

Notas

La actividad microbiana en la fermentación ruminal y el efecto de la adición de *Saccharomyces cerevisiae*

Resumen

El patrón de fermentación ruminal en los rumiantes está influenciado por la interacción entre la dieta, la población de microorganismos y el animal. Los aspectos importantes en el rumen para la fermentación, son: 1) condiciones para una eficiente actividad celulolítica y 2) necesidades de la síntesis óptima de proteína microbial. La utilización de aditivos alimenticios es importante en la alimentación de rumiantes. *Saccharomyces cerevisiae* como aditivo en la nutrición animal ha sido investigada ampliamente, sin embargo, los resultados obtenidos 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 a la diferente cantidad suministrada a los animales. Se menciona que *S. 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, pH ruminal y nitrógeno amoniacal; sin embargo, los resultados no son consistentes, de tal manera que se recomienda diferenciar las cepas de levadura *S. cerevisiae* que promuevan la utilización de la fibra detergente neutro de la ración.

Palabras clave: Aditivos, alimentación animal, levadura y rumen.

Introducción

Levadura es un nombre genérico que agrupa a una variedad de organismos unicelulares, incluyendo especies patógenas para plantas y animales, y especies no solamente inocuas sino de gran utilidad (González y Valenzuela 2003), *Saccharomyces cerevisiae* es una levadura 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) (Hernández 1999). 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, para definir la modificación que causan al metabolismo ruminal, por efecto de las diferentes cepas de cultivos y su diferente cantidad suministrada (Dawson 1992; Ángeles *et al.* 1998; Lee *et al.* 2000; Chaucheyras-Durand and Fonty 2001; Miller-Webster *et al.* 2002; Karma *et al.* 2002). La presente revisión tiene por objetivo, explicar los factores que intervienen en la fermentación ruminal de los bovinos y el efecto metabólico que puede inducir la adición de *S. cerevisiae* en el rumen y su probable mecanismo de acción.

Cultivos microbianos

A los cultivos microbianos originalmente se les designaba como prebióticos, sin embargo, en 1989 la Administración de Fármacos y Alimentos (FDA de Estados Unidos de Norteamérica) estableció que no era adecuado el nombre de probiótico; por lo tanto, se modificó la nomenclatura a “cultivos microbianos proporcionados directamente” o “cultivos microbianos” (González 1995). Los cultivos microbianos son productos formados por una mezcla de microorganismos (hongos unicelulares y levaduras), enzimas, vitaminas, medios de cultivo y factores no identificados relacionados con la levadura, 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 factores inherentes a las levaduras (nucleótidos, aminoácidos y vitaminas) que son proporcionados a los microorganismos simbióticos del rumen por medio del proceso de lisis bacteriana (Hough y Maddox 1970; Guerzoni y Succi 1972; Mendoza y Ricalde 1993; Tapia 1989; Fuller 1986; Fallon y Harle 1987; Williams 1988; Newbold 1990 y Dawson 1989).

Principales características del cultivo microbiano

Hubert (1987), Jones y Thomas (1987) mencionan que los cultivos de levadura presentan varias características importantes: 1) No son patógenos, ni tóxicos, 2) No se absorben en el tracto digestivo, 3) No dejan residuos en los tejidos animales, 4) Se utilizan en pequeñas cantidades, 5) Proliferan in vivo e in vitro, 6) Promueven el crecimiento de bacterias celulolíticas, 7) Son estables a temperaturas elevadas y 8) No causan mutación.

Factores que afectan la población de microorganismos ruminales

La concentración de las poblaciones microbianas que viven en el rumen en anaerobiosis, específicamente para bacterias, protozoarios y hongos son de 10^{10} /ml, 10^6 /ml y 10^4 /ml respectivamente (Jouany 1994). Para permitir que los organismos de crecimiento lento; tales, como los hongos y protozoarios ruminales puedan reproducirse se necesita permanencia prolongada del alimento dentro del rumen de 48 a 72 h y sostener así la concentración de las poblaciones microbianas (McAllister *et al.* 1994). Los tiempos de multiplicación varían de 5-14 h para los protozoarios (Williams y Coleman 1988) y de 24-30 h para los hongos (Bauchop 1981; Joblin 1981). Es posible que la eficiencia del crecimiento bacteriano este directamente relacionada con la tasa de dilución de las bacterias y/o del contenido ruminal, debido a que las bacterias en el rumen están asociadas a los sólidos alimenticios, al líquido y la pared ruminal; por lo tanto, la tasa de crecimiento bacteriano puede estar en relación a la tasa de dilución del líquido (Aguilera 1988), lo cual se explica porque solamente en cultivos continuos in vitro de estado estable, la tasa de crecimiento específico de los microorganismos es igual a la tasa de dilución del cultivo (Bergen 1979).

Se ha reportado (Gedek *et al.* 1993) que la adición de levadura *S. cerevisiae* incrementa la concentración de

bacterias gram- en el contenido ruminal (1.6×10^4 vs 2.0×10^5 UFC/ml, UFC: unidades formadoras de colonias) y también incrementa el contenido de bacterias gram- en las heces (1.1×10^4 vs 2.6×10^3 UFC/ml), mencionando además, que la levadura estimula el crecimiento de bacterias amilolíticas a nivel ruminal, estos resultados que fueron confirmados por Kumar *et al.* (1994), Wiedmeier *et al.* (1987), Harrison *et al.* (1988), y Dawson *et al.* (1990) quienes indican que la levadura incrementa el número de bacterias totales, bacterias viables totales, celulolíticas, amilolíticas y protozoarios; sin embargo; se han encontrado resultados contradictorios por Chiquette (1995), Sohn y Song (1996) y Hernández (1999).

Los protozoarios ruminales que pertenecen al orden Holotricos son capaces de penetrar profundamente dentro de los tejidos de las plantas y causar cierto deterioro y adherirse por medio de un organelo específico de ataque (Orpin y Letcher 1978). Los Holotricos presentan la propiedad de asimilar azúcares solubles y transformar una parte de éstos en polisacáridos de reserva, que almacenan en una estructura similar al almidón; presumiblemente mediante este mecanismo se disminuyen los riesgos de acidosis en animales que consumen niveles altos de glúcidos de fácil digestión (Hungate 1966). Los protozoarios del orden Entodinomorfos se asocian a la planta, ingieren pequeñas partículas de alimento o las engloban y se adhieren a fragmentos grandes (Bauchop 1979). Los protozoarios ciliados no son esenciales, pero su actividad puede afectar la nutrición del rumiante (Veira 1986). Al incrementar la frecuencia de alimentación de los rumiantes, se incrementa la concentración de protozoarios, debido a que en el medio ruminal existe un flujo más constante de sustrato para los microorganismos ruminales, este efecto provoca disminución en las variaciones diurnas en las poblaciones de bacterias y protozoarios ciliados. En forma diferente a los Holotricos, los Entodinomorfos metabolizan el ácido láctico y disminuyen el pico de acidosis causado por el exceso de carbohidratos fácilmente fermentables (almidón o azúcares), lo cual además es un ejemplo del efecto amortiguador de los protozoarios (Jouany 1994).

