

***Saccharomyces cerevisiae* y *Aspergillus oryzae*: estimuladores y modificadores de la fermentación y crecimiento microbiano ruminal.**
Artículo de revisión

Sahirys Casas Rodríguez

**Departamento de Veterinaria, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Camagüey
Ignacio Agramonte Loynaz, Cuba**

sahirys.casas@reduc.edu.cu

RESUMEN

El sector vacuno considerado tradicionalmente como el más importante dentro de la rama agropecuaria, constituye una de las principales fuentes de proteína animal para la alimentación humana. Es por ello que investigadores de todo el mundo se dedican —hace varias décadas— a la búsqueda de suplementos que modulen la fermentación ruminal, aumente consecuentemente su pH, facilite el crecimiento de bacterias celulolíticas que mejoren la digestión de la fibra y el rendimiento de la leche. Esta revisión tiene como objetivo analizar el efecto de *Saccharomyces cerevisiae* y *Aspergillus oryzae* como estimuladores y modificadores de la fermentación y el crecimiento microbiano ruminal. De acuerdo a resultados obtenidos, las mejores respuestas de estos aditivos en rumiantes se han observado en vacas lecheras. Los efectos reconocidos se atribuyen al aumento de la celulolisis ruminal y al flujo de proteína microbiana al intestino.

Palabras clave: *Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus oryzae*, crecimiento microbiano, fermentación ruminal

***Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae*: Stimulators and Modifiers of Ruminal
Fermentation and Rumen Microbial Growth**

ABSTRACT

Traditionally, cattle raising has been considered one of the most important sectors of agriculture as a major source of animal protein for human consumption. Accordingly, researchers in different parts of the world have worked for decades on new supplements that modulate ruminal fermentation, increase pH, and ensure growth of cellulolytic bacteria to enhance fiber digestion and increase milk yields. The aim of this review article is to analyze the role of *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae*, as stimulators and modifiers of ruminal fermentation and rumen microbial growth. Previous research has shown that the best response to additive use in ruminants was found in dairy cows. The effects observed have been attributed to increased ruminal cellulolysis and the flow of microbial protein into the intestine.

Key words: *Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus oryzae*, microbial growth, ruminal fermentation

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente se considera al sector vacuno como el más importante dentro de la rama agropecuaria. Los rumiantes, incluidos ovinos y caprinos, constituyen una de las principales fuentes de proteína animal para la alimentación humana (Fernández, 2012).

Al respecto la FAO (2015) planteó que la producción mundial de carne de vacuno en el año 2008 fue de aproximadamente unos 57 millones de toneladas, que representan casi un tercio de esta. En 2010 se vio afectada por dos factores fundamentales: el primero fue la evolución de la producción y exportación de países de la Europa Occidental, hacia otros como Suramérica, Australia y Canadá. El segundo fue el cambio que impone la industria de los biocombustibles en el precio de los insumos alimenticios para el engorde del ganado a base de granos y concentrados (Zicarelli *et al.*, 2016).

En Europa, específicamente en España, el sector vacuno representa el 5,8 % de la producción final agraria. Dentro de las obtenciones ganaderas, es el tercero en importancia económica; luego del sector porcino y del lácteo, representando aproximadamente el 15,35 % de la producción final vacuna y ocupando el quinto puesto europeo en calidad productiva, según datos estadísticos del año 2012. Sin embargo, está previsto para las próximas décadas un aumento considerable (entre 15 y 30 %) en la

obtención mundial de carne bovina. Este importante incremento se debe especialmente a la creciente demanda de países, sobre todo del continente asiático (Nájera, 2016).

Los rumiantes son capaces de digerir alimentos fibrosos y utilizar fuentes de nitrógeno no proteico, existiendo estrecha relación (simbiosis) entre los microorganismos del rumen para permitir su asimilación (Fernández, 2012).

Esto ha inducido a investigadores de todo el mundo a la búsqueda de suplementos que modulen la fermentación ruminal, aumente su pH y facilite el crecimiento de bacterias celulolíticas que mejoren la digestión de la fibra. Siendo el uso de probióticos la alternativa más eficaz.

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* (*S. cerevisiae*) es uno de los suplementos probióticos más utilizados en la nutrición de vacas lactantes para mejorar la fermentación del rumen y, por consiguiente, el rendimiento de la leche. En la última década esta se ha sugerido como una herramienta útil para estabilizar y aumentar el pH ruminal, alterando así las concentraciones de los ácidos grasos volátiles (Alkhalf, Alhaj y Al-homidan, 2010; Zicarelli *et al.*, 2016).

