levaduras constituyen una importante fuente para la obtención de productos con actividad probiótica, bien sea como cepas vivas o utilizando derivados a partir de sus paredes celulares (30 - 32). Estos preparados han manifestado una comprobada actividad inmunestimulante en animales de granja, así como mejoras en los procesos de la fisiología digestiva, contribuyendo a obtener mejores resultados productivos (33).

Las cepas de levadura más informadas en su empleo como probióticos pertenecen a los géneros *Saccharomyces*, *Kluyveromyces*, *Hansenula*, *Pichia* y *Candida* (34-37) y dentro de estos géneros, las especies *S. boulardii*, *S. cerevisiae*, *K. fragilis*, *K. lactis*, *C. saitoana* y *C. pintolopesii* (38 y 39).

Es importante tener en cuenta que la selección de la cepa probiótica, depende de los requerimientos del animal al que va a ser suministrado, debe garantizar la diversidad de la biota en el intestino y proporcionar estabilidad a su ecología, que puede ser afectada por cambios en la dieta, estrés y ejercicio vigoroso (40).

Los criterios más importantes de selección, que han sido empleados, se agrupan por sus propiedades de resistencia, funciones y potencialidades, resaltando dentro de estos: tolerancia a elevada acidez, resistencia a sales biliares, la capacidad de adhesión a células intestinales, el efecto antagónico directo sobre enterobacterias y otras levaduras, así como el efecto antisecretor contra toxinas de microorganismos patógenos, su efecto

tráfico en la mucosa mediante la producción de poliaminas y efecto inmunoestimulante (41).

Doleza *et al.* (42), aseveraron que la levadura *S. cerevisiae* es usada como suplemento alimenticio de rumiantes, favoreciendo la anaerobiosis y estimulando el crecimiento de bacterias celulolíticas, por reducir la concentración de amonio e incrementar la síntesis de proteína microbiana (43).

En Cuba, especialistas del Instituto de Ciencia Animal (ICA), el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (Icidca) y de la Universidad "Camilo Cienfuegos" de Matanzas, han desarrollado productos con características probióticas (Probicid, Prolev), donde obtuvieron resultados promisorios en los indicadores productivos y de salud de los animales (44-48).

Se ha publicado el uso de levaduras vivas como agentes para destoxificar las micotoxinas y otras toxinas de origen bacteriano (49-53). Al respecto se afirma (54), que por la capacidad para disminuir el estrés de *S. cerevisiae*, fueron eliminados daños severos en órganos, debido a dietas que contenían toxinas de *Vibrio cholera*.

El empleo de *S. cerevisiae* como aditivo nutricional, ejerce un efecto probiótico que contribuye a reducir la incidencia y duración de diarreas (55).

El efecto de las levaduras como probióticos, está dado por su acción biorreguladora, producido por varios mecanismos entre los que se encuentran de forma general: antagonismo microbiano con represión de las bacterias patógenas, estimulación de los sistemas inmunitarios del animal, fijación y eliminación de bacterias patógenas e incremento de la actividad enzimática específica (41).

¿CÓMO USAR LAS LEVADURAS EN LOS RUMIANTES?

Los cultivos de levadura desecada son una alternativa de productos que no proporcionan levadura viva sino los productos de fermentación de dicha levadura sobre un medio vegetal. Estos cultivos de levadura aportan enzimas, y otros metabolitos que son los responsables de los efectos positivos en el animal.

Existen productos a base de levadura viva desecada donde se busca obtener una concentración de células vivas lo más alta posible. Concentraciones de 10^8 - 10^{10} unidades formadoras de colonia por gramo son las más habituales (56).

Se han empleado levaduras vivas tanto en animales monogástricos como en rumiantes y más específicamente en terneros, y pequeños rumiantes (58 y 59), por otro lado se asegura que los productos basados en cultivos de *S. cerevisiae* están

destinados tanto a animales jóvenes como a adultos (60).

Se ha demostrado, *in vitro*, que al agregar levadura viva al fluido ruminal, la presencia de oxígeno se reduce entre 46 y 89 % (61 y 62). Esto genera un aumento en la población de microorganismos del rumen cercano al 30 % (63); lo que conduce a una mejor utilización de los alimentos, aumentando la producción de energía (61) y proteína microbiana que oscila entre 10 y 20 % (64 y 65).

El uso de levadura viva estimula de forma selectiva el crecimiento de las poblaciones de bacterias consumidoras de lactato (*Megaspharera elsdenii* y *Selenomonas ruminantium*), que reducen la presencia de ácido láctico, evitando así caídas muy pronunciadas del pH ruminal (66).

Diversos estudios, descritos aseguran que la presencia de levadura viva en el sistema digestivo de los animales provoca un fenómeno llamado exclusión competitiva (67-72), en el cual ciertas bacterias patógenas se adhieren a la superficie de las levaduras, eliminando estas, dichos microorganismos (73).