En dietas con alto contenido en carbohidratos fácilmente fermentables, la concentración más alta de protozoarios se observa inmediatamente después de la alimentación, posteriormente disminuye por un breve periodo, debido principalmente a la dilución del contenido ruminal por la ingestión de agua y secreción salival

y se incrementa nuevamente justo antes de la siguiente comida, aunque en los Entodinomorfos la población disminuye aproximadamente 16 horas después del consumo de alimento y se incrementa antes del mismo, mientras que el número de Holotricos se incrementa antes del consumo y comienza a disminuir tan pronto los animales ingieren su alimento (Williams y Coleman 1991). La desaparición de los protozoarios generalmente está asociada con una disminución en la proporción de butirato e incremento de propionato o acetato (Jouany 1994). Coleman (1986) encontró que varias especies de protozoarios ruminales poseen alfa amilasa y uno de los que presentan mayor actividad amilolítica de este tipo es el *Entodinium caudatum*. Asimismo se encontró alfa y beta amilasas en Holotricos (Mould y Thomas 1958), que promueven el desdoblamiento de las unidades de azúcar de reserva y estructurales de las plantas.

Los protozoarios tienen un efecto negativo sobre la población de bacterias amilolíticas ruminales (Kurihara *et al.* 1978), como resultado de la competencia entre éstos y las bacterias por la utilización de sustratos y la particular habilidad de los protozoarios de ingerir granos de almidón y bacterias (Jouany 1994). Mendoza (1991) menciona que en presencia de protozoarios ciliados se reduce significativamente la actividad amilolítica en el rumen, se observa menor digestión del almidón en el ambiente ruminal y por consiguiente se reducen los cambios drásticos en el pH.

Jouany (1988) y Bonhome (1990) mencionan que los protozoarios actúan de varias formas en la digestión de los componentes de la pared celular: 1) Participan directamente en la digestión, principalmente durante las primeras horas del consumo, por el incremento en la tasa de degradación de las fracciones resistentes al ataque de bacterias, actúan como estabilizadores en la fermentación ruminal, 2) Incrementan el tiempo de retención de los alimentos en el rumen, con lo cual se incrementa el tiempo de contacto entre los microorganismos y el sustrato, sostienen una fermentación más uniforme entre los intervalos de alimentación, 3) Estabilizan las condiciones físico-químicas del rumen, lo que favorece el desarrollo de la flora celulolítica, 4) Actúan como fuentes continuas de proteína a nivel ruminal, por la conversión de proteína bacteriana a protozoaria, con la aparente retención de proteína en el rumen y 5) Tienen un efecto detoxificador al reducir nitratos y nitritos siendo esta actividad mayor que el de las bacterias.

Por otra parte, la digestión de los hongos ruminales se lleva a cabo sobre las áreas vulnerables de los tejidos de las plantas; sin embargo, cuando se confrontan con tejido recalcitrante, su hifa posee la extraordinaria capacidad de penetrar directamente la cutícula (Akin y Rigby 1987; Ho *et al.* 1988), lo que contribuye a disminuir substancialmente la tensión protectora de los tejidos y puede proporcionar sitios adicionales para el acceso de las bacterias, por medio de su adhesión a los tejidos de las plantas (Akin *et al.* 1983), mientras que la estrategia de las bacterias ruminales para superar la barrera de la cutícula, que opone resistencia a la adhesión de los microorganismos a los forrajes y granos, es introducirse a través de los estomas, lenticelas y las áreas dañadas de las plantas para iniciar con el proceso su propio metabolismo y la fermentación a nivel ruminal (Bauchop 1980; Chesson y Forsberg, 1988; Akin 1989; McAllister *et al.* 1990; Cheng *et al.* 1991).

Patrón de fermentación ruminal

El patrón de fermentación en los rumiantes se lleva a cabo en el ambiente ruminal que está influenciado por la interacción entre la dieta, la población microbiana y el propio animal (Allen y Mertens 1988). Dos aspectos importantes en el rumen para la fermentación, son las condiciones para una eficiente actividad celulolítica y las necesidades para una síntesis óptima de proteína microbiana. Sin embargo, la importancia relativa de estos procesos varía de acuerdo con las características del alimento y los sistemas de producción animal (Williams 1989). La producción de ácidos grasos volátiles (AGV) se relaciona con la producción de metano en el rumen y debe mantenerse el balance fermentativo en todo momento; debido a que el metano y el propionato sirven como captadores del exceso de equivalentes reductores que se producen a nivel ruminal (Rodríguez y Llamas 1990).

En dietas con alto contenido de forraje, el patrón de AGV en la fermentación ruminal fluctúa entre 65:25:10 a 70:20:10 (acetato: propionato: butirato, en porcentaje molar), por otra parte cuando la cantidad de concentrado en la ración se eleva por encima de 70%, las proporciones de AGV varían entre 45:40:15 a 50:40:10 (Shimada 1991). Dietas compuestas únicamente de forrajes dan una mezcla en proporción molar de 65-74% acético, 15-20% propiónico y 8-16% butírico (Thomas y Rook 1977); sin embargo, forrajes de alta calidad y una molienda fina

pueden causar reducción en la proporción de acético e incremento en propiónico, butírico o ambos.

Debe considerarse que la concentración de AGV en el fluido ruminal no necesariamente reflejan su tasa de producción y absorción, no se ha dilucidado completamente el eslabón entre la concentración de AGV a nivel ruminal y la composición química de la dieta, debido a que la concentración de la mezcla de AGV producidos no solamente refleja la composición de los sustratos fermentados sino que también la actividad metabólica de los microorganismos ruminales. En experimentos donde se han estudiado dietas bajas y altas en concentrado, se ha observado que aún cuando la concentración de ácido acético se reduce con el nivel alto de concentrado, su nivel de producción no cambia considerablemente, esto es posible ya que al mismo tiempo que se incrementa la producción de propionato, se incrementa considerablemente la tasa de absorción de todos los ácidos grasos (Rodríguez y Llamas 1990).