Al respecto, Fernández (2012) coincide al plantear que la utilización de aditivos alimenticios es muy importante en la nutrición de los rumiantes, poniendo como ejemplo el uso de *S. cerevisiae*; sin embargo, aclara que los resultados son variables y poco repetibles, posiblemente debido a la gran diversidad de dietas ofrecidas a los bovinos en estudio, a las diferentes cepas de levadura y a las cantidades suministrada al ganado.

Marrero *et al.* (2010), por su parte, investigaron en vacas lactantes el uso del hongo levaduriforme *Saccharomyces cerevisiae* junto al hongo filamentoso *Aspergillus oryzae*, definido como el segundo en importancia en la nutrición de rumiantes; demostrando que estos probióticos sí se comportan como estimuladores del crecimiento microbiano.

El objetivo de esta revisión fue analizar los efectos de *Saccharomyces cerevisiae* y *Aspergillus oryzae* como estimuladores y modificadores de la fermentación y el crecimiento microbiano ruminal.

DESARROLLO

Los rumiantes

Los rumiantes se distinguen de los animales monogástricos por el desarrollo de tres compartimentos: rumen, retículo y omaso dispuestos antes del verdadero estómago o abomaso. Estos conocidos como pre estómagos, poseen una mucosa aglandular (epitelio sin capacidad de producir jugos con función digestiva) que facilita la degradación del alimento con la consecuente utilización de la fibra y el nitrógeno no proteico. El último de los cuatro compartimentos (el abomaso) posee, además, una estructura glandular equivalente a la del vientre simple en los monogástricos (Redondo, 2003).

De estos compartimentos, el rumen es el de mayor tamaño y el más importante desde el punto de vista metabólico. A pesar de ser un órgano aglandular que no secreta enzimas digestivas, cuenta con una de las baterías enzimáticas más potentes y complejas de la naturaleza, aportada por los microorganismos que lo habitan como bacterias, hongos y protozoos que se encargan de los procesos degradativos y fermentativos que allí ocurren (DePeters y George, 2014).

Cuando el rumiante se nutre, el rumen es el primer compartimento hacia donde se dirige el alimento, funcionando como reservorio temporal y cámara catalizadora, en la cual se degrada la celulosa; este proceso es denominado también como fermentación pre-gástrica, pues se da en la parte anterior del tracto digestivo a diferencia de los fermentadores intestinales (Fernández, 2012).

La estrategia de nutrición de los rumiantes se basa en la simbiosis establecida entre los microorganismos ruminales y el animal. El bovino contribuye aportando las materias primas o provisiones y las condiciones propicias del medio interno como son: temperatura, acidez, anaerobiosis, ambiente reductor entre otros; mientras que las bacterias utilizan parcialmente los alimentos para aprovechar los forrajes, que son indigestibles para los mamíferos, con la consecuente participación de productos de la fermentación con valor nutritivo para el vacuno, tal es el caso de los ácidos grasos volátiles (AGV), así como proteínas microbianas (Sosa *et al.*, 2010).

Sin embargo, cuando esta relación se altera como consecuencia de cambios en la ración o por factores no deseados se produce un desequilibrio en la microbiota que conduce a la aparición de patologías (Marrero *et al.*, 2010).

El rumen es el sitio donde se lleva a cabo la fermentación del alimento que es ingerido por el animal. Este no es un órgano glandular, por lo que no secreta enzimas digestivas; de manera que la actividad gástrica depende de las enzimas producidas por bacterias, protozoos y hongos ruminales. La importancia de dichos microorganismos del rumen se puede argumentar en el hecho de que, de cada 15 kg de materia seca consumidos por el ganado, 10 kg son degradados y fermentados por los microorganismos ruminales (Sosa *et al.*, 2010).

Según Marrero *et al.* (2010) dentro de las principales funciones de los microorganismos del rumen están:

- Digestión de los carbohidratos de las plantas como la celulosa, hemicelulosa, almidón y azúcares a glucosa.
- Conversión de glucosa a ácidos grasos de cadena corta (AGCC), principalmente a acético, propiónico y butírico (AGV).
- Digestión de la proteína de los alimentos.
- Síntesis de proteína bacteriana.
- Síntesis de vitaminas (hidrosolubles, principalmente vitaminas del complejo B y K)
- Digestión de grasas.
- Hidrogenación de grasas insaturadas.

El rumen como un sistema complejo de fermentación

Para una mejor comprensión imaginemos al rumen como una gran cámara de fermentación, que garantiza las condiciones necesarias para la existencia y reproducción de los microorganismos que lo habitan. Este es el reservorio más voluminoso del aparato digestivo de los rumiantes y representa del 70 al 75 % del tracto gastrointestinal y del 50 al 60 % de su volumen (Redondo, 2003).