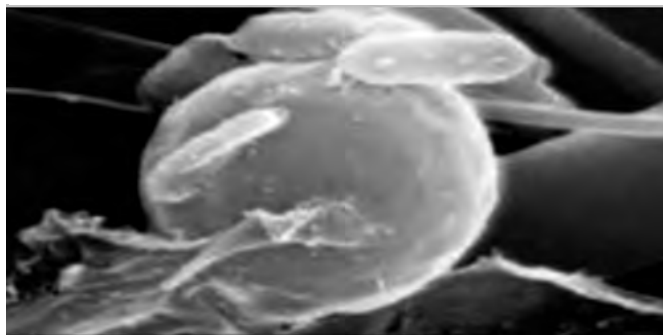


Figura 2. Células de levadura viva con microorganismos patógenos adheridos a su pared. Fte. (73).

En resumen el uso de levaduras vivas, en rumiantes, está asociada a mejoras en la expresión productiva:

- Estabiliza el pH en el rumen, logrando eficiencia en el proceso digestivo.
- Aumenta el consumo de materia seca y la degradación de la fibra, que permite al animal consumir más alimento.
- Aumenta la producción de energía y proteína microbiana en el rumen.
- Mejora la ganancia media diaria de peso vivo y la condición corporal.
- Aumenta la producción láctea y reduce el conteo de células somáticas en la leche, mejorando su calidad.
- Estimula la respuesta inmune no específica de los animales.

Los residuos producidos en la industria de alcohol y cervecaría son excelentes fuentes de proteína, pero no tienen actividad como aditivo, pues la gran mayoría de las células de levadura están muertas. De esa misma forma, los aditivos que poseen células inactivas de levadura no tienen actividad en el rumen, siendo apenas fuente de nutrientes para los microorganismos del tracto gastrointestinal. Investigaciones realizadas por Kould, citado por Dawson (75), muestran que los aditivos con acción en el rumen son los que presentan células vivas (figura 3).

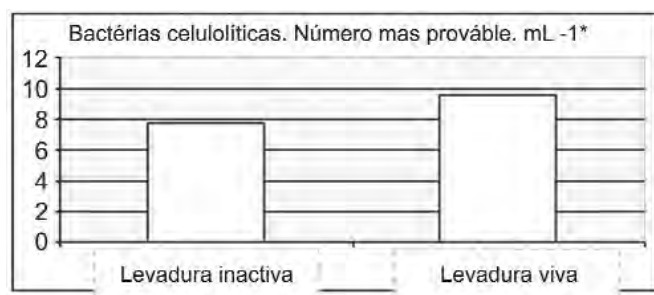


Figura 3. Efectos de cultivos de levadura inactiva o viva sobre el número de las bacterias del rumen. Fte. (75).

EFFECTOS DE LA LEVADURA *S. CEREVISIAE* EN LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES

Investigaciones realizadas con *S. cerevisiae* en la nutrición de los rumiantes en México, durante los últimos años, plantean que no todas las cepas de levadura tienen el mismo modo de acción en los diversos sistemas de producción animal; las diferencias en la respuesta con cepas de *S. cerevisiae* y la interacción que se produce con la dieta que se ofrece a los animales, presentan nuevas oportunidades, así como nuevos problemas (76-79).

Los resultados de investigaciones de dietas que incluyeron *S. cerevisiae* utilizando forrajes en el ganado (80-82), tuvieron incrementos en el consumo de alimento; sin embargo otros autores (83), no encontraron efecto.

Teh *et al.* y Guevara (84 y 85), citados por Greive (86) observaron incremento en la producción de leche. En otros estudios llevados a cabo (85-89), se observó un incremento en la ganancia de peso y conversión alimenticia; no obstante Hoyos *et al.* (83), no indicaron incrementos en la ganancia de peso ni en la conversión alimenticia.

Algunas investigaciones (85, 90-92), mostraron cambios en la concentración de AGV; mientras que otros estudios (93 y 94), no registraron cambios. Por otro lado se observaron cambios en el pH ruminal y en la concentración de amoníaco (80);

sin embargo algunos autores (87 y 90), mencionan que este efecto no fue consistente.

Diversos estudios indicaron incrementos significativos en la cantidad y actividad de las bacterias anaeróbicas celulolíticas (90, 95 y 96), que podrían explicar el incremento sobre la digestibilidad de la dieta (90 y 97). Esto fue confirmado por estudios más recientes (98), registrando que la administración de un cultivo de *Saccharomyces* a vacas lecheras produjo un aumento de las poblaciones de *Megasphaera*, *Selenomonas*, *Fibrobacter* y *Ruminococcus*.