El butirato se absorbe a mayor velocidad que el propionato, siendo el acetato el de más lento transporte; durante el proceso de absorción de los AGV a través de la pared ruminal, el acetato no sufre cambios aparentes; parte del propionato se transforma a lactato y el butirato se convierte casi totalmente en cuerpos cetónicos. Una parte de los ácidos grasos volátiles son empleados in situ como sustratos para la síntesis de otros ácidos grasos volátiles o en la formación de proteína microbiana, siendo este hecho más importante en el caso de acetato. El incremento de propionato en el rumen produce mayor eficiencia energética, y reducción en la pérdida calórica, disminución en el empleo de aminoácidos para gluconeogénesis e incremento en la síntesis de proteína corporal (Shimada 1991).

pH ruminal

El pH ruminal refuerza el balance entre la capacidad amortiguadora y la acidez de la fermentación. Al disminuir el pH, se estrechan las relaciones acetato-propionato, por consecuencia al incrementarse el pH se amplían las relaciones acetato-propionato (Hobson 1972). La composición de la dieta y las prácticas de alimentación influyen sobre el pH ruminal, ya que, ha medida que se incrementa la proporción de ingredientes de fermentación rápida disminuye el pH y viceversa (Kaufmann 1976). Aún cuando no puede definirse un pH óptimo en el medio ruminal, los microorganismos presentan cierto

intervalo en el cual se reproducen mejor y su metabolismo es más eficiente, los protozoarios manifiestan su principal desarrollo a pH cercano a 6.5 y son severamente afectados en pH superiores a 8 e inferiores a 5.5, siendo este último uno de los factores que más afectan su población (Hungate 1966; Hino *et al.* 1973).

La disminución en el pH del rumen reduce la viabilidad de las bacterias celulolíticas y por lo tanto, se reduce la actividad sobre los carbohidratos estructurales (Williams *et al.* 1983). Cheng *et al.* (1984) concluyeron que en condiciones ruminales de pH bajo, el ataque bacteriano a las paredes celulares es difícil y por lo tanto se reduce su digestión. Se considera que un pH ruminal superior a 6.2 es el óptimo para obtener una buena digestión de celulosa (Rodríguez y Llamas 1990). La importancia de la amortiguación del pH a nivel ruminal tiene la finalidad de mantener el metabolismo de los microorganismos ruminales en un rango óptimo para su crecimiento. La modulación del pH ruminal es uno de los efectos de *S. cerevisiae*, (Dawson 1987; Dildey 1988; Williams 1989), no obstante, en los estudios de Andrighetto *et al.* (1993), Avendaño *et al.* (1995) y Ángeles *et al.* (1995) el pH ruminal no se moduló y se observó disminución, lo que sugiere que la actividad de las bacterias celulolíticas también pudo disminuir. De acuerdo con Gedek *et al.* (1993), Zeleňák *et al.* (1994), y Hernández (1999), el pH no mostró diferencias por la adición de levaduras; aunque, Kumar *et al.* (1994) mencionan que la suplementación con levadura incrementa el pH a nivel ruminal.

Nitrógeno amoniacal

La digestión de las proteínas está relacionada con su solubilidad dentro del rumen, cuando la solubilidad es menor, disminuye la liberación de amoníaco; por lo tanto, la síntesis de proteína microbiana se ve limitada por la deficiencia de este compuesto (Pérez Gavilán, *et al.* 1976). Distintas fuentes de nitrógeno contribuyen a la producción de amoníaco ruminal: el nitrógeno no proteico (NNP) de la dieta, nitrógeno salival y posiblemente pequeñas cantidades de urea que penetran al rumen a través de sus paredes, todas éstas son convertidas casi totalmente en amoníaco; dependiendo del tipo de dieta suministrada a los rumiantes; los microorganismos ruminales, convierten en amoníaco del 60-90% de nitrógeno diario consumido y del 50-70% del nitrógeno bacteriano puede ser derivado del amonio de la dieta

(Satter y Roffler 1977; Mathison y Milligan 1971; Tamminga 1979). De tal manera, que el metabolismo del nitrógeno parece depender del contenido de nitrógeno de la dieta basal (Moloney y Drennan 1994). El suministro de aminoácidos, así como una cantidad adecuada de amoníaco y ácidos grasos de cadena ramificada, estimulan el crecimiento de las bacterias celulolíticas (Hoover 1986).

La concentración óptima de nitrógeno amoniacal ($N-NH_3$) en rumen, es aquella que resulta en la máxima tasa de fermentación o la máxima tasa de producción de proteína microbiana por unidad de sustrato fermentado (Mehrez *et al.* 1977), en estudios realizados *in vitro*, se encontró que la concentración de amoníaco requerida para la máxima síntesis de proteína de origen microbiano por unidad de sustrato fermentado, es de 5 a 6 mg/dl en rumen; sin embargo, en estudios *in vivo* se encontró una variación de 8.8 a 28.9 mg/dl de amoníaco en el líquido ruminal. Las bacterias tienen crecimiento satisfactorio cuando la concentración de nitrógeno amoniacal es de 5 mg/dl en el fluido ruminal, ésta es la cantidad mínima de amoníaco necesario para soportar el crecimiento microbiano máximo (Satter y Roffler 1977); no obstante, Rogers *et al.* (1986) mencionan que la concentración de amoníaco en rumen más adecuada para el crecimiento y la síntesis de proteína microbiana es de 9.0 mg/dl. La concentración de nitrógeno amoniacal ruminal puede variar de 0.8 a 56.1 mg/100ml de fluido ruminal, incrementándose con el porcentaje de proteína degradable.

Con respecto a la proteína de origen bacteriano, el contenido de proteína de las bacterias es mayor (Chalupa, 1977) que para los protozoarios (55 vs 38%) sin embargo, la mayor digestibilidad se observa en los protozoarios (66 vs 88%), lo que provoca que el contenido de proteína digestible sea equivalente (36.3 vs 33.4%), así como el valor biológico (77 vs 78%). En contraposición la utilización neta de la proteína de los protozoarios es superior (55 vs 67).

