

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA**

**DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL**



**Uso de aditivos microbianos administrados directamente al rumen en la  
ganadería bovina.**

**POR  
SEBASTIAN GARCÍA GUTIÉRREZ**

**MONOGRAFÍA  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**TORREÓN, COAHUILA**

**JUNIO DE 2015**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Uso de aditivos microbianos administrados directamente al rumen en la  
ganadería bovina.

POR  
SEBASTIÁN GARCÍA GUTIÉRREZ

MONOGRAFÍA

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

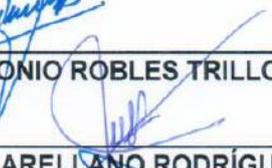
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

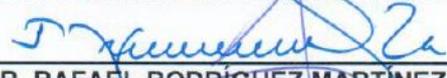
PRESIDENTE:

  
DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO

VOCAL:

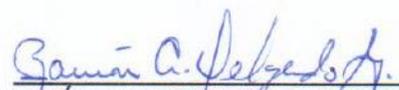
  
M. C. GERARDO ARELLANO RODRÍGUEZ

VOCAL:

  
DR. RAFAEL RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

VOCAL SUPLENTE:

  
M.C. JOSÉ LUIS FRANCISCO SANDOVAL ELÍAS

  
MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

Uso de aditivos microbianos administrados directamente al rumen en la ganadería bovina.

POR  
SEBASTIÁN GARCÍA GUTIÉRREZ

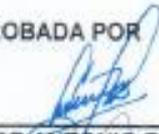
MONOGRAFÍA

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:

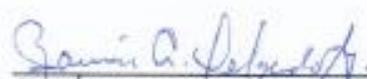
  
DR. PEDRO ANTONIO ROBLES TRILLO

ASESOR:

  
M. C. GERARDO ARELLANO RODRÍGUEZ

ASESOR:

  
DR. RAFAEL RODRÍGUEZ MARTÍNEZ

  
MC. RAMÓN ALFREDO DELGADO GONZÁLEZ  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL



Coordinación de la División  
Regional de Ciencia Animal

TORREÓN, COAHUILA

MARZO DE 2015

## AGRADECIMIENTOS

La presente monografía está dedicada a todas esas personas que creyeron en mí, que poco a poco me vieron crecer,

**A mi Universidad** que me brindó las herramientas necesarias para desempeñarme fuera de ella,

**A cada uno de mis compañeros** por esos momentos compartidos a su lado, por ese conocimiento transmitido,

**A mis maestros** por el apoyo incondicional que obtuve y especialmente a mi asesor el Médico Veterinario Zootecnista Pedro Antonio Robles Trillo que apoyo y guio mi camino en la realización de la presente monografía.

“He sido un hombre afortunado, en la vida nada me ha sido fácil”

Sigmund Freud

## DEDICATORIA

**A mis padres y hermanos**, por brindarme las herramientas necesarias para crear sueños y poder hacerlos realidad, por sus desvelos, por esa motivación, empeño y confianza que imprimieron en mí.

**A mis abuelos**, de los cuales aprendí mil cosas y que a pesar de ya no estar presentes siguen estando en mi corazón y mi vida profesional.

**A mis compañeros y amigos** por el apoyo incondicional que me brindaron, por enseñarme a trabajar en equipo y abrir nuevos horizontes.

**A las demás personas** que desde principio estuvieron a mi lado, brindándome aliento, esperanza, compañía y demás.

# INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIA .....	II
INDICE .....	III
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IV
RESUMEN .....	V
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Acidosis ruminal.....	3
2.2 Probiótico o aditivos ruminales microbianos administrados directamente.....	7
2.3 Levaduras como DFM.....	9
2.3.1 Uso de levadura y fermentación ruminal. ....	10
2.3.1 Uso de levaduras en animales de reemplazo.....	14
2.3.2 levaduras como DFM en vacas lecheras. ....	16
2.4 Uso de bacterias como DFM.....	21
2.5 Necesidades de información sobre el uso de DFM en la alimentación .....	26
3. CONCLUSIÓN.....	27
4 LITERATURA CITADA .....	29

## Índice de figuras

Figura 1. Esquema de formación de los ácidos grasos volátiles en el rumen. ....	8
<b>Figura 2. Dimensiones de las papilas ruminales de becerras infectadas con Salmonella (Control y tratadas SCFP) (P 0.05).</b> .....	15
Figura 3. Dosis respuesta de la inclusión gradual de cultivo levadura (YC eje x, 0 10, 30, 50 g/d) en dietas con concentraciones bajas (LS) y altas de almidón sobre la digestibilidad de la FDN y FAD almidón las dietas de vaquillas. ....	16
Figura 4. Promedio de producción de leche durante las primeras 18 semanas de lactancia de vacas alimentadas con dietas basadas en ensilaje tratadas y no con <i>S. cerevisiae</i> 10 g/d .....	17
Figura 5. Efecto de la fase de alimentación sobre la producción diaria de leche. El rectángulo indica los 3 días de reto a la acidosis ruminal. ....	25
Figura 6. Efecto de los aditivos microbianos sobre la producción de leche (kg/d) en fase de SARA. Los tratamientos son representados por: CON= Control, EF = <i>Enterococcus faecium</i> [(mezcla de 3 cepas <i>E. faecium</i> 1 ( $1.2 \times 10^9$ ufc/g), <i>E. faecium</i> 2 ( $1.2 \times 10^9$ ufc/g), <i>E. faecium</i> 3 ( $1.3 \times 10^7$ ufc/g) ; EFSC = EF + <i>S. cerevisiae</i> ( $1 \times 10^9$ ufc/g); EFLL = EF + <i>Lactobacillus Lactis</i> 11037 ( $2.8 \times 10^9$ ufc/g). Barras de error indican ESM.....	26