El rumen se asemeja a un sistema de cultivo continuo, en el cual hay una incesante incorporación de agua y alimentos para los microorganismos y permanente remoción de desechos y productos finales, cuya acumulación podría frenar el proceso fermentativo. El rumen asegura a bacterias, protozoos y hongos una serie de condiciones estables de temperatura (39 a 40 °C), osmolaridad, potencial redox y pH (Miron, Ben-Ghedalia, Morrison, 2001). El pH está regulado entre valores de 5,5 y 7,2 debido, en parte, a la absorción a través de la pared ruminal de los AGV y, también, por la acción de los buffers (en condiciones de pH fisiológico del rumen, los principales son los bicarbonatos).

Según las investigaciones de Pérez (2000) la población microbiana es la más numerosa y representa alrededor del 50 % de la biomasa microbiana total. Han sido descritas 60 variedades; sin embargo, sólo entre 30 y 40 especies pueden considerarse como autóctonas del rumen, mientras que las demás aparecen de manera transitoria, a partir de la contaminación de los alimentos. La microfauna compuesta por protozoos (ciliados, en su mayoría), comprende el 40 % de la biomasa microbiana.

Los hongos anaerobios celulolíticos fueron la última población en ser descubierta y estudiada; son particularmente abundantes en regímenes ricos en forrajes groseros, pero la importancia de su función no fue totalmente evaluada. Calcula este autor que compone el 8 % de la biomasa microbiana.

La función esencial de la microbiota del rumen, en el cual la presencia de las especies bacterianas celulolíticas es irremplazable, reside en la capacidad de degradar y fermentar los polisacáridos de las paredes vegetales en compuestos asimilables para el rumiante hospedador y su presencia y actividad depende de un conjunto muy vasto de microorganismos, que conforman muchas veces verdaderas cadenas tróficas (Chiba, 2007).

Principales características de los cultivos microbianos

Los cultivos microbianos son productos formados por una mezcla de microorganismos (hongos, bacterias, protozoos), enzimas, vitaminas, medios de cultivo y factores no identificados relacionados, que tienen efectos benéficos en la fermentación ruminal. El efecto del cultivo de levadura en la alimentación de los rumiantes no es constante, lo cual se debe a la combinación de distintos componentes inherentes a

estas (nucleótidos, aminoácidos y vitaminas) que son proporcionados a la microbiota del rumen por medio del proceso de lisis (Pérez, 2000; Coteló, 2010; Olmedo *et al.*, 2015).

Coinciden estas investigaciones con las realizadas el pasado siglo por Hubert (1987), al demostrar que los cultivos microbianos presentan características importantes:

- No son patógenos, ni tóxicos
- No se absorben en el tracto digestivo
- No dejan residuos en los tejidos animales
- Se utilizan en pequeñas cantidades
- Proliferan *in vivo* e *in vitro*
- Promueven el crecimiento de bacterias celulolíticas
- Son estables a temperaturas elevadas
- Son genéticamente estables

Informaciones obtenidas por Carro y Ranilla (2002) demuestran que los aditivos de origen microbiano, en particular los hongos (levaduras y mohos), estimulan modificaciones en la población microbiana ruminal y sus patrones fermentativos. Esto provoca aumento en la obtención de propiónico, disminución de la producción ruminal de metano y de ácido láctico, así como en la disminución de la degradación proteica y en la desaminación de los aminoácidos. Todos estos cambios incrementan la eficiencia del metabolismo energético y nitrogenado en el rumen y en el animal, lo que se convierte en beneficios económicos y medioambientales (Arcos, López, Bernabé y Hoffman, 2007).

Los probióticos

Comenzaron a utilizarse en la alimentación animal en los años setenta del siglo pasado por Parker (1974), quien utilizó el término “probiótico” por primera vez en la ganadería, explicando que eran microorganismos capaces de hacer crecer otros. Fuller (1989) modificó el término señalando que es un suplemento alimentario, que mejora el equilibrio intestinal, además planteó que el modo de acción puede ser la competencia por receptores en el tracto gastrointestinal y de los nutrientes; que es promotor de sustancias antibacterianas, y estimulador de la inmunidad.

Desde entonces se han propuesto diversas definiciones para el término probiótico, siendo la más aceptada la ofrecida por la FAO y la OMS “microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidades adecuadas, son beneficiosos para la salud del huésped” (Suárez, Garrido y Guevara, 2016).