En otros estudios realizados (99), se concluyó, que *S. cerevisiae* incrementa la concentración de AGV totales; sin embargo, no se afectaron las proporciones de ácido acético y propiónico.

Algunos autores (47, 94 y 100-102), aseguran que *S. cerevisiae* no modifica la fermentación ruminal por efecto de la adición de levadura en la dieta de los animales.

Marrero *et al.* (103), al estudiar 24 cepas diferentes de *S. cerevisiae*, demostraron su capacidad de estimular la producción de gas en la fermentación de *C. nlemfuensis*, lo que demostró las potencialidades de esta levadura como mejoradoras de los procesos fermentativos en rumiantes.

Recientemente se realizaron estudios en pequeños rumiantes, afirmando que la adición de *Saccharomyces*, a 5 y 15 g por día, mejoró la ganancia diaria de peso de los ovinos, teniendo un mejor comportamiento en relación con el peso final, el tratamiento en el que fue adicionada el mayor gramaje (104).

En una investigación realizada sobre los efectos de esta levadura en los animales se afirma (105), que el 74 % de las publicaciones recientes arrojan resultados positivos frente a un 22 % negativo y reconoce como valor medio de mejora en la producción de leche, un 3,6 % (equivalente a 1 litro/día). Además refiere un incremento de 2,5 % de ingestión de materia seca.

Por su parte Alvarado (65), demostró que la utilización de levadura *Saccharomyces cerevisiae*, incrementa la producción de leche y/o carne entre 5 y 8 %.

En estudios realizados (106) con un coctel comercial que contenía: cultivo de levaduras, extracto de fermentación de *Aspergillus oryzae*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bacillus subtilis*, enzimas (α -amilasa, β -glucanasas, hemicelulasas y celulasas), a 3 417 animales, durante un período de producción de leche de entre 60 y 365 días, se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 1.

Todo lo anterior evidencia, que aunque existe variabilidad en los resultados obtenidos al alimentar rumiantes, con levadura *Saccharomyces*

Tabla 1. Efecto de la suplementación con un aditivo a base de extractos de fermentación y cultivo de levaduras, probióticos y enzimas sobre la producción y calidad de la leche

	Novillas	Vacas	Total
-Producción leche(kg/día)	+0,73	+0,56	+0,64
-Grasa	-	-	-
-Proteína	-	-	-
Contenido en grasa (%)	-	-	- 0,1
Contenido en proteína (%)	-	-	-

Fuente:107

cerevisiae, de manera general los resultados son positivos.

Dosis recomendadas en la alimentación animal

La crema de levadura *Saccharomyces cerevisiae*, se ha empleado en la alimentación animal en distintas proporciones como parte de la dieta, 10 % en bovinos, 5 % en ovinos y en las aves entre 3 y 4 %. Garrido *et al.* (107), aseguran además que cuando el mosto es desmineralizado, se puede

duplicar esta contribución en la composición de la dieta.