## RESUMEN

La producción lechera requiere que las vacas reciban carbohidratos para mantener su salud ruminal y producciones elevadas, sin embargo el desbalance en fracciones ellos puede provocar acidosis ruminal, que lesiona el rumen y provoca trastornos sistémicos en la vaca. Una herramienta para mitigar esos efectos la constituyen los aditivos microbianos administrados directamente o probióticos, los cuales pueden ser bacterias (*Lactobacillus*, *Enterococcus* y *Bacillus*) y levaduras, destacando dentro de sus mecanismos de acción destacan la modificación del pH, producción de AGV, amoníaco, metano, digestibilidad de la materia orgánica, modificación del desarrollo de las poblaciones microbianas, el flujo de aminoácidos al intestino delgado, el rendimiento de leche y sus componentes, secuestro de aflatoxinas, y disminución de los efectos de bacterias patógenas como *Salmonella*. Su uso se diversifica en el ganado bovino productor de leche a animales de reemplazo y en producción, explotados tanto en condiciones de estabulación y pastoreo. Bajo los alcances de esta revisión de literatura, se concluye que los aditivos microbianos administrados directamente, son una herramienta útil que coadyuva en la producción de alimentos de origen animal para el consumo humano, sin embargo se requiere información adicional que extienda las explicaciones sobre la evolución de las poblaciones microbianas ruminales y su efecto en la producción e vitaminas del complejo B, sobre los efectos sobre el metabolismo ruminal y sistémico de minerales, el efecto sobre el desarrollo de las papilas ruminales, el efecto sobre la respuesta del sistema inmune, los efectos sobre el CMS y de la ganancia de peso en animales en crecimiento.

**Palabras clave:** Probióticos, bovinos productores de leche, alimentación, levaduras, bacterias

## 1. INTRODUCCIÓN

La producción de leche requiere que el ganado reciba una dieta con grandes concentraciones de carbohidratos (no estructurales, CNE y estructurales, CE) para que soporte por un lado las demandas energéticas pero también para mantener la salud ruminal (Abrahamse, Vlaeminck et al. 2008), estos componentes son degradados por los microorganismos ruminales (mayoritariamente por bacterias y protozoarios), que desempeñan un papel importante en el aprovechamiento de la dieta (Desnoyers, Giger-Reverdin et al. 2009).

El exceso de CNE provoca una acidosis ruminal subaguda (ARSA) caracterizada por un descenso en el pH ruminal (Menor a 6.00) y por un período mínimo de 5 horas (Li, Khafipour et al. 2012, Schlau, Guan et al. 2012, Steele, Alzahal et al. 2012, Steele, Dionissopoulos et al. 2012). En sistemas de producción intensiva, la acidosis ruminal afecta desde el 14 hasta el 40% de los animales en el hato, generando pérdidas por arriba de 9 millones de dólares (Calsamiglia, Cardozo et al. 2008).

Callaway and Martin (1997) mencionan que esto es debido a que los rumiantes son capaces de producir importantes cantidades de lactato y lacto bacilos en el retículo-rumen en condiciones naturales de acidez (i.e. raciones con elevado concentrado). Resulta así que uno de los puntos de mayor interés del empleo de probióticos en rumiantes es controlar la acumulación de lactato en el rumen, lo que se intenta conseguir por medio de la estimulación de los microorganismos utilizadores de lactato y estimuladores de la síntesis de propionato.

Las bacterias como aditivo microbiano, se emplearon inicialmente por sus efectos benéficos postruminalmente, basados en el mantenimiento del equilibrio de la microbiota del aparato digestivo, la mayoría de las bacterias que se utilizan como aditivos pertenecen a los géneros *Lactobacillus*, *Enterococcus* y *Bacillus* y tienen efectos benéficos postruminalmente ya que limitan la proliferación de especies potencialmente patógenas. Sin embargo, ciertos aditivos microbianos de origen bacteriano pueden además, mejorar las funciones ruminales (Ghorbani, Morgavi et al. 2002), aunque también se utilizan levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) y hongos (*Aspergillus oryzae*) (Martin and Nisbet 1992).