Los hongos

a) Levaduras

Levadura es un nombre genérico que agrupa a una variedad de organismos unicelulares, incluyendo especies patógenas para plantas y animales, y no solamente inocuas sino de gran utilidad (González *et al.*, 2008). *Saccharomyces cerevisiae* es un hongo levaduriforme que constituye el grupo de microorganismos más íntimamente asociado al progreso y bienestar de la humanidad; su nombre deriva del vocablo *Saccharo* (azúcar), *myces* (hongo) y *cerevisiae* (cerveza).

S. cerevisiae es probablemente el microorganismo más ampliamente utilizado por el hombre a través del tiempo; aunque no se tuviera, en un principio, conciencia plena de su participación en la elaboración de diversos alimentos como el pan o las bebidas alcohólicas (Alvarado, 2011).

Ha sido motivo de estudio su efecto probiótico, tanto en poligástricos como en monogástricos (aves y cerdos, principalmente). Es por ello que *S. cerevisiae* en las últimas décadas, se ha convertido en una importante herramienta a gran escala de análisis al ser un organismo unicelular con muchas ventajas como su facilidad de cultivo y su velocidad de división celular (aproximadamente 2 h) (Arcos *et al.*, 2007; Sosa *et al.*, 2010; Fernández, 2012; Zicarelli *et al.*, 2016) (Fig. 1).

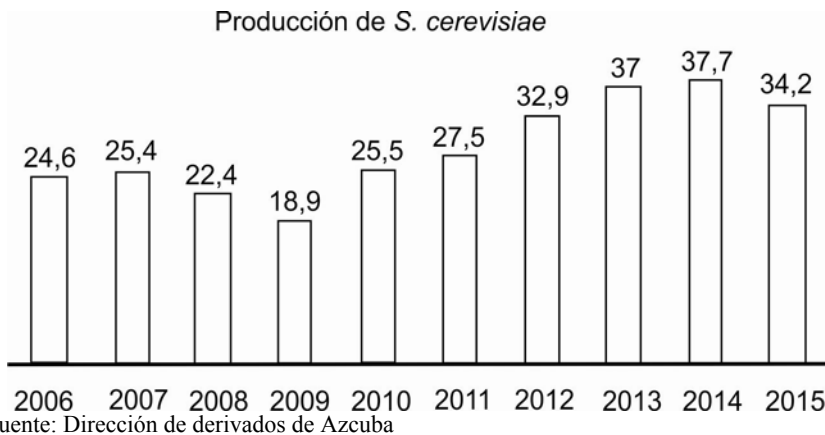


Fig. 1. Producción de levadura *S. cerevisiae* para alimento animal en los últimos 10 años

Investigaciones con *S. cerevisiae* durante los últimos años, han demostrado que no todas sus cepas tienen el mismo modo de acción en los diversos sistemas de producción animal. Las diferencias en la respuesta y la interacción que se produce con la dieta que se ofrece al ganado, presentan nuevas oportunidades y retos para definir la modificación que causan al metabolismo ruminal, por efecto de las cepas y las cantidades suministradas (Aquilina *et al.* 2014).

Saccharomyces cerevisiae incrementa el consumo de alimento, la producción de leche, conversión alimenticia y ganancia diaria de peso, en respuesta a incrementos en la cantidad y actividad de las bacterias anaeróbicas totales y celulolíticas que modifican la concentración de ácidos grasos volátiles (AGV), pH ruminal y nitrógeno amoniacal (Pierce *et al.*, 2013).

Mecanismos de acción de *S. cerevisiae* para el incremento de la digestibilidad en el rumen:

Dawson (1987) planteó que posiblemente los mecanismos de acción de las levaduras que aumentan la digestibilidad pueden atribuirse a lo siguiente:

1. Cambio en la flora bacteriana por competencia y estimulación del crecimiento, por medio del aumento de la celulolisis y alteración de la síntesis microbiana.
2. Modulación del ambiente ruminal evitando fluctuaciones en el pH.
3. Reducción de la actividad de las bacterias metanogénicas.
4. Optimización de la absorción de minerales.
5. Son fuente de nutrientes y productos esenciales como aminoácidos, vitaminas y enzimas.
6. Aumento en metabolitos como ácidos grasos volátiles a causa de una mayor actividad bacteriana.
7. Disminución de la concentración del nitrógeno amoniacal.
8. Modifican el perfil de aminoácidos en el flujo duodenal.
9. Incrementan la proteína sobrepasante.
10. Mejora el consumo voluntario de los animales.
11. Reducen la concentración de ácido láctico.
12. Aumentan la degradabilidad de la fibra, lo cual demuestran Olmedo *et al.* (2015) en su reciente investigación.