Según Marrero y Valdebenito (66 y 108), la levadura viva *S. cerevisiae* se recomienda para la alimentación animal en dosis de 1 g por cada 100 kg de peso y Dawson (109), afirma que es primordial que la levadura permanezca metabólicamente activa para que resulte funcional

CONCLUSIONES

1. La levadura *Saccharomyces cerevisiae* es indudablemente una alternativa importante si se considera alimentar eficientemente a animales, mejorando indicadores productivos y reproductivos.
2. La utilización de levadura viva en los animales constituye una excelente opción, teniendo en cuenta su carácter probiótico y por lo tanto su incidencia en el mantenimiento de la salud en los animales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Querol, A. Molecular evolution in yeast of biotechnological interest. *Int. Microbiol.* 6: 201-05. (2003).
2. Figueroa, V. Producción porcina con cultivos tropicales y reciclajes de nutrientes. Ed. Academia. La Habana. Cuba. 192 pp (1996).
3. García, J.; Sáenz, T. Levadura *Saccharomyces*. Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar. Tercera Edición. Capítulo 4.12, pág.239-242. (2000).
4. Boyle, R.J.; Roy, M.R. y Tang, M.L. Probiotic use in clinical practice: What are the risks? *Am. J. of Clin. Nutr.* 83: 1256-64. (2006).
5. Anadon, A.; Martinez, M.R. y Martinez, M.A. Probiotics for animal nutrition in the European Union. Regulation and safety assessment. *Regulatory Toxicol and Pharmacol.* 91-95. (2006).
6. Coenen, T.M. Safety evaluation of lactate enzyme preparation derived from *Kluyveromyces lactis*. *Food Chem. Toxicol.* 38:671-77. (2000).
7. Garrido, N.; Santiesteban, C.M. Mosto concentrado de residuos alcohólicos. Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar. ICIDCA. Tercera edición. Capítulo 6.2, pág.413 - 416. (2000).
8. Otero, M.A. Proteína unicelular para el consumo humano (Luis O. Gálvez ed) Editorial Científico-Técnica, La Habana, Cuba (1989).
9. Otero, M.A. Levaduras residuales. En: Las levaduras. Realidad y potencialidades (Otero, M.A ed) pp. 87-98. <http://www.undp.org>. (2005).
10. Cirio, A. Fisiología metabólica de los rumiantes. (2000).
11. Rodríguez, P.M. Factores que afectan la fermentación microbiana y al perfil y flujo de aminoácidos de las bacterias asociadas con las fracciones líquida y sólida en un sistema de cultivo continuo. Tesis presentada en opción al título de Doctor en el programa de Producción animal de la Universidad Autónoma de Barcelona. (2003).
12. Davis, C.L. Alimentación de la Vaca Lechera Alta Productora. University of Illinois. Illinois, USA. P. 12. (1993).
13. Relling, A.E y Mattioli, G.A. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Ed. EDULP. p. 5, 23-25. (2003).
14. Díaz, A.R; Luz, J.G; Bocourt, R.S; Laurencio, M.S; Pérez, CM. Q. Los microorganismos del rumen y su papel en la fisiología digestiva del rumiante. Instituto de Ciencia Animal. la Habana. (2007).
15. Orskov, E. R.; Ryle, M. Energy nutrition in ruminants. Chalcombe publications, Painshall. Church