El uso de probióticos o aditivos microbianos administrados directamente en el rumen en la alimentación de ganado se ha estudiado para contrarrestar los efectos de la acidosis ruminal a través de la modificación de las poblaciones microbianas y su fermentación, para medir la respuesta productiva de animales de reemplazo y la respuesta en vacas en producción, lo que incluye la composición de la leche. Cabe señalar que se han estudiado cultivos de levaduras y otros microorganismos como bacterias como ya se señaló anteriormente.

Por tal razón, el objetivo de este trabajo fue el de hacer una revisión de literatura sobre el uso de aditivos microbianos administrados directamente al rumen en el ganado.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

Los rumiantes requieren en su dieta el aporte balanceado de carbohidratos, los cuales pueden ser estructurales (fibra) y no estructurales, para mantener la salud ruminal y producciones de leche elevadas, no considerar lo anterior puede derivar en trastornos metabólicos que comprometen la salud de la vaca, la producción y calidad de la leche.

### 2.1 Acidosis ruminal

En sistemas de producción intensiva, la acidosis ruminal afecta desde el 14 hasta el 40% de los animales en el hato, generando pérdidas por arriba de 9 millones de dólares (Calsamiglia, Cardozo et al. 2008). La acidosis ruminal subaguda (ARSA) es un problema común en hatos con producción elevada, pero son escasos los datos que cuantifican las pérdidas por ARSA. En un estudio de caso en un hato de 500 vacas se estimó que las pérdidas por ARSA pueden ser de \$1.12 (US dólar) por vaca por día. Las pérdidas que son atribuidas a ARSA incluyen la disminución de la producción de leche, reducción de la grasa en la leche, una pérdida general en la eficiencia de producción de leche, un incremento en la tasa de desecho debido a la laminitis (Gozho, Krause et al. 2007).

La acidosis ruminal aguda y subaguda tienen una etiología en común, pero son enfermedades clínicas muy diferentes. Las definiciones generales usadas en el ganado bovino productor de carne (BPC) son usadas en los bovinos productores de leche (BPL) (Owens, Secrist et al. 1998). En la acidosis ruminal aguda, el consumo excesivo de carbohidratos rápidamente fermentables da como resultado una disminución rápida y descompensada del pH ruminal. A medida que el pH desciende, las concentraciones de ácido

láctico aumentan afectando a las bacterias celulolíticas (Hook, Steele et al. 2011).

La acidosis ruminal subaguda (ARSA) se define por períodos de descenso moderado del pH (alrededor de 5.9 a 5.5) que son de duración entre aguda y crónica (AlZahal, Steele et al. 2009). Recientemente se ha agregado a la definición de ARSA el número de minutos al día que el pH debe estar por debajo de 6 y deberían ser al menos 5 horas (Gozho, Krause et al. 2006, AlZahal, Kebreab et al. 2008, Blanch, Calsamiglia et al. 2009, Bramley, Costa et al. 2013). La depresión del pH ruminal en BPL que padecen SARA es aparentemente debido a la acumulación total de AGV y del ácido láctico.

El ácido láctico no se acumula consistentemente en el fluido ruminal de BPL afectado con SARA (Oetzel, Nordlund et al. 1999); sin embargo se pueden observar frecuentemente durante el día picos transitorios de concentraciones de ácido láctico superiores a 20 mM (Kennelly, Robinson et al. 1999).

No es apropiado describir esta condición como crónica en el ganado BPL debido a que los episodios de disminución de pH están limitados a períodos cortos y se presentan entre el parto y cinco meses después, fuera de este rango de tiempo el riesgo de acidosis es muy bajo. En contraste, el ganado BPC estaría expuesto crónicamente a un descenso de pH entre 5.0 y 5.5 desde el inicio de la alimentación en corral y hasta el sacrificio de esos animales (Oetzel 2000).

La cascada de consecuencias fatales empieza cuando el pH del rumen baja de 5.5 las vacas que no recibieron una adaptación a cantidades elevadas granos, son particularmente susceptibles a la acidosis ruminal aguda, la causa probable es que esas vacas no desarrollaron en el rumen poblaciones

bacterianas viables que utilizan al ácido láctico y porque sus papilas ruminales son muy cortas e incapaces de absorber cantidades suficientes de AGV (AlZahal, Kebreab et al. 2008).

El progreso patológico y fisiológico de la acidosis ruminal aguda incluye concentraciones elevadas de ácido láctico, rumenitis peraguda, hiperosmolaridad, deshidratación y acidemia sistémica (Owens, Secrist et al. 1997). Los signos clínicos incluyen anorexia, dolor abdominal, taquicardia, taquipnea, diarrea, letargia, postración y muerte. Los protocolos de tratamientos específicos para la acidosis ruminal aguda se describen en detalle en varias revisiones. Las vacas que sobreviven a los efectos sistémicos iniciales de la acidosis ruminal aguda pueden sucumbir posteriormente a debido a complicaciones derivadas de rumenitis bacterianas y micóticas (Dirksen 1986, Kleen, Hooijer et al. 2003, Enemark 2008).