Efectos de la adición de *S. cerevisiae* en la fermentación ruminal:

Se ha demostrado que el hidrolizado enzimático de *S. cerevisiae* ejerce efecto activador de las poblaciones de bacterias viables totales y celulolíticas del rumen en condiciones *in vitro*. Resultados similares mostraron Marrero *et al.* (2010) al evaluar levaduras viables señalando que las poblaciones de bacterias viables totales se incrementan cuando se emplean cepas de levaduras como aditivos en dietas para rumiantes. Esto coincide con los resultados de Sosa *et al.* (2010), al estudiar el efecto del hongo conidial *Aspergillus oryzae* en dietas fibrosas para rumiantes.

Dichos resultados pueden tener su origen en que las levaduras proveen de varios factores de crecimiento a las bacterias ruminales, como las vitaminas del complejo B, los ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y de cadena ramificada, las provitaminas y los micronutrientes (Baiomy, 2011).

S. cerevisiae puede duplicar la degradación de la fracción fibrosa en el rumen, pues tiene capacidad enzimática para penetrar alimentos fibrosos a través de estomas, colonizar los tejidos altamente lignificados de los forrajes tropicales y solubilizar las partes lignificadas de las paredes celulares de las plantas. Sus celulasas se consideran las más activas en la degradación de la celulosa cristalina (Sosa *et al.*, 2010; Zicarelli *et al.*, 2016).

Según investigaciones en pequeños rumiantes por Zicarelli *et al.* (2016) y Pulido (2015), resulta difícil evaluar el impacto de cada uno de estos mecanismos sobre el efecto final de las levaduras y sus cultivos, siendo probable que los productos disponibles en el mercado hayan seleccionado cepas que manifiestan mayoritariamente uno de estos mecanismos de acción.

Fernández (2012) y Zicarelli *et al.* (2016) refirieron diferencias en las modificaciones ruminales en bovinos y ovinos-caprinos, cuando se garantizó el alimento dos veces al día, demostrando que la dosis y frecuencia de oferta de la levadura puede afectar la respuesta a la inclusión.

Por otra parte, Baiomy (2011) corroboró en sus experimentos que las levaduras aumentan el flujo de proteína microbiana en el intestino grueso, pero que esta proteína extra sólo sería beneficiosa en situaciones donde es deficiente la dieta.

Marrero *et al.* (2010) al mezclar fracciones del cultivo de *Saccharomyces cerevisiae* al pasto estrella y evaluar el efecto en la fermentación ruminal, obtuvieron resultados satisfactorios en el aumento de las poblaciones de bacterias ruminales factibles para la producción de ácidos grasos volátiles en un 30 %.

Los cultivos de levadura contienen proporciones variables de células vivas y muertas de *S. cerevisiae* que, en dependencia del número de células vivas o metabólicamente activas, causan diferentes respuestas en la alimentación de los animales (Bayat *et al.*, 2015).

Elghandour *et al.* (2016) propone que el efecto de la adición de levaduras en dietas para becerros pre-rumiantes tiene resultados prometedores. La levadura tiene un efecto positivo al modificar la función del tracto gastrointestinal acelerando el establecimiento de los microorganismos ruminales e intestinales y evitando el establecimiento de enteropatógenos.

Delgado, Barreto y Vázquez (2015) evaluaron la introducción de *Saccharomyces cerevisiae* como aditivo nutricional en terneros Siboney de Cuba (180 días de edad), demostrando su efecto probiótico que contribuye a reducir la incidencia de diarreas y su duración.

Zicarelli *et al.* (2016) no encuentran ninguna diferencia en los ácidos grasos de la leche al tratar las cabras lecheras después de agregar *S. cerevisiae* a la dieta; sin embargo, Yalcin *et al.* (2011) informaron aumento significativo de alfa linoleico coincidiendo con los resultados de Bayat *et al.* (2015).

b) Mohos

Aspergillus oryzae (AO) es un hongo filamentoso reconocido por su efecto probiótico. Sus características fundamentales son:

1. Incrementa la degradabilidad de la fibra, lo que se traduce en aumento de la concentración de AGV.
2. Estimula el crecimiento de las bacterias que utilizan ácido láctico como *Selenomonas ruminantium*.
3. Reduce la concentración de ácido láctico en el rumen e incrementa el pH.
4. Aumenta el número de bacterias celulolíticas.
5. Mejora la degradación de la fibra.
6. Útil para la elaboración de alimentos fermentados y producción de biomasa (Cortés, Guadarrama y Díaz, 2014).