- Lane, Welton, Lincoln, LN2 3 LT, UK. (1998).
16. Mckain, N.; Shingfield, K.J.; Wallace, R.J. Metabolism of conjugated linoleic acids and 18:1 fatty acids by ruminal bacteria: products and mechanisms. *Microbiol.* 156:579-588. (2010).
 17. Van Soest, P.J. *Nutritional Ecology of the Ruminants*. Second Ed. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY, pag. 476. (1994).
 18. Jouany, J.P.; Broudiscou, L.; Pirns, R.A. y Komisarczuk, S. Métabolisme et nutrition de la population microbienne du rumen. En: *Nutrition des Ruminants Domestiques*. Eds. Jarrige, R. *et al.* INRA, France. (1995).
 19. Delgado, D. Fisiología digestiva del rumiante. Curso: "Estrategias de alimentación para el ganado bovino en la sequía". Instituto de Ciencia animal. La Habana. Cuba. (2006).
 20. Galindo, J.; Marrero, Y.; González, N. y Sosa, A. Libro en versión electrónica: Manipulación de la fermentación microbiana ruminal. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba. (2006).
 21. Rotger, C.A. Fermentación ruminal, degradación proteica y sincronización energía - proteína en terneras en cebo intensivo. Barcelona. 208 h. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Producción animal) Facultad de Ciencias Veterinarias. Universidad de Barcelona. España. (2005).
 22. Martínez, G.E. Bases fisiológicas y nutricionales de la unidad vaca-ternero. Cenerema. UACH. (2005).
 23. Swenson, M.J. & Reece, W.O. Fisiología de los animales domésticos de Dukes. 5ta edición. Editorial Limusa, S.A. de C.V., México. (1999).
 24. Castillo V.J.; Olivera A.M.; Carulla F.J. Descripción del mecanismo bioquímico de la biohidrogenación en el rumen de ácidos grasos poliinsaturados: una revisión. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 16(2): 459-468. (2013).
 25. Sodi, D.; González, R. y Martínez, S. Efectos de la defaunación sobre la fermentación. (2004). Disponible en: <http://www.produccionbovinadecarne.com>. Consultado: diciembre de 2015.
 26. Tellez, G. Prebióticos, probióticos y simbióticos, su papel sobre la integridad intestinal. *Av. Tec. Por.* 5(1). (2008).
 27. Simon, O.; Jadamus, A.; Vahjen, W. Probiotic feed additives-effectiveness and expected modes of action. *J Anim Feed Sci* 10: 51- 67. (2001).
 28. Brown, M. Modes of Action of Probiotics: Recent Developments. *Animal and Veterinary Advances*; 10 (4): 1895-1900. (2011).
 29. Zimmermann, B.; Bauer, E.; Mosenthin, R. Pro and prebiotics in pig nutrition potential modulators of gut health? *J Anim Feed Sci* 10: 47-56. (2001).
 30. Biricik, H. and Türkmen, Y.Y. The effect of *Saccharomyces cerevisiae* on in vitro rumen digestibilities of dry matter, organic matter and neutral detergent fiber of different forage: concentrate ratios in diets. *J. Fac. Vet.Med.*, 20-29. (2001).
 31. Alltech. BIO-MOS in the poultry Industry. Biotechnology in the feed industry. Supplement to the proceedings of Alltech's Biotechnology in the feed industry. In: *Proceeding. Alltech Annual Symposium*. Ed. T.P. Lyons. Nicholasville, USA. (1995).
 32. Swientek, B. Beneficial bacteria. Prebiotics and probiotics work in tandem to stimulate a healthy microflora in the gastrointestinal tract. Food product development. <http://www.Preparedfood.com/archives/2001/0101toc.htm>, (2015). [Consultado: 6 de noviembre de 2015.]
 33. Morales, J.L. Aplicación de un suplemento probiótico en la recuperación de un reemplazo de ponedora. IV Congreso de Avicultura, Stgo. de Cuba. (2004)
 34. Kumura, H. Screening of Dairy yeast strains for probiotic applications. *J. Dairy Sci.* 87: 4050-56. (2004)
 35. Campeanu, G.H. Biotechnological studies concerning the obtaining of biomass with probiotic role from yeasts and bacteria. *Roum. Biotechnol. Lett.* 7(4):795-02. (2002)
 36. Bovill, R.; Bew, J. y Robinson, S. Comparison of selective media for the recovery and enumeration of probiotic yeasts for animal feed. *Int. J. Food Microbiol.* 67: 55-61. (2001)
 37. Coenen, T.M. Safety evaluation of lactate enzyme preparation derived from *Kluyveromyces lactis*. *Food Chem. Toxicol.* 38:671-77. (2000)
 38. Bekatorou, A.; Psarianos, C. y Koutinas, A.A. Production of Food Grade Yeasts. *Food Technol. Biotechnol.* 44 (3):407-15. (2006)
 39. Leuschner, R.G. Validation of the official control method based on polymerase chain reaction (PCR) for identification of authorised-probiotic yeast in animal feed. *Syst. Appl. Microbiol.* 27:492-00. (2004).
 40. Amaral, C. El análisis de patentes, herramienta para la determinación de líneas de investigación sobre probióticos en Cuba. Tesis en opción al Grado Científico de Máster, Universidad de la Habana. (2006).