Cuando los rumiantes consumen cantidades excesivas de carbohidratos fermentables rápidamente se presentan disminuciones del pH ruminal. La capacidad inherente de cada vaca para amortiguar y absorber el ácido (láctico y ácidos grasos volátiles), determina cuanto descenderá su pH ruminal después de cada comida que contenga cantidades elevadas de carbohidratos fermentables (Dirksen 1985).

El ganado BPL y BPC están en igualdad de riesgo de desarrollar acidosis ruminal. Aunque el ganado BPL se alimenta con una cantidad mayor de forraje y fibra en comparación del BPC, su alimentación se caracteriza por un mayor consumo de MS. El consumo de carbohidratos no estructurales es a menudo similar ente el BPC y el BPL, por lo que la prevalencia de la acidosis ruminal es muy similar en ellos (Petri, Schwaiger et al. 2013).

El consumo diario total de carbohidratos fermentables ruminalmente depende por igual del consumo total de consumo de MS y de la densidad de los carbohidratos no estructurales (CNE) (Slyter 1976). Consumos elevados de MS se asocian con una disminución en el pH del rumen, por lo tanto el CMS elevado está íntimamente relacionado y es un factor determinante del pH ruminal, de tal forma que al incrementar los días en leche se incrementa el riesgo de la acidosis (Ametaj, Emmanuel et al. 2009). El pH varía considerablemente durante el curso del día y está determinado por la cantidad de carbohidratos fermentables en cada comida. El descenso de 0.5 a 1.0 unidad es común dentro de un período de 24 horas. Lo anterior representa un cambio de 5 a 10 veces en la concentración de los iones de hidrógeno en el rumen.

Por otra parte la frecuencia de alimentación (e.g. seis veces contra dos veces) disminuye la variación post alimentación del pH ruminal, pero también puede llevar a un aumento del CMS y por consiguiente terminar en una disminución del pH del rumen (Oetzel and Nordlund. 1998).

Además de la reducción del consumo de alimento, los animales rumiantes estabilizan el pH ruminal mediante amortiguadores de los ácidos orgánicos producidos por la fermentación ruminal de los carbohidratos. Para ello la vaca produce cantidades elevadas de amortiguadores, que están presentes en la saliva, y amortigua el pH del rumen ya que contiene cantidades elevadas de sodio, potasio, bicarbonatos y fosfatos (Van Soest 1994). Desafortunadamente, la producción de saliva no se dispara con el descenso del pH ruminal, pero está determinada ya sea por la cantidad de tiempo que la

vaca emplea en comer, rumiar y descansar (Maekawa, Beauchemin et al. 2002).

## 2.2 Probiótico o aditivos ruminales microbianos administrados directamente.

Los nutriólogos y microbiólogos se han preocupado por modificar la fermentación microbiana ruminal por lo que se ha despertado el interés por el estudio de aditivos de origen microbiano, surgiendo así la tendencia al empleo de los “probióticos”, tal vez la definición más adecuada sea la propuesta en 1992, según la cual los probióticos son: cultivos simples o mezclados de microorganismos vivos que, aplicados a los animales o al hombre, benefician al hospedador mejorando las propiedades de la microflora intestinal original. En 1989 la FDA (Food and Drug Administration) propuso a los fabricantes que utilicen el término aditivo microbiano (o DMF, direct fed-microbial, por sus siglas en inglés) en lugar de probiótico (Martin and Nisbet 1992).

Los microorganismos que constituyen los probióticos o aditivos microbianos son principalmente bacterias, hongos y levaduras capaces de producir ácido láctico, que son las más conocidas. En lo referente a las posibilidades de utilización de los DMF, lo anterior es una diferencia importante entre rumiantes y no rumiantes (Lesmeister, Heinrichs et al. 2004).

Las bacterias como aditivo microbiano, se emplearon inicialmente por sus efectos benéficos postruminalmente, basados en el mantenimiento del equilibrio de la microbiota del aparato digestivo, la mayoría de las bacterias que se utilizan como aditivos pertenecen a los géneros *Lactobacillus*, *Enterococcus* y *Bacillus* y tienen efectos benéficos postruminalmente ya que limitan la proliferación de especies potencialmente patógenas. Sin embargo, ciertos aditivos microbianos de origen bacteriano pueden además, mejorar las

funciones ruminales (Ghorbani, Morgavi et al. 2002), aunque también se utilizan levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) y hongos (*Aspergillus oryzae*) (Martin and Nisbet 1992).

Callaway and Martin (1997) mencionan que esto es debido a que los rumiantes son capaces de producir importantes cantidades de lactato y lacto bacilos en el retículo-rumen en condiciones naturales de acidez (i.e. raciones con elevado concentrado). Resulta así que uno de los puntos de mayor interés del empleo de probióticos en rumiantes es controlar la acumulación de lactato en el rumen, lo que se intenta conseguir por medio de la estimulación de los microorganismos utilizadores de lactato y estimuladores de la síntesis de propionato (figura 1).