Mecanismos de acción de *Aspergillus oryzae* para el incremento de la digestibilidad en el rumen:

El mecanismo principal de acción parece relacionarse con su capacidad de estimular la degradabilidad de la fibra en el rumen mediante el estímulo directo del hongo fibrolítico *Neocalimastix frontalis*. Estimula también la producción de N amoniacal; además, incrementa la degradabilidad de la proteína, lo que sugiere que *A. oryzae* estimula la proteólisis debido al aporte de nutrientes específicos para este tipo

de bacterias, a la presencia de enzimas proteolíticos en el extracto, o a la mejora del acceso a las proteínas una vez que las paredes celulares se han digerido (Fernández, 2014).

Los hongos ruminales tienen una elevada actividad celulolítica y su función en la digestión de la fibra es probablemente estratégica, abriendo vías de degradación en las paredes celulares, lo cual permite el acceso a otras bacterias celulolíticas que son las que realizan la mayor parte de la digestión cuantitativa de la fibra (Moallem *et al.*, 2009).

La implementación de estos aditivos ha sido motivo de múltiples experimentos que modifican el pH y la temperatura obteniendo resultados variados. González *et al.* (2008) emplearon *Trichoderma* y *Aspergillus sp.*, comprobando la máxima expresión fibrolítica a un pH de 5 con temperatura de 45 °C.

En sus investigaciones, Moallem *et al.* (2009) observaron un alto porcentaje de lactosa en la leche de las vacas alimentadas con suplemento de levadura viva, pero al combinar con cepas de *Aspergillus oryzae* no se obtuvo resultados significativos.

Higginbotham *et al.* (2004) al evaluar el efecto probiótico de *Saccharomyces cerevisiae* y *Aspergillus oryzae* de forma separada o combinada en cabras, no reportan ninguna diferencia en la proteína y la grasa de leche, encontrando sólo disminución en la lactosa.

Resultados similares obtienen Zicarelli *et al.* (2016) cuando observaron que las dietas suplementadas sólo con *Saccharomyces cerevisiae* o combinadas con *Aspergillus oryzae* en cabras no tuvo efecto beneficioso en cuanto al rendimiento de leche; además, su composición resultó peor en los dos grupos tratados, respecto al grupo control; sin embargo, fue positiva en vacas lactantes, aumentando la celulolisis ruminal y el flujo de proteína microbiana al intestino, lo cual coincide con estudios de Fernández (2012) y Cotelo (2010) al plantear que los resultados en cuanto al uso de levaduras vivas y extractos fúngicos son variables y poco repetibles, posiblemente debido a la gran diversidad de dietas ofrecidas a los animales en estudio, a las diferentes cepas de levadura y las cantidades suministrada a los animales.

Lo fundamental en las dosis es que el número de microorganismos administrado sea suficiente para provocar una respuesta beneficiosa en el hospedador y encontrarse en un nivel significativo en relación con la flora indígena o alcanzar este nivel por crecimiento dentro del tracto digestivo (Corcionivoschi *et al.*, 2010).

CONCLUSIONES

El hongo levaduriforme *Saccharomyces cerevisiae*, así como el hongo filamentoso *Aspergillus oryzae*, ejercen efecto estimulador y modificador en la fermentación y el crecimiento de la población microbiana ruminal.

Las mejores respuestas en rumiantes se han observado en vacas lecheras. Los efectos reconocidos se atribuyen al aumento de la celulolisis ruminal y al flujo de proteína microbiana al intestino.

Las diferencias entre resultados pueden estar dada por la gran diversidad de dietas ofrecidas a los animales en estudio.

REFERENCIAS

- ALVARADO, E. E. (2011). *Beneficios del uso de levaduras en rumiantes ¿Mito o realidad?* Heredia, Costa Rica: Lesaffre Feed Additives.
- ALKHALF, A.; ALHAJ, M. y AL-HOMIDAN, I. (2010). Influence of Probiotic Supplementation on Blood Parameters and Growth Performance in Broiler Chickens. *Saudi journal of biological sciences*, 17 (3), 219-225.
- ARCOS-GARCÍA, JOSÉ LUIS; LÓPEZ-POZOS, ROBERTO; BERNABÉ HERNÁNDEZ, ABELARDO y HOFFMAN, JEAN A. (2007). La actividad microbiana en la fermentación ruminal y el efecto de la adición de *Saccharomyces cerevisiae*. Recuperado el 18 de mayo de 2013, de <http://www.utm.mx/temas/temas-docs/nota3t32.pdf>.
- AQUILINA, G.; BAMPIDIS, V.; BASTOS, M.; GUIDO, L.; FLACHOWSKY, G.; GRALAK, M. (2014). Scientific Opinion on the Safety and Efficacy of Yea-Sacc® (*Saccharomyces cerevisiae*) as a Feed Additive for Cattle for Fattening, Goats for Fattening, Dairy Cows, Dairy Sheep, Dairy Goats and Buffaloes. *EFSA Journal*, 12 (5), 66-81.
- BAIOMY, A. A. (2011). Influence of Live Yeast Culture on Milk Production, Composition and Some Blood Metabolites of Ossimi Ewes During the Milking Period. *Am. J. Biochem. Mol. Biol*, 1 (1), 158-167.
- BAYAT, A. R.; KAIRENIUS, P.; STEFAŃSKI, T.; LESKINEN, H.; COMTET-MARRE, S.; FORANO, E. y SHINGFIELD, K. J. (2015). Effect of Camelina Oil or Live Yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*) on Ruminal Methane Production,