Por otra parte, el contenido duodenal formado por muestras obtenidas a diferentes horas durante el día, presentan una concentración de nitrógeno que es difícil de evaluar, debido a que las poblaciones de microorganismos son variables y además a otros factores como la digestibilidad de la ración, la proporción de aminoácidos a ácidos nucleicos y la composición de los aminoácidos de la dieta. Las células microbiales proveen del 40-80% de los aminoácidos que llegan al duodeno (Erasmus

1991). El contenido de nitrógeno amoniacal a nivel ruminal no se afecta por la adición de levadura; por lo tanto, se sugiere que el aporte de nitrógeno por los microorganismos ruminales no se incrementa cuando se utiliza levadura en la alimentación animal (Gedek *et al.* 1993; Zeleňák *et al.* 1994; Avendaño *et al.* 1995; Ángeles *et al.* 1995; Hernández 1999; Arcos *et al.* 2000)

Digestibilidad ruminal

El análisis de la digestibilidad de los alimentos es de gran importancia, ya que existen diferentes moléculas que son fácilmente absorbibles y otras que son resistentes a la degradación (Minson 1982). La digestión de un ingrediente depende de los siguientes factores importantes: 1) La cantidad del ingrediente, 2) Las propiedades intrínsecas del mismo y 3) La interacción entre los ingredientes. La tasa de digestión es la interpretación de las curvas de la degradación acumulativa y se refiere a la cantidad de alimento que puede ser digerido por unidad de tiempo (Singh *et al.*, 1992). En dietas a base de pajas, más del 60% de la digestión se lleva a cabo en el rumen (Jouany, 1994). Ushida *et al.*, (1990) mencionan que el efecto de los protozoarios sobre la digestión de la pared celular de los vegetales son más marcados en dietas suplementadas con almidón, con cierta disminución en la digestión de los carbohidratos de la pared celular. Los protozoarios tienen mayor efecto sobre la digestión de la hemicelulosa en comparación con la celulosa (+53 para hemicelulosa vs +23 % celulosa). La cantidad de fibra de tergente neutro (FDN) en el forraje no está directamente relacionada al contenido de FDN degradable en rumen, los factores físicos y químicos que limitan la digestión de la pared celular de los forrajes pueden ser diferentes a los asociados con los granos.

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

Resultados de investigaciones de dietas que incluyeron *S. cerevisiae* realizadas por Harris y Lobo (1988), Williams (1989) y Mutsvangwa *et al.* (1992), utilizando forrajes en el ganado, tuvieron incrementos en el consumo de alimento; sin embargo, Drennan y Moloney (1993) no encontraron efecto sobre el consumo de alimento; Hoyos *et al.* (1987), Teh *et al.* (1987) observaron incremento en la producción de leche. En otros estudios llevados a cabo por Greive (1979), Adams *et al.* (1981), Fallon y Harle (1987) y Mutsvangwa *et al.* (1992) se ob-

servó incremento en la ganancia de peso y conversión alimenticia; no obstante, Drennan y Moloney (1993) no indicaron incrementos en ganancia de peso ni en la conversión alimenticia. Las investigaciones de Teh *et al.* (1987), Wiedmeier *et al.* (1987), Harrison *et al.* (1987) y Williams (1988), mostraron cambios en la concentración de ácidos grasos volátiles; por otra parte, en los estudios de Chademana y Offer (1990) y Arcos *et al.* (2000) no registraron cambios en ácidos grasos volátiles. Harrison *et al.* (1988) observaron cambios en pH ruminal y en la concentración de amoníaco; sin embargo Adams *et al.* (1981) y Wiedmeier *et al.* (1987) mencionan que este efecto no fue consistente. Además se indican incrementos significativos en la cantidad y actividad de las bacterias anaeróbicas celulolíticas (Wiedmeier *et al.* 1987; Harrison *et al.* 1988; Dawson *et al.* 1990), que podrían explicar el incremento sobre la digestibilidad de la dieta (Wiedmeier *et al.* 1987; Gómez-Alarcón *et al.* 1987).

En estudios realizados por Andrighetto *et al.* (1993), se ha registrado que *S. cerevisiae* incrementa la concentración (mmol) de AGV totales; sin embargo, no se afectaron las proporciones de ácido acético y propiónico; por otra parte, Gedek *et al.* (1993), Plata *et al.* (1994), Kumar *et al.* (1994), Robinson y Garrett (1998), Arcos *et al.* (2000) mencionan que *S. cerevisiae* no modifica la fermentación ruminal por efecto de la adición de levadura en la dieta de los animales.

Crosby (1995) indica que no existe respuesta al cultivo de levadura sobre la fermentación y digestibilidad ruminales debido a que no encontró efecto sobre el pH ruminal, N-NH₃, tasa de fracción de flujo, volumen ruminal, concentración de ácidos grasos totales, y la digestibilidad total aparente de la materia seca, fibra detergente ácida y fibra detergente neutro. Así mismo se han registrado resultados diversos en relación a la digestibilidad del alimento (Flachowsky *et al.* 1993; Mir y Mir 1994; Andrighetto *et al.* 1993; Zelenák *et al.* 1994; Plata *et al.* 1994; Hernández 1999).

Condiciones de crecimiento de *S. cerevisiae*

Las levaduras requieren para su óptimo crecimiento un ambiente acuoso, pH con rango de 3.5 a 5.0, posiblemente debido a que la actividad de las proteínas plasmáticas de las levaduras en los límites de su membrana se da en estos valores de pH (Rose 1987a); en estas condiciones de pH requerido para el crecimiento de la le-

vadura, la actividad bacteriana a nivel ruminal tendría consecuencias detrimentales para los microorganismos y para los rumiantes.

Las levaduras mantienen su actividad metabólica y resisten el estrés físico asociado con el secado, calentamiento y exposición al pH ácido en condiciones anaeróbicas (Dawson 1989). No obstante, se ha demostrado que *S. cerevisiae* presenta crecimiento limitado bajo esas condiciones (Andreasen y Stier 1953) y es incapaz de mantener una población productiva dentro del ecosistema ruminal (Dawson y Newman 1987; Arambel Y Rung-Syin 1987), no pueden mantener una población viable en el rumen y son incapaces de establecerse permanentemente (Williams *et al.* 1990); por tal motivo, no es común que desarrolle crecimiento a nivel ruminal, en forma adicional a lo anterior el crecimiento de las levaduras se ve afectado por la presencia de ácidos grasos insaturados, tales como el colesterol y el ácido nicotínico (Rose 1987b); sin embargo, se ha observado cierto grado de viabilidad ruminal (Dawson *et al.* 1990; Hession *et al.* 1992), que se puede explicar en parte por los estudios in vitro realizados por Cobos (1996) en condiciones anaeróbicas y con una concentración de bacterias similar a la esperada en el rumen, donde se observó que la viabilidad de las diferentes cepas de levadura *S. cerevisiae* es mínima después de 12 h; por lo tanto, se estima una alta tasa de degradación de las levaduras por parte de las bacterias ruminales


El rango de temperatura óptima para el crecimiento de las levaduras es de 28 a 30°C, con sobrevivencia a 37°C por medio de la formación de ascosporas (Dengis *et al.* 1995), aunque a 39°C que es la temperatura del ambiente ruminal, se ve afectado su crecimiento y disminución de la viabilidad de la levadura a 48 h de incubación (Mendoza 1996).