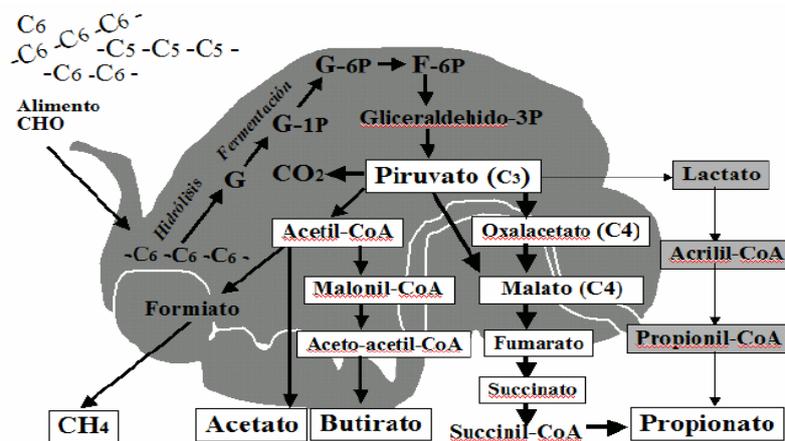


Figura 1. Esquema de formación de los ácidos grasos volátiles en el rumen.

Por otra parte Newold (1996) llevaron a cabo un estudio para determinar un mecanismo de acción mediante el cual actúa *Saccharomyces cerevisiae*, demostrando que la actividad respiratoria de esa levadura protege a las bacterias ruminales del daño provocado por el O<sub>2</sub>, en esta prueba demostraron que la adición de levadura (1.3 mg/ml) in vitro al fluido ruminal incremento las tasa de desaparición el O<sub>2</sub> en 46 a 89%.

Por otra parte, Allen y Yang (2012) demostraron que el uso de productos de la fermentación de *S. cerevisiae* (SCPF) a razón de (56 g/cabeza) en dietas para vacas Holstein canuladas ruminal e intestinalmente no afectaron el CMS, rendimiento de leche y sus componentes, pero se reduce la tasa de digestión de almidón para vacas con consumos más elevados de materia seca, lo cual puede estabilizar el medio ruminal cuando el animal consume cantidades elevadas de almidón para soportar producciones de leche altas.

### 2.3 Levaduras como DFM

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. Sin embargo, se clasifica a las levaduras en dos grandes grupos: El cultivo de levaduras que son producidos a través de la fermentación y contienen subproductos que no depende de los cultivos de la levadura, o no que no son dependientes de que estén vivas y productos de la levadura activos secos, que por definición pueden contener más de 5 billones de levadura vivas/gramo (Poppy, Rabiee et al. 2012).

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, 9) estimulan el crecimiento de bacterias degradadoras de fibra, 10) estimulan el crecimiento de bacterias utilizadoras de lactato (Allen and Ying 2012).

Dentro de los aspectos modernos de la nutrición del rumiante, el uso de las levaduras es una práctica que empieza a convertirse en rutina en una gran cantidad de fincas ya que existen investigaciones científicas donde se demuestra los beneficios de la levadura sobre el ambiente ruminal, el consumo de materia seca, la digestión y la absorción de nutrientes (Sullivan and Martin 1999, Mwenya, Santoso et al. 2005).

### 2.3.1 Uso de levadura y fermentación ruminal.

El uso de las levaduras, solas o en combinación con otros microorganismos, ha sido estudiada para determinar el efecto que tienen sobre la fermentación ruminal (pH, producción de AGV, amoníaco, digestibilidad de MO) tanto en ganado productor de carne (Williams, Tait et al. 1991), así como en productor de leche. También se ha estudiado el efecto de estos microorganismos sobre el desarrollo de las poblaciones microbianas que degradan carbohidratos y proteínas.

Yoon y Stern (1996) utilizaron cuatro vacas Holstein canuladas ruminalmente para examinar los efectos de las suplementación de cultivos de *Saccharomyces cerevisiae* y *Aspergillus oryzae* sobre la la población y fermentación ruminal. Los tratamientos consistieron de 1) dieta basal (DB) 2) DB + 57 gr de cultivo de levadura CLV, 3) DB más 3 gr de cultivo de hongo CHG, 4) 57 gr de CLV y 3 gr CHG. El pH ruminal y as concentraciones de AGV y amoníaco no variaron entre tratamientos. La mezcla de isoácidos no fue afectada por la combinación de CLV y CHG. La adición de CHG aumentó el conteo de bacterias celulolíticas y proteolíticas. Los resultados de este experimento demuestran que los cultivos de hongos y levaduras pueden influenciar la fermentación y poblaciones microbianas ruminales.

Sullivan y Martin (1999) demostraron que la incorporación del cultivo de *S. cerevisiae* (0.35 y 0.73 g/L) dentro de una mezcla de microorganismos ruminales fermentando maíz, maltosa o lactato tuvo poco efecto sobre el pH final y los productos de la fermentación. Sin embargo, en presencia de heno de alfalfa o de zacate bermuda de la costa el cultivo de *S. cerevisiae* incrementó las concentraciones de algunos productos de la fermentación y numéricamente aumentó la tasa de desaparición in vitro de la MS del forraje.