Saccharomyces cerevisiae y *Aspergillus oryzae*; estimuladores y modificadores de la fermentación y crecimiento microbiano ruminal. Artículo de revisión

- Rumen Fermentation, and Milk Fatty Acid Composition in Lactating Cows Fed Grass Silage Diets. *Journal of dairy science*, 98 (5), 66-81.
- CARRO, M. D; RANILLA, M. J. (2002). Situación actual y posibles alternativas a los aditivos promotores del crecimiento APC. *Albéitar* 56 (1), 46-49.
- CORCIONIVOSCHI, N.; DRINCEANU, D.; STEF, L.; LUCA, I.; JULEAN, C. y MINGYART, O. (2010). Probiotics Identification and Ways of Action. *Innovative Romanian Food Biotechnology*, 6 (1), 1-11.
- CORTÉS SÁNCHEZ, A.; GUADARRAMA, L. M., y DÍAZ-RAMÍREZ, M. (2014). Producción de biomasa a partir de *aspergillus oryzae* en cultivo sumergido. *Biotecnia*, 16 (3), 11-15.
- COTELO, M. F. (2010). *Microbiota ruminal: Estrategias de modulación con microorganismos fibrolíticos*. Uruguay: Facultad de Veterinaria, Instituto de investigaciones biológica Clemente Estable, Universidad de la República de Uruguay.
- DAWSON, K. A. (1987). Mode of Action of the Yeast Culture, *Saccharomyces cerevisiae*, in the Rumen: a Natural Fermentation Modifier. *Biotechnology in the feed industry*, 12 (1), 119-125.
- DELGADO, F. R; BARRETO, A. G; VÁZQUEZ, M. R. (2015). Empleo de *Saccharomyces cerevisiae* para la prevención y control de las diarreas en terneros en pastoreo. *Rev. prod. anim.*, 27 (2), 24-27.
- DEPETERS, E. J. y GEORGE, L. W. (2014). Rumen Transfaunation. Immunology letters. *Elsevier*, 16 (2), 69-76.
- ELGHANDOUR, M. Y. (2016). *Saccharomyces cerevisiae* y su impacto sobre la capacidad fermentativa microbiana en herbívoros. Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma del Estado de México. Recuperado el 22 de enero de 2017, de <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/59209>.
- FAO, F. (2015). El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2015. En *Cumplimiento de los objetivos internacionales para 2015 en relación con el hambre: balance de los desiguales progresos*. Roma, Italia: FAO. Recuperado el 20 de abril de 2016, de <http://www.fao.org/3/aa5ef7f6-edc8-4423-aae3-88bf73b3c77c/i4646s.pdf>.
- FERNÁNDEZ, SOFÍA (2012). *Modulación in vitro de la fermentación ruminal con microorganismos nativos y potencial efecto en la emisión de metano*. Trabajo de diploma, Departamento de Microbiología, Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.
- FERNÁNDEZ, ANNA (2014). El uso de aditivos para optimizar la función ruminal en vacuno lechero. *Revista AgriNews*, 12 (1), 20-17. Recuperado el 22 de marzo de 2016, de <https://agrinews.es/2014/01/08/uso-aditivos-para-optimizar-funcion-ruminal-vacuno-lechero/#prettyPhoto>.
- FULLER, R. (1989). Probiotics in Man and Animals. *Journal of Applied Bacteriology*, 66 (1), 365-387.
- GONZÁLEZ, M. R.; HERRERA, F.; CAIRO, J. y RODRÍGUEZ, D. (2008). Avances en el estudio de las levaduras como activadoras de la fermentación ruminal en bovinos que consumen dietas fibrosas. *Revista de Ciencia y Tecnología de la UACJ*, 6 (2), 93-98.
- HIGGINBOTHAM, G. E.; SANTOS, J. E.; JUCHEM, S. O. y DE PETERS, E. J. (2004). Effect of Feeding *Aspergillus oryzae* Extract on Milk Production and Rumen Parameters. *Livestock Production Science*, 86 (1), 55-59.
- HUBERT, J. T. (1987). Los aditivos fúngicos en vacas lactantes. USA: Department of animal Science, University of Arizona.
- MARRERO, Y.; MARTÍN, E.; RODRÍGUEZ, D. y GALINDO, J. (2010). Efecto de la inclusión de fracciones del cultivo de *Saccharomyces cerevisiae* en la fermentación ruminal *in vitro* de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). *Rev. Cubana Ciencias Agrícolas*, 44 (2), 161-165.
- MIRON, J.; BEN-GHEDALIA, D. y MORRISON, M. (2001). Invited Review: Adhesion Mechanisms of Rumen Cellulolytic Bacteria. *Journal of Dairy Science*, 84 (6), 1294-1309.
- MOALLEM, U.; LEHRER, H.; LIVSHITZ, L.; ZACHUT, M. y YAKOBY, S. (2009). The Effects of Live Yeast Supplementation to Dairy Cows During the Hot Season on Production, Feed Efficiency, and Digestibility. *Journal of Dairy Science*, 92 (1), 343-351.
- NÁJERA, A. D. L.; PIEDRA, R.; ALBARRÁN, B. y GARCÍA, A. (2016). Cambios en la ganadería doble propósito en el trópico seco del estado de México. *Agrociencia*, 50 (6), 21-28.
- OLMEDO, A.; ROJO, R.; ARECE, J.; SALEM, Z. M.; MORALES, E.; ALBARRÁN, B. *et al.* (2015). Extracto de *Lysiloma acapulcensis* en la digestibilidad y fermentación ruminal de una dieta para ovinos. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 2 (5), 173-182.
- PÉREZ, M. (2000). *Obtención de un hidrolizado de crema de levadura de destilería y evaluación de su actividad probiótica*. Tesis de doctorado en Ciencias Veterinarias, Universidad Agraria de La Habana, Cuba.
- PIERCE, K. M.; ALIBRAHIM, R. M.; PALLADINO, R. A.; WHELAN, S. J. y MULLIGAN, F. J. (2013). Short Communication: Effect of Timing of Introduction to Pasture Post Calving and Supplementation with *Saccharomyces cerevisiae* on Milk Fatty Acid Profiles in Early Lactation Dairy Cows. *Food and Nutrition Sciences*, 4 (09), 45-49.