41. Pérez, H. Evaluación y selección de cepas de levaduras con características probióticas para uso como aditivo alimentario. Tesis presentada en opción del Título Académico de Maestro en Ciencias Microbiológicas Mención en Fermentaciones. La Habana. (2007).
42. Doleza, P.; Dvoráček, J.; Dolezal, J.; Cermáková, J.; Zeman, I & Szwedziak, K. Effect of feeding yeast culture on ruminal fermentation and blood indicators of Holstein dairy cows. *Acta Vet. Brno.* 80: 139-145. (2011).
43. Hirstov, A.N.; Varga, G.; Cassidy, T.; Long, M.; Heyler, K.; Karnati, S.K. & Yoon, I. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on ruminal fermentation and nutrient utilization in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93(2): 682-692. (2005).
44. Brizuela, M.A. Selección de cepas de bacterias ácido lácticas para la obtención de un preparado con propiedades probióticas y su evaluación en cerdos. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias, Instituto Cubano de Derivados de la Caña de Azúcar. (2003).
45. Bocourt, R.; Savón, L.; Brizuela, M.A.; Serrano, P.; Prats, A.; Elías, A. Effect of the probiotic activity of *Lactobacillus rhamnosus* on productive and health indicators of piglets. *Cuban J. Agric. Sci.*, 38, 75. (2004).
46. García, Y.; López, A.; Boucourt, R.; Elías, A. y Dihigo, L.E. Efecto del tratamiento térmico en un hidrolizado enzimático de crema de levadura *Saccharomyces cerevisiae* en los niveles de colesterol en pollos de ceba. *Rev. Cub. Ciencia Agrícola*, 36, 361. (2002).
47. Piad, R.E. Evaluación de la actividad probiótica de un hidrolizado enzimático de crema de destilería en pollitas de reemplazo de ponedora. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Universidad Agraria de la Habana. Instituto de Ciencia Animal. Universidad "Camilo Cienfuegos" de Matanzas. (2001).
48. Alvarado, E. Efecto de diferentes levaduras sobre la producción lechera en vacas bajo condiciones de pastoreo. (2006). Disponible en: (<http://www.safagri.com/spanish/INFORTEC/rumiantes3.htm>). [Consultada en noviembre de 2015].
49. Rodríguez, A.C. *Saccharomyces boulardii* stimulates sIgA production and the phagocytic system of gnotobiotic mice. *J. Appl. Microbiol.* 89:404-14. (2000).
50. Gedek, B.; Enders, C.; Ahrens, F.; Roques, C. The effect of *Saccharomyces cerevisiae* (BIOSAF Sc 47) on ruminal flora and rumen fermentation pattern in dairy cows. *Ann Zootech.* 42:175. (1993)
51. Jahn, U.H. Immunological and tropical effect of *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces boulardii* on the small intestine in healthy human volunteers. *Dig.* 57: 95-04. (1996)
52. Stanley, V.G. The use of *Saccharomyces cerevisiae* to suppress the effects of aflatoxicosis in broiler chicks. *Poultry Sci.* 72: 1867-72. (1993)
53. Baptista, A.S. Utilization of thermolysed and active yeast to reduce the toxicity of aflatoxin. *Scientia Agric.* 59:257-60. (2002).
54. Baptista, A.S.; Horii, J. y de Stefano, S. M. Cells of yeasts adhered in corn grains and the storage perspective for use as probiotic. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 48(2):15-20. (2005).
55. Delgado, R.; Barreto, G. y Vázquez, R. Empleo de *Saccharomyces cerevisiae* para la prevención y control de las diarreas en terneros en pastoreo. *Rev. prod. anim.*, 27 (2): ISSN 2224- 7920. (2015).
56. Lezcano, P. y Mora, L.M. Las vinazas de destilería de alcohol. Contaminación ambiental o tratamiento para evitarlo. In: VIII Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos (D. Nieves, J. Vivas y C. Zambrano, editores). Guanare, p 48-52. (2005)
57. Irianto, A. y Austin, B. Review probiotics in aquaculture. *J. Fish Dis.* 25:633-42. (2002)
58. Nikoskelainen, S. Characterization of the properties of human- and dairy-derived probiotics for prevention of infectious diseases in fish. *Appl. and Environ. Microbiol.* 67(6): 2430-35. (2001)
59. Rose, A. H. Yeast culture. A microorganism for all species: a theoretical look at its mode of action. In *Biotechnology in the feed industry*. P. 113 -118. (1987).
60. Carro, M.D.; Saro, C.; Mateos, I.; Díaz, A.; Ranilla, M.J. Empleo de probióticos En la alimentación de Rumiantes. Departamento de Producción Animal, Universidad Politécnica de Madrid. España. (2015).
61. Newbold, C.J. Manipulando el Rumen: una mirada de cerca los aditivos funcionales. In *Biotecnología en la industria de la alimentación animal*. México, Apligen. V.4, p. 41 - 53. (1996).
62. Newbold, C.J.; McIntosh, F.M.; Wallace, R.J. Changes in the microbial population of a rumen simulating fermenter in response to yeast culture. *Canada. Journal Animal Science* June. v. 78 (2) p. 241-244. (1998).
63. Williams, P.E.; New bold, C.J. Rumen Probiosis: The Effects of Novel microorgams on rumen fermentation and ruminant productivity. In. *Recent Advances in Animal nutrition*. W. Haresing and D. J. A. Cole, eds. Butterworths, London. P. 211-227. (1990).
64. Erausmus, L.J. La Importancia de los Perfiles Duodenales de Aminoácidos en Vacas Lecheras y los