Por otra parte Lila et al. (2004) estudiaron los efectos de concentraciones diferentes (0,33, 0.66, 0.99 y 1.32 g/L) de dos cepas de células vivas de *S. cerevisiae* sobre una mezcla de microorganismos fermentando almidón de maíz, papa, y heno de zacate Sudán (60.5% de la MS) más una mezcla de concentrado (39.5%). La adición de *S. Cerevisiae* incrementó linealmente ( $P = 0.008$ ) la cantidad total de AGV en todos los subtratos, así como una disminución lineal de lactato en todos los tratamientos ( $P = 0.008$ ).

Mullins et al. (2013) usaron el análisis cuantitativo de PCR (qPCR) en tiempo real para estudiar el efecto de incluir o no producto de la fermentación de *S. cerevisiae* (SCFP) sobre la dinámica de los microorganismos ruminales, utilizaron un diseño cruzado con 15 vacas Holstein canuladas ruminalmente a las que se colecto muestras de sólidos y líquidos mediante evacuación total del contenido ruminal 48 horas pre y post alimentación. Después se separó la flora microbiana mediante el qPCR. No hubo efectos de tratamiento en ninguna población microbiana estudiada, sólo al incrementar el CMS hubo un descenso cuadrático de *E. ruminantium* en los animales del grupo control y un incremento cuadrático de esas bacterias en las dietas con SCFP.

Callaway y Martin (1997) determinaron que el cultivo de levadura (*S. cerevisiae*) incrementó las concentraciones de acetato y ácidos grasos volátiles que fueron producidos por *Selenomona ruminantium* HD4 e incrementaron las concentraciones de propionato y AGV producidos por *S. ruminantium* H18 pero no alteraron la formación de productos finales de *M. elsdenii* o de bacterias celulolíticas. Los resultados colectivos de este experimento sugieren que el cultivo de levadura proporciona factores solubles de crecimiento (ácidos orgánicos, vitaminas del complejo B y aminoácidos) que estimulan las bacterias que estimulan el crecimiento de bacterias ruminales que utilizan lactato y digieren celulosa.

Doreau et al., (1998) investigaron el efecto de la adición de cultivo de levadura (0.5 g,  $6 \times 10^8$  ufc) y control sin levadura a dietas para vacas basadas en ensilaje de maíz sobre la digestibilidad ruminal y total de la materia orgánica, número de protozoarios ruminales, concentraciones de pH, N amoniacal y ácidos grasos volátiles. Estas variables no fueron modificadas por la adición de *S. cerevisiae* por lo que estos investigadores concluyeron que no se demostró un efecto de esta levadura sobre estos procesos digestivos.

La administración de 10 gr por día de *S. cerevisiae* incrementan la cantidad de consumo de MS y la producción de leche, con una disminución del pico de producción de ácido láctico (1.93 a 1.73 mM). El flujo de metionina y el perfil de aminoácidos fueron afectados significativamente por la suplementación del cultivo de levadura por lo se sugiere que la levadura puede alterar el perfil de aminoácidos de las proteínas bacterianas (Erasmus, Botha et al. 1992).

Hristov et al. (Hristov, Varga et al. 2010) administraron 56 g por cabeza por día de *S. cerevisiae* a ocho vacas canuladas ruminalmente las que no mostraron diferencias, con respecto a las no tratadas, en el pH ruminal pero las concentraciones de amoníaco ruminal mostraron una tendencia a disminuir en las vacas con levadura, lo que pudo incrementar la síntesis de proteína microbiana, por último las emisiones de metano y amoníaco disminuyeron con la administración de *S. cerevisiae*.

Alzahal et al. (2014) investigaron el efecto de la administración de  $8 \times 10^{10}$  ufc de *S. cerevisiae* activa seca (SCAS) sobre el CMS, rendimiento de leche y sus componentes, pH ruminal y comunidad microbiana durante un régimen que permitió el desarrollo de acidosis ruminal. Comparado con la dieta control (77 % forraje y 23% concentrado) las vacas con SCAS mejoraron el pH ruminal, así como redujeron 2.2 veces *Prevotella albensis* que es una bacteria dominante en SARA y responsable de la producción de lipopolisácaridos productores de inflamación ruminal; además ADSC incrementó la cantidad de 3 veces *Streptococcus bovis* y 12 veces *Megasphaera elsdenii* esta reducción puede reflejar una concentración menor de ácido láctico en vacas con SCAS.