- PULIDO, M. A. (2015). *Efecto de la adición de Saccharomyces cerevisiae y la pared celular en la dieta de ovinos en finalización sobre la fermentación in vitro, comportamiento productivo, características de la canal y calidad de carne*. Recuperado el 30 de abril de 2017, de <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/58820>.
- REDONDO, P. A. (2003). *Anatomía del aparato digestivo de un rumiante*. Recuperado el 23 de marzo de 2008, de <http://www.inea.uva.es>.
- ROJO-RUBIO, R.; MENDOZA-MARTÍNEZ, G. D.; MONTAÑEZ-VALDÉS, O. D.; REBOLLAR, S.; CARDOSO-JIMÉNEZ, D.; HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, J. *et al.* (2007). Enzimas amilolíticas exógenas en la alimentación de rumiantes. *Universidad y Ciencia*, 23 (2), 12-19.
- SOSA, A.; GALINDO, J.; ALDANA, A. I.; MOREIRA, O. y GONZÁLEZ, N (2010). Efecto de *Aspergillus oryzae* en las poblaciones microbianas del rumen y en los productos finales de la fermentación de *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 44 (4), 365-369.
- SUÁREZ, C.; GARRIDO, N. y GUEVARA, C., (2016). *Levadura Saccharomyces cerevisiae y la producción de alcohol*. La Habana, Cuba: Instituto Cubano de Investigaciones sobre los derivados de la caña de azúcar (ICIDCA).
- YALCIN, S.; CAN, P.; GURDAL, A. O.; BAGCI, C. y ELTAN, O. (2011). The Nutritive Value of Live Yeast Culture (*Saccharomyces cerevisiae*) and its Effect on Milk Yield, Milk Composition and Some Blood Parameters of Dairy Cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24 (10), 1377-1385.
- ZICARELLI, F.; ADDI, L.; TUDISCO, R.; CALABRÒ, S.; LOMBARDI, P., CUTRIGNELLI, M. I. *et al.* (2016). The Influence of Diet Supplementation with *Saccharomyces cerevisiae* or *Saccharomyces cerevisiae* Plus *Aspergillus oryzae* on Milk Yield of Cilentana Grazing Dairy Goats. *Small Ruminant Research*, 135 (Supplement C), 90-94.

Recibido: 10-1-2018

Aceptado: 16-1-2018