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

Dawson (1987), Dilley (1988), Williams (1989) y Dawson (1993) propusieron 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 actividad celulolítica y alteración de la síntesis microbiana, 2) Modulación del ambiente ruminal evitando fluctuaciones en

el pH ruminal, 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) Incremento 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) Incrementan el consumo voluntario de los animales, 11) Disminuyen la concentración de ácido láctico y 12) Incrementan la degradabilidad de la fibra.

Las características de *S. cerevisiae* permiten eliminar el oxígeno del ambiente ruminal, con lo que se facilita el crecimiento de bacterias anaeróbicas estrictas, es decir de bacterias celulolíticas (Rose 1987a; Sempley y DeVisscher 1991; McLeod *et al.* 1991); que promueven la degradación de la pared celular (Fallon y Harle 1987; Widmeier *et al.* 1987; Galloway *et al.* 1991 y Dawson 1992); y estimulan el crecimiento de bacterias que utilizan lactato y digieren celulosa (Callaway y Martín 1997); por lo tanto, incrementan la digestibilidad de la dieta, así como la relación acético-propiónico (Plata y Mendoza 1993).

Los cultivos puros *S. cerevisiae* se reproducen mitóticamente, pero los medios con alto contenido de fibra estimulan su esporulación (Feese *et al.*, 1982, Citado por Plata y Mendoza, 1993). Durante la esporulación el cultivo de levaduras *S. cerevisiae* sintetiza seis tipos de enzimas β 1-6 y 1-3 glucanasas, lo cual tiene por finalidad desdoblar la pared celular que lo rodea (Hien y Fleet 1983a y 1983b) 

Referencias bibliográficas

- ADAMS, D.C., GALYEAN, M.L., KIESLING, H.E., WALLACE, J.D., FINKER M.D.
1981. 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.
- AGUILERA, B.A.
1988. Evaluación del efecto de la suplementación de rastrojo amoniatizado sobre la cinética ruminal y digestibilidad en borregos pelibuey. Tesis de Maestría. FES-C, UNAM., México, D.F
- AKIN, D.E. AND RIGSBY, L.L.
1987. Mixed fungal populations and lignocellulosic tissue degradation in the bovine rumen. *Appl. Environ. Microbiol.* 53:1987.
- AKIN, D.E., GORDON, G.L.R., HOGAN, J.P.
1983. Rumen bacterial and fungal degradation of *Digitaria pentzii* growth with and without sulphur. *Appl. Environ Microbiol.* 46:738.
- AKIN, D.E.
1989. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. *Agron J.* 81:17.
- GONZÁLEZ, A., VALENZUELA, L.
2003. *Saccharomyces cerevisiae*. La levadura *Saccharomyces cerevisiae*: un modelo de estudio desde hace más de cien años. Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno, UNAM. Cuernavaca, Mor. Editores: Dra. Esperanza Martínez Romero y Julio César Martínez Romero.
- ALLEN, M. S., MERTENS, M.
1988 Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. *J. Nutr.* 118:261-270.
- ANDREASEN, A.A., STIER, T.J.B.
1953 Anaerobic nutrition of *Saccharomyces cerevisiae*. 1. Ergosterol requirement for growth in a defined medium. *J. Cell. and Comp. Physiol.* 41:23.
- ANDRIGHETTO, I., BAILONI, L., COZZI G., BERZAGHI, P.
1993 Effects of yeast culture addition on digestion in sheep fed a high concentrate diet. *Small Ruminant Research.* 12:27-34.
- ÁNGELES, C.S., CORONA, G.L., CASTREJÓN, P.F., MENDOZA, M.G.D., COBOS, P.M.
1995 Cambios en la población de protozoarios y en el metabolismo ruminal utilizando dos cultivos de levaduras. *Memorias. Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Vol. 26. Supl 2. pp.275.*
- ARAMBEL, M.J., RUNG-SYIN, T.
1987 Evaluation of *Saccharomyces cerevisiae* growth in the rumen ecosystem. *Memories. 19th Biennial conference on rumen function.* 17-19.
- ARCOS-GARCÍA, J.L., CASTREJÓN, F.A., MENDOZA, G.D., PÉREZ-GAVILÁN, E.P.
2000 Effect of two comercial yeast cultures with *Saccharomyces cerevisiae* on ruminal fermentation and digestion in sheep fed sugar cane tops. *Livestock production science, Holanda.* 63:153-157.