- Cambios Significativos de estos Perfiles al uso del Yea-Sacc. In *Biotecnología en la Industria de la Alimentación Animal*. México, Alpligén. V. 3, p 13, 33. (1992).
65. Alvarado, E. Engormix.com Beneficios del uso de levaduras en rumiantes ¿Mito o realidad? Lesaffre Feed Additives. Heredia, Costa Rica. (2011).
 66. Marrero, Y. Las levaduras como mejoradoras de la fermentación ruminal de dietas con alto contenido de fibra. Tesis Dr. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba. (2005).
 67. Elías, A. & Herrera, F.R. Producción de alimentos para animales a través de procesos biotecnológicos sencillos con la utilización de microorganismos beneficiosos activados (MEBA) Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba. p. 8-13. (2009).
 68. Castillo, C.Y. Fermentación in vitro para obtener la levadura *Candida norvegensis* en mezcla de alfalfa con bagazo de manzana fermentado y sus efectos sobre la actividad microbiana ruminal. Tesis de Dr. Universidad Autónoma de Chihuahua. México. (2009).
 69. Galina, M.; Pineda, L.J. & Morales, R. Suplementación en pastoreo de cabras lecheras con una fuente de liberación lenta de nitrógeno (SLNN), con o sin adición de un probiótico de bacterias lácticas. III Congreso de Producción Animal Tropical y I Simposio FOCAL. La Habana. Cuba. (2010).
 70. Galina, M.; Pineda, L.J.; Hummel, O.J. & Ortiz, R. Efecto del uso de probióticos lácticos en la fermentación ruminal de cabritas en desarrollo. III Congreso de Producción Animal Tropical y I Simposio FOCAL. La Habana. Cuba. (2010).
 71. Sosa, A.; Galindo, J.; Bocourt, R.; Rodríguez, R., Albelo, N. & Oramas, A. Effect of *Aspergillus oryzae* on the rumen fermentation of *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115 through the in vitro gas technique. *Cuban J. Agric. Sci.* 44:151. (2010).
 72. Machado, P.F. Uso da Levedura Desidratada na alimentação de Ruminantes. In: *Simpósio sobre Tecnologia da Produção de Levedura Desidratada na Alimentação Animal*, Campinas. Anais, Campinas 111-28. (1997).
 73. Valinote, A.C. Uso de Cultivos de levadura en la nutrición animal. Alltech Brasil. Sitio argentino de Producción Animal. (2011). Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar>. Consultado, dic. 2015.
 74. Delia, E.; Tafaj, M.; Männer, K. Efficiency of Probiotics in Farm Animals En: *Probiotic in Animals* (Rigobelo E, Ed.). Capítulo 11. (2012). Disponible en: <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/39589.pdf> (Consultado en diciembre de 2015).
 75. Dawson, K.A. Current and future role of yeast culture in animal production: A review of research over the last Seven Years. In: E. Lyons Ed. *Biotechnology in the Feed Industry*, Proceedings of Alltech's Ninth Annual Symposium. Nicholasville, KY. USA. P 269-291. (1992).
 76. Lee, S.S.; Ha, J.K.; Cheng, K.J. Influence of an anaerobic fungal culture administration on in vivo ruminal fermentation and nutrient digestion. *Animal Feed Science and Technology*, 88 (3-4):201-212. (2000).
 77. Chaucheryras-Dyrand, F.; Fonty, G. Establishment of cellulolytic bacteria and development of fermentative activities in the rumen of gnotobiotically-reared lambs receiving the microbial additive *Sacharomyces cerevisiae* CNCM I-1077. *Reproduction Nutrition Development*, 41 (1):57-68. (2001).
 78. Miller-Webster, T.; Hoover, Wh.; Holt, M.; Nocek, Je. Influence of yeast culture on ruminal microbial metabolism in continuous culture. *Journal of Dairy Science*, 85 (8):2009-2014. (2002).
 79. Harris, B.; Lobo, R. Feeding yeast culture to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 70(suppl. 1):276. (1988).
 80. Williams, P.E. Mode of action of yeast culture ruminant's diets: review of the effect on rumen fermentation patterns. In: T.P. Lyons Eds. *Alltech's 5th Annual symposium on Biotechnology in the Feed Industry*. Nicholasville. K.Y. (1989).
 81. Mutsvangwa, T.; Edwards, I.E.; Topps, J.H.; Paterson, G.F.M. The effect of dietary inclusion of yeast culture (Yea-Sacc) on patterns of rumen fermentation, food intake and growth of intensively fed bulls. *Anim. Prod.* 55:35-40. (1992).
 82. Drenan, M.J.; Moloney, A.P. Effect of yeast culture on growth of beef cattle fed on grass silage plus barley-based concentrates. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*. 32(2):125-132. (1993).
 83. Hoyos, G.; García, L.; Medina, F. Effects of feeding viable microbial feed additives on performance of lactating cows in a large dairy herd. *J. Dairy Sci.* 70(suppl. 1):217. (1987).
 84. Teh, T.H.; Sahlu, T.; Escobar, E.N.; Cushaw, J.L. Effect of live yeast and sodium bicarbonate on lactating goats. *J. Dairy Sci.* 70. Suppl. 1: 200. (Abstr.) (1987).
 85. Guevara, J.E. Probióticos en Nutrición Animal. Universidad Nacional de San Marcos. Facultad de Medicina Veterinaria. Costa Rica. (2011).
 86. Greive, D.G. Feed intake and growth of cattle fed liquid brewer's yeast. *Can. J. Anim. Sci.* 59:89. (1979).