Dogi et al. (2011) evaluaron la habilidad de tres variedades de *S. cerevisiae* para sobrevivir en condiciones ruminales y gastrointestinales y para enlazarse con aflatoxina B1 (AFB1), demostrando que todas las levaduras fueron capaces de sobrevivir, pero la cepa RC016 mostró la mayor capacidad de enlace con AFB1 en los tres pH ruminales probados. Además el número de bacterias celulolíticas, así como la concentración acetato y propionato en el fluido ruminal incrementaron con la presencia de las cepas RC008 y RC016. Se concluye que las cepas de *S. cerevisiae* RC08 y RC016 son viables como

probióticos y con capacidad de absorción de micotoxinas para ser usados en la alimentación animal.

Los productos basados en *Saccharomyces cerevisiae* se han utilizado para controlar la emisión de metano en el ganado. Bayat et al., (2015) evaluaron el efecto de dos cepas de *S. cerevisiae* vivas administradas a vacas Ayrshire alimentadas con una ración completamente mezclada (forraje 50% y concentrado 50%, teniendo como resultado una reducción en la cantidad excretada de metano y CO<sub>2</sub>.

Por su parte, Chung et al., (2011) utilizaron dos cepas activas y secas de *S. cerevisiae* (Levusel SC y Lallemand Animal Nutrition) administradas a vacas no lactantes con una ración constituida por el 50% de concentrado y forraje las cuales disminuyeron la excreción de CH<sub>4</sub> pero incremento el riesgo de acidosis ruminal, por lo que es conveniente evaluar su uso en dietas altas en forraje con poco riesgo e acidosis ruminal.

### 2.3.1 Uso de levaduras en animales de reemplazo

Brewers et al. (2014) llevaron a cabo un estudio para determinar el efecto de la administración en el sustituto de leche y grano de *S. Cerevisiae* sobre el grado de colonización por *Samonella* entérica serotipo Tiphymurium en becerras, demostrando que las becerras tratadas con la levadura mencionada, desarrollando mejor las papilas ruminales en los animales tratados que en los infectados (figura 2) y fueron marcadamente menos susceptibles a la infección, teniendo temperaturas rectales menores que los animales sin tratar (figura 3).

La adición de *Saccharomyces cerevisiae* agregado a iniciadores texturizados de becerras a niveles de 0 (control), 1 o 2% de la MS para determinar su efecto sobre el consumo, crecimiento, parámetros sanguíneos y

desarrollo ruminal arrojó como resultado que las becerras tratadas desde el segundo hasta el día 45 de edad tuvieron una respuesta más significativa en esas variables cuando se influyó la levadura en el 2% de la materia seca (Lesmeister, Heinrichs et al. 2004).

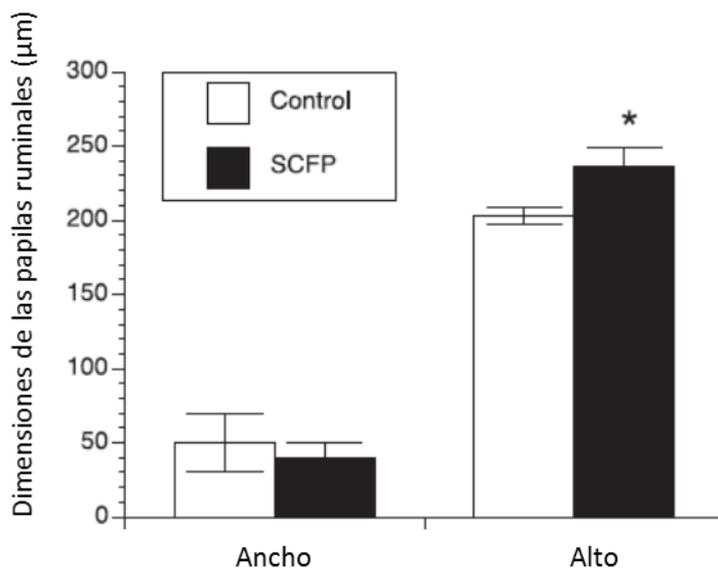


Figura 2. Dimensiones de las papilas ruminales de becerras infectadas con Salmonella (Control y tratadas SCFP) (P 0.05).