- AVENDAÑO, B.H., GONZÁLEZ, M.S.S., GARCÍA-BOJALIL, C., MENDOZA, M.G.D., BÁRCENAS, G.R.
1995 Efecto del nivel de rastrojo de maíz y de un cultivo de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*; Yea-Sacc1026) en el valor nutritivo de dietas para borregos en crecimiento. Memorias VII Congreso Nacional AMENA, Veracruz.
- BAUCHOP, T.
1979 Rumen anaerobic fungi of cattle and sheep. *Appl. Environ Microbiol.* 38:148-158.
1980 Scanning electron microscopy in the study of microbial digestion of plant fragments in the gut. In: D.C. Elwood, J.N. Hedger, M.J. Latham, J.M. Lynch and J.H. Slater (ED) *Contemporary microbial Ecology*. Academic press, New York. p 101.
1981 The anaerobic fungi in rumen fiber digestion. *Agric. Environ.* 6:339.
- BERGEN, W.G.
1979 Factors affecting growth yields of microorganisms in the rumen. *Trop. Anim. Prod.* 4:13-20.
- BONHOME, A.
1990 Rumen ciliates their metabolism and relationships with bacteria and their hosts. *Anim. Feed Sci. Tech.* 30:203-266.
- CALLAWAY, E.S., MARTÍN, S.A.
1997 Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose. *J. Dairy Sci.* 80:2035-2044.
- CHADEMANA, I., OFFER, N.W.
1990 The effect of dietary inclusion of yeast culture on digestion in the sheep. *Anim. Prod.* 50:483-489.
- CHALUPA, W.
1977 Manipulating rumen fermentation. *J. Anim. Sci.* 45:585.
- CHAUCHERYRAS-DYRAND, F; FONTY, G.
2001 Establishment of cellulolytic bacteria and development of fermentative activities in the rumen of gnotobiotically-reared lambs receiving the microbial additive *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-1077. *Reproduction Nutrition Development*, 41 (1):57-68.
- CHENG, K. -J., FORSBERG, C.W., MINATO, H., COSTERTON, J.W.
1991 Microbial ecology and physiology of feed degradation within the rumen. In: T.Tsuda, Y. Sasaki, and R. Kawashima (Ed) *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*. Academic Press, Toronto. p. 595.
- CHENG, K.J., STEWART, C.S., DINSDALE D., COSTERTON, J.W.
1984 Electron microscopy of the bacteria involved in the digestion of plant cell walls. *Anim. Feed Sci. Technol.* 10:93.
- CHESSON, A., FORSBERG, C.W.
1988. Polysaccharide degradation by rumen microflora. In: P.N. Hobson. Ed. *The Rumen Microbial Ecosystem*. Elsevier Applied Science. London. pp 251-284.
- CHIQUETTE, J.
1995 *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* used alone or in combination, as a feed supplement for beef and dairy cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 75:405-415.
- COBOS, P.
1996. *Microbiología aplicada a producción de rumiantes*. Memoria: Curso internacional avanzado de nutrición de rumiantes. 23-25 octubre de 1996. Universidad Autónoma Metropolitana, Educación continua CBS. México D.F.: 1-16.
- COLEMAN, G.S.
1986 The amylase activity of 14 species of Entodiniomorphid protozoa and the distribution of amylase in rumen digesta fractions of sheep containing no protozoa or one of seven different protozoal populations. *J. Agric. Sci. Camb.* 107:709.
- CROSBY, MA.
1995 Efecto de la dosis de un cultivo de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fermentación y en la digestibilidad ruminal de la fibra en borregos. Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Méx.
- DAWSON, K.A.
1987 Mode of action of the yeast culture, Yea-sacc, in the rumen: a natural fermentation modifier. In: T.P. Lyons (Ed). *Biotechnology in the Feed Industry*. Alltech technical Publications, Nicholasville, K.Y. pp. 119-126.
1989 Modification of rumen function and animal production using live microbial cultures as feed supplements. *Proceedings California Animal Nutrition Conference*, centre Plaza, Holiday inn. Fresno. California. pp 25-43.
1992 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.
- 1993 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.
- DAWSON, K.A., NEWMAN, K.E.
- 1987 Fermentation in rumen stimulating continuous cultures receiving probiotic supplements. *J. Anim. Sci.* 66(suppl.1):500.
- DAWSON, K.A.; NEWMAN, K.E., BOLING, J.A.
- 1990 Effects of microbial supplements containing yeast and lactobacilli on roughage-fed ruminal microbial activities. *J. Anim. Sci.* 68:3392-3398.
- DENGIS, P. D., NELISSEN, L. R., ROUXHET P.G..
- 1995 Mechanisms of yeast flocculation comparison of top-and bottom-fermenting strains. *Appl. Env. Microbiol.* 61:718-728.
- DILDEY, D.
- 1988 Getting paid for milk quality: Improving milk composition, Alltech's fourth symposium on Biotechnology in the Feed Industry. Nicholasville, K.Y., USA. p. 45-65.
- DRENAN, M.J., MOLONEY, A.P.
- 1993 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.
- ERASMUS, L.J.
- 1991 Effect of Yea-Sacc1026 yeast culture on microbial protein synthesis in the rumen nitrogen flow to the duodenum of dairy cattle. In: E. Lyons Ed. Biotechnology in the Feed Industry. Proceedings of Alltech's Seven Annual Symposium. Nicholasville K.Y. USA. p. 301-304.
- FALLON, R.J., HARLE, F.
- 1987 The effect of yeast culture inclusion in the concentrate diet on calf performance. *J. Dairy Sci.* 70:2051-2062.
- FLACHOWSKY, G., TIROKE, K., MATTHEY, M.
- 1993 Influence of yeast (*Saccharomyces cerevisiae* as Yea-Sacc or Levaferm) on in sacco dry matter degradability and ruminal parameters of variously fed small ruminants. *Archives of Animal Nutrition.* 42(2):159-169.
- FULLER, R.
- 1986 Probiotics. *J. App. Bact. Symposium Suppl.* 1s-7s.
- GALLOWAY, D.L., GOETSCH, A.L., W. SUN, FORESTER JR, L.A.
- 1991 Effect of addition of sodium bicarbonate salt, *Aspergillus oryzae* culture extract, niacin, lysine or phenylalanine to ground corn-based supplements on feed intake and digestion by Holstein steers consuming Bermuda grass (*Cynodon dactylon*) hay. *Animal Feed Sci. and Technology.* 32:261-273.
- GEDEK, B., ENDERS, C., AHRENS, F., ROQUES, C.
- 1993 The effect of *Saccharomyces cerevisiae* (BIOSAF Se 47) on ruminal flora and rumen fermentation pattern in dairy cows. *Ann Zootech.* 42:175.
- GÓMEZ-ALARCÓN, R.A., DUDAS, C., HUBER, J.T.
- 1987 Effect of *Aspergillus oryzae* (Amaferm) and yeast on feed utilization by Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 70, suppl.1:218.
- GONZÁLEZ, MUÑOZ, S.S.
- 1995 Utilización de aditivos y agentes anabólicos para mejorar la producción de carne en bovinos. *Memorias. 1er seminario Ganadero, Tabasco, Mex. Avances Tabasqueños.* P 41-46.
- GREIVE, D.G.
- 1979 Feed intake and growth of cattle fed liquid brewer's yeast. *Can. J. Anim. Sci.* 59:89.
- GUERZONI, E., SUCCI, G.
- 1972 Identification of a peptide, stimulant for acetic bacteria, produced by a strain of *Saccharomyces cerevisiae*. *Ann. Microbiol.,* 22:167-173.
- HARRIS, B., LOBO, R.
- 1988 Feeding yeast culture to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 70(suppl. 1):276.
- HARRISON, G.A., HEMKEN, R.W., DAWSON, K.A., HARMON, R.J., NEWMAN, K.E., MOREHEAD, M.C.
- 1987 Yeast culture supplements in diets of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 70(suppl. 1):218.
- HARRISON, G.A.; HEMKEN, R.W.; DAWSON, K.A.; HARMON, R.J., BARKER, K.B.
- 1988 Influence of addition of yeast culture supplement to diets of lactating cows on ruminal fermentation and microbial populations. *J. Dairy Sci.* 71:2967-2975.