87. Adams, D.C.; Galyean, M.L.; Kiesling, H.E.; Wallace, J.D.; Finker M.D. Influence of viable yeast culture, sodium bicarbonate and monensin on liquid dilution rate, rumen fermentation and feedlot performance of growing steers and digestibility in lambs. *J. Anim. Sci.* 53(3):780-789. (1981).
88. Fallon, R.J.; Harle, F. The effect of yeast culture inclusion in the concentrate diet on calf performance. *J. Dairy Sci.* 70:2051-2062. (1987).
89. Mutsvangwa, T.; Edwards, I.E.; Topps, J.H.; Paterson, G.F.M. The effect of dietary inclusion of yeast culture (Yea-Sacc) on patterns of rumen fermentation, food intake and growth of intensively fed bulls. *Anim. Prod.* 55:35-40. (1992).
90. Wiedmeier, R.D.; Arambel, M.J., Welters, J.L. Effect of yeast culture and *Aspergillus oryzae* fermentation extract on ruminal characteristics and nutrient digestibility. *J. Dairy Sci.* 70: 2063 -2068. (1987).
91. Harrison, G.A.; Hemken, R.W.; Dawson, K.A.; Harmon, R.J., Barker, K.B. Influence of addition of yeast culture supplement to diets of lactating cows on ruminal fermentation and microbial populations. *J. Dairy Sci.* 71:2967-2975. (1988).
92. Williams, P.E. Understanding the biochemical mode of action of yeast culture. In: T.P. Lyons Eds. Alltech's fourth annual symposium of Biotechnology in the feed Industry. Nicholasville. K.Y. pp. 79-99. (1988).
93. Chademana, I.; Offer, N.W. The effect of dietary inclusion of yeast culture on digestion in the sheep. *Anim. Prod.* 50:483-489. (1990).
94. Arcos-García, J.L.; Castrejón, F.A.; Mendoza, G.D.; Pérez-Gavilán, E.P. Effect of two commercial yeast cultures with *Sacharomyces cerevisiae* on ruminal fermentation and digestion in sheep fed sugar cane tops. *Livestock production science, Holanda.* 63:153-157. (2000).
95. Harrison, G.A.; Hemken, R.W.; Dawson, K.A.; Harmon, R.J., Barker, K.B. Influence addition of yeast culture supplement to diets of lactating cows on ruminal fermentation and microbial populations. *J. Dairy Sci.* 71:2967-2975. (1988).
96. Dawson, K.A.; Newman, K.E.; Boling, J.A. Effects of microbial supplements containing yeast and lactobacilli on roughage-fed ruminal microbial activities. *J. Anim. Sci.* 68:3392-3398. (1990).
97. Gómez-Alarcón, R.A.; Dudas, C.; Huber, J.T. Effect of *Aspergillus oryzae* (Amaferm) and yeast on feed utilization by Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 70, suppl.1:218. (1987).
98. Pinloche, E.; McEwan N.; Marden, J.P.; Bayourthe, C.; Auclair, E.; Newbold, C.J. The Effects of Probiotic Yeast on the Bacterial Diversity and Population Structure in the Rumen of Cattle. *PLoS ONE* 8 (7): e67824.DOI: 10.1371/journal.pone.0067824. (2013).
99. Andrighetto, I.; Bailoni, L.; Cozzi G.; Berzaghi, P. Effects of yeast culture addition on digestion in sheep fed a high concentrate diet. *Small Ruminant Research.* 12:27-34. (1993).
100. Plata, P.F.; Mendoza, M.G.; Barcena-Gama, González, M.S. Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on neutral detergent fiber degestion in steer fed oat straw based diets. *Anim. Feed Sci. and Technol.*49:203-210. (1994).
101. Kumar, V.K.; Sareen, P.K.; Singh, S. Effect of *Saccharomyces cerevisiae* yeast culture supplements on ruminal metabolism in buffalo calves given a high concentrate diet. *Brit Soc. Anilm Sci.* 59:209-215. (1994).
102. Robinson, P.H.; Garrett, J.E. Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on adaptation of cows to postpartum diets and on lactational performance. *J. Anim. Sci.* 77:988-999. (1999).
103. Marrero, Y.; Galindo, J.; Torres, V.; Aldama, A y Noda, A.Efecto de la inclusión de cepas de levaduras diferentes a *S.cerevisiae* en la fermentación ruminal de *Cynodon nlemfuensis*. Instituto de Ciencia Animal. REDVET - Revista electrónica de Veterinaria - ISSN 1695-7504. (2012).
104. Cifuentes, O.D y González, Y.O. Evaluación de la levadura (*saccharomyces cerevisiae*) en la ganancia de peso de ovinos criollos.Facultad de Ciencias Agrarias, Fundación Universitaria Juan de Castellanos. Conexión Agropecuaria JDC Vol. 3 - Núm. 1. - pp. 41 - 49. (2013).
105. Huber, T. Yeast products help cows handle heat. *Hoard's Dairyman.* University of Arizona, USA. (1998).
106. Gilliard, M.L. Linear trend in lactation past 60 days to evaluate response to feed supplementation in a multi-herd field trial. *J. Dairy Sci* Vol 80, Suppl. 1, P 260. (1997).
107. Garrido, N. y Santiesteban, C. M. Mosto concentrado de residuos alcohólicos. Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar. ICIDCA. Tercera edición. Capítulo 6.2, pág.413 - 416. (2000).
108. Valdebenito, Y.; Escobar, M. y Pak, N. Glucanos en cereales, levaduras y hongos comestibles. *Rev. Chil. Nutr.*21 (1):203-53. (2004).
109. Dawson, K.A. Current and future role of yeast culture in animal production: a review of research over the last seven years. *Biotechnol. in the Feed Ind.*9:1-21. (1993).