- HERNÁNDEZ, D. R.
1999 Efecto de un cultivo de *Saccharomyces cerevisiae* en consumo, digestibilidad y variables ruminales en borregos alimentados con pasto ovillo (*Dactylis glomerata*) cosechado a dos intervalos de rebrote. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Posgraduados, Montecillo Méx. 74 p.
- HESSION, A.O., TUNG, R.S., KRECK, E.M., KUNG, L.
1992 Effect of adding live yeast cultures on in vitro ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.* 70 (suppl. 1): 309.
- HIEN, N.H., FLEET, G.H.
1983a Variation of (1-3) beta glucanases in *Saccharomyces cerevisiae* during vegetative growth, conjugation and sporulation. *J. of Bacteriol.* 156(3):1214-1220.
1983b Separation and characterization of six(1-3) beta glucanases from *Saccharomyces cerevisiae*. *J. of Bacteriology.* 156,3:1204-1213.
- HINO, T., KAMETAKA AND M. KANDATSU, M.
1973 The cultivation of rumen oligotrich protozoa. I. Factors influencing the life of *Entodinia*. *J. Gen. Microbiol.* 19:305.
- HO, Y.W., ABDULLAH, N., JALALUDIN, S.
1988 Penetrating structures of anaerobic rumen fungi in cattle and swamp buffalo. *J. Gen. Microbiol.* 143:177.
- HOBSON, P.N.
1972 Physiological characteristics of rumen microbes in relation to diet and fermentation patterns. *Proc. Nutr. Soc.* 31:135.
- HOOVER, W. H.
1986 Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *J. Anim. Sci.* 69:2755-2768.
- HOUGH J., MADDOX, I.
1970. Yeast autolysis. *Process Biochem.* 5(5):50-52.
- HOYOS, G., GARCÍA, L., MEDINA F.
1987 Effects of feeding viable microbial feed additives on performance of lactating cows in a large dairy herd. *J. Dairy Sci.* 70(suppl. 1):217.
- HUBERT, J.T.
1987 Fungal additives for lactating cows. Department of animal Sci. University of Arizona, USA.
- HUNGATE, R. E
1966. *The Rumen and its Microbes.* Academic Press, N.Y.
- JOBLIN, K.N.
1981 Isolation, enumeration and maintenance of rumen anaerobic fungi in roll tubes. *Appl. Environ. Microbiol.* 130:27-37.
- JONES, C. AND THOMAS, C.
1987 Maintenance of strain specificity and bile tolerance when producing. In: T.P. Lyons Ed. *Biotechnology in the Feed Industry.* Alltech's. Biotechnology center. Nicholasville, KY. USA.
- JOUANY, J.P.
1988 Effects of diet on populations of rumen protozoa in relation to fibre digestion. In: Nolan, J. V., Leng, R.A. and Demever, D.I. Armidale Eds. *The roles of Protozoa and Fungi in Ruminant Digestion.* : Penanbul Books p 59-74.
- 1994 Methods of manipulating the microbial metabolism in the rumen. *Ann Zootech.* 43:49-62.
1994 Methods of manipulating the microbial metabolism in the rumen, *Ann Zootech.* 43:49-62.
- KAUFMANN, W.
1976 Influence of the composition of the ration and the feeding frequency on pH-regulation in the rumen and feed in take in ruminants. *Livest. Prod. Sci.* 3:103-114.
- KUMAR, V.K., SAREEN, P.K., SINGH, S.
1994 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.
- KURIHARA, Y.; TAKECHI, T., SHIBATA, F.
1978 Relationship between bacteria and ciliate protozoa in the rumen of sheep feed on a purified on a purified diet. *J. Agric. Sci.* 90:373-381.
- LEE, S.S., HA, J.K., CHENG, K.J.
2000 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.
- MATHISON, G.W., MILLIGAN, L.P.
1971 Nitrogen metabolism in sheep. *Br. J. Nutr.* 25:351.
- MCALLISTER, T.A., BAE, H.D., JONES, G.A., CHENG, K.J.
1994 Microbial attachment and feed digestion in the rumen. *J. Anim. Sci.* 72:3004-3018.
- MCALLISTER, T.A., RODE, L.M., MAJOR, D.J., CHENG, K.J. BUCHANAN S. J.G.
1990 The effects of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion. *Can.J.Anim. Sci.* 70:571.

- MCLEOD, K.R., KARRY, K.J., DAWSON, K.A., MITCHELL, JR., G.E.
1991 Influence of yeast culture and monensin on ruminal metabolic end products and feedlot performance, In:T.P. Lyons Ed. Biotechnology in the feed Industry. Alltech's Technical Publications. Nicholasville. KY.USA.
- MEHREZ, A.Z., ORSKOV, E.R., MCDONALD, Y.
1977 Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. Br. J. Nutr. 38:437-443.
- MENDOZA, M.G.D.
1991 Site and extent of starch digestión in ruminantes feed high grain diets. I. Role of ruminal protozoa. II. Mixtures of high moisture corn and dry rolled sorghum III. Duodenal infusion of Casein. Doctoral Dissertation. University of Nebraska, Lincoln.
- MENDOZA, M.G.D., RICALDE-VELASCO R.
1993 Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano. Universidad Autónoma Metropolitana. Cap. 9. Uso de aditivos alimenticios. P 97.
- MILLER-WEBSTER, T; HOOVER, WH; HOLT, M; NOCEK, JE.
2002 Influence of yeast culture on ruminal microbial metabolism in continuous culture. Journal Of Dairy Science, 85 (8):2009-2014
- MINSON, J.D.
1982 Effect of chemical composition on feed digestibility and metabolizable energy. Nutr. Abstr. Rev. series B. 52:591-615.
- MIR, Z., MIR, P.S.
1994 Effect of the addition of live Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth and Carcass Quality of Steers Fed High-Forage or High-Grain Diets and on Feed Digestibility and In Situ Degradability. J. Anim. Sci. 72:537-545.
- MOLONEY, A.P., DRENNAN, M.J.
1994 The influence of the basal diet on the effects of yeast culture on ruminal fermentation and digestibility in steers. Anim. Feed. Sci. and Technol. 50:55-73.
- MOULD, D.L., THOMAS, G.J.
1958 The enzymic degradation of starch by Holotrich protozoa from sheep rumen. Biochem. J. 69:327.
- MUTSVANGWA, T., EDWARDS, I.E., TOPPS, J.H., PATERSON, G.F.M.
1992 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.
- NEWBOLD, C.J.
1990 Probiotics as feed additives in ruminants diets. Memories. 51 st. Minnesota Nutrition Conference September 18-19. Bloom Minn; USA p 102-118.
- ORPIN, C.G., LETCHER, A.J.
1978 Some factors controlling the attachment of the rumen Holotrich protozoa *Isotricha intestinalis* and *I. prostoma* to plant particles in vitro. J. Gen. Microb. 106:33-40.
- PÉREZ GAVILÁN, E. J. P., VINIEGRA, G. G., ROSO, C.
1976 Evaluación bromatológica de suplementos protéicos para ganado bovino. 1. Evaluación de la solubilidad de los compuestos nitrogenados. Veterinaria. México. 7:8.
- PLATA, P.F. Y MENDOZA, M.G.
1993 Efectos principales de los probióticos en los rumiantes. Memorias del curso internacional de nutrición de rumiantes. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- PLATA, P.F., MENDOZA, M.G., BARCENA-GAMA, GONZÁLEZ, M.S.
1994 Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on neutral detergent fiber digestion in steer fed oat straw based diets. Anim. Feed Sci. and Technol.49:203-210.
- ROBINSON, P.H., GARRETT, J.E.
1999 Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) On adaptation of cows to postpartum diets and on lactational performance. J. Anim. Sci. 77:988-999.
- RODRÍGUEZ, G.F., LLAMAS, L.G.
1990 Digestibilidad, balance de nutrimentos y patrones de fermentación ruminal. In: R.A. Castellanos, L.G. Llamas y S. A. Shima, Eds. Manual de técnicas de investigación en ruminología. Sistemas de Educación Continua en Producción Animal en México, A.C. México, D.F. pp. 95-126.
- ROGERS, J.A., CONRAD, H.R., DEHORITY, B.A., GRUBB, J.A.
1986 Microbial numbers, rumen fermentation and nitrogen utilization of steers using wet and dried brewers grains. J. Dairy Sci. 59:745-753.

- ROSE, A.H.
1987a Yeast culture a microorganism for all especies a theoretical look at its mode of action. Proceedings. Alltech's third annual symposium. Biotechnology in the Feed Industry. Nicholasville, Kentucky. U.S.A.
- 1987b Responses to the chemical environment. In: A.H. Rose and J.S. Harrison Ed. The Yeast. Vol. 2. Academic Press. London and New York. pp 5-40.
- SATTER, L. D. , ROFFLER, R. E.
1977 Influence of nitrogen and carbohydrate inputs on rumen fermentation. In: H. Williams y L. Dyfed Eds. Recent advances in animal nutrition. Butterworths. London-Boston. p 25-49.
- SELÉNICA, I., JALC, D., KMET', V., SIROKA P.
1994 Influence of diet and yeast supplement on in vitro ruminal characteristics. Anim. Feed. Sci. and Technol. 49:211-221.
- SEMPTEY, F., DEVISSCHER, A.
1991 A french approach to optimizing rumen utilization of forage. In: T. P. Lyons Eds. Biotechnology in the Feed Industry. Alltech's Technical Publications. Nicholasville. KY.USA.
- SHIMADA, Y.A.
1991 Metabolismo de los carbohidratos. En: Pérez D.M. Ed. Manual sobre ganado productor de leche. Ed. Diana México. pp. 44-63.
- SINGH, B., MAKKAR, H.P.S., NEGI, S.S.
1992 The kinetics of digestion in ruminants. A review. Indian J. Dairy Sci. 46,3:90-99.
- SOHN, H.J., SONG M.K.
1996 Effect of feeding yeast diets on the ruminal fermentation characteristic and whole tract digestibility by sheep. Korean J. Anim. Sci. 38:578-588.
- TAMMINGA, S.
1979. Protein degradation in the forestomachs of ruminants. J. Anim. Sci. 49:1625. (Abstr.)
- TAPIA, M.N., HERRERA-SALDAMA, R.
1989 The effect of four fungal compounds as probiotics on in vitro dry matter disappearance of difference of different feedstuffs. J. Anim. Sci. 67(Suppl. 1):521. (Abstr)
- TEH, T.H., SAHLU, T., ESCOBAR, E.N., CUSHAW, J.L.
1987 Effect of live yeast and sodium bicarbonate on lactating goats. J. Dairy Sci. 70. Suppl. 1: 200. (Abstr.)
- THOMAS, P.C., ROOK, J.A.F.
1977 Manipulation of rumen fermentation. Recent advances in animal nutrition. William, H. y Dyfed L. p 83-109.
- USHIDA, K., KAYOULI C, DE SMET S., JOUANY, J.P.
1990 Effect of defaunation on protein and fibre digestion in sheep fed ammonia-treated straw-based diets with or without maize. Br. J. Nutr. 64:765-775.
- VEIRA, M.D.
1986 The role of ciliate protozoa in nutrition of the ruminant. J. Anim. Sci. 63:1547-1560.
- WIEDMEIER R.D., ARAMBEL, M.J., WELTERS, J.L.
1987 Effect of yeast culture and Aspergillus oryzae fermentation extract on ruminal characteristics and nutrient digestibility. J. Dairy Sci. 70: 2063-2068.
- WILLIAMS, P.E.V., WALTER, A., MACRAE, J.C.
1990 Rumen probiosis: the effects of addition of yeast culture (viable yeast Saccharomyces cerevisiae plus growth medium) on duodenal protein flow in wether sheep. Proc. Nutr. Soc. 49:128(Abstr.).
- WILLIAMS, A.G. COLEMAN, G.S.
1988 The rumen protozoa. In: P.N. Hobson (Ed). The Rumen Microbial Ecosystem. Elsevier Applied Sci. London and New York. pp 77-128.
- 1991 The rumen protozoa. In: P.N. Hobson (Ed). The Rumen Microbial Ecosystem. Elsevier Applied Sci. London and New York. pp 77-128.
- WILLIAMS, P.E.V.
1988 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.
- 1989 The mode of action of yeast culture ruminants 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.
- WILLIAMS, P.E.V., MACDEARMID, A., INNES, G.M., BREWER, A.
1983 Turnips with chemically treated straw for beef production. 2. Effect of turnips on the degradability of straw in the rumen. Anim. Prod. 37:189.
- Arcos-García José Luis; López-Pozos Roberto; Bernabé Hernández Abelardo y Hoffman Jean A.
Universidad del Mar, campus Puerto Escondido