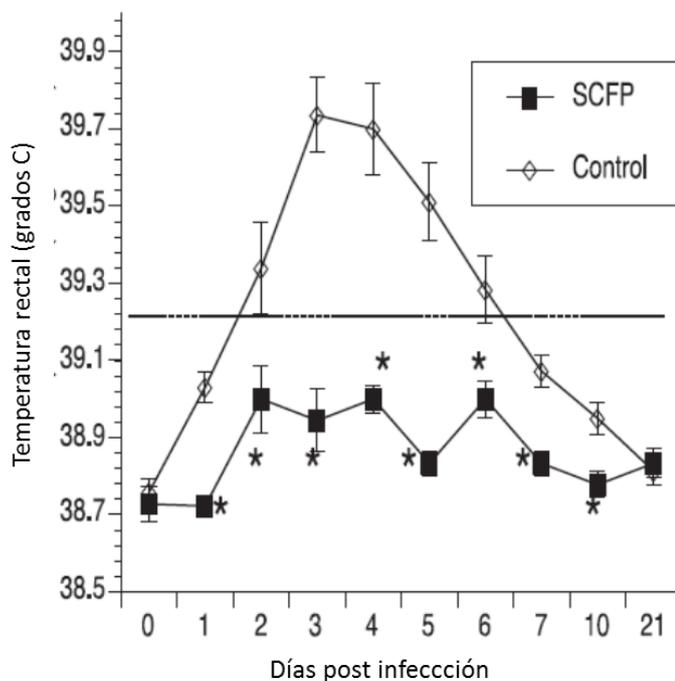
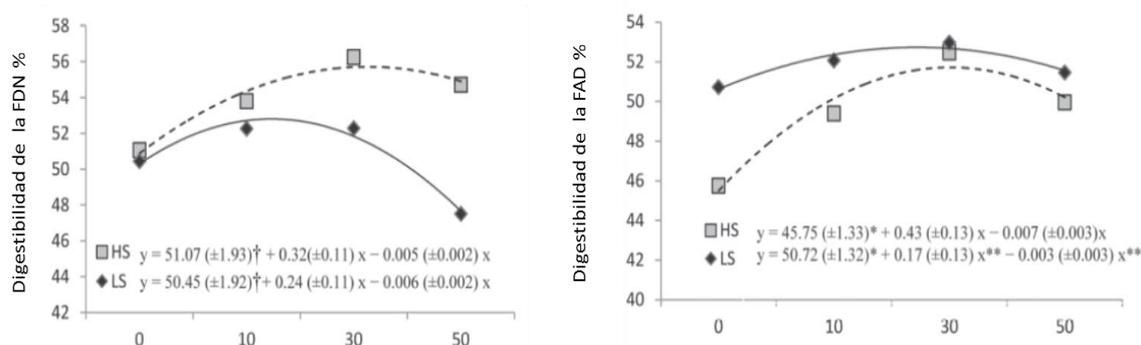


Figura 3. Temperatura rectal y tiempo transcurrido en becerras Holstein infectadas con Salmonella y tratadas con productos de fermentación y el grupo control.

La adición de *S. cerevisiae* se estudió en vaquillas (423 kg de PV) en crecimiento y se ha demostrado, que animales que se les administró una dieta con concentraciones altas y bajas de almidón en la dieta y con niveles crecientes de adición de cultivo de levadura (0, 10, 30 y 50 g/d), mejora la digestibilidad de la FDN, no así con la digestibilidad de la FAD con concentraciones de 30 g/d de levadura (figura 4). La adición de levadura tuvo un efecto diferente sobre las cantidades de glucosa y triglicéridos sanguíneos de acuerdo a las concentraciones de almidón en las dietas, por lo que se requiere estudiar los patrones de fermentación ruminal y la dinámica de las poblaciones microbianas ruminales para aclarar los resultados de digestibilidad y de metabolitos sanguíneos encontrados en este experimento (Lascano, Heinrichs et al. 2012).

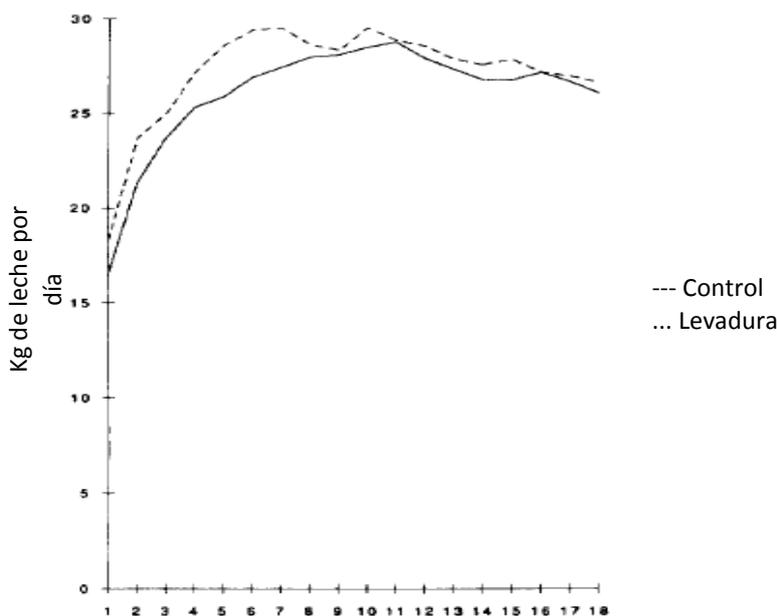


**Figura 4. Dosis respuesta de la inclusión gradual de cultivo levadura (YC eje x, 0 10, 30, 50 g/d) en dietas con concentraciones bajas (LS) y altas de almidón sobre la digestibilidad de la FDN y FAD almidón las dietas de vaquillas.**

### 2.3.2 levaduras como DFM en vacas lecheras.

Wholt et al. (1991) estudiaron el efecto de la adición de 10 gr ( $5 \times 10^9$ ) de *Saccharomyces cerevisiae* (CLV) en vacas en transición (-30 parto a 30 días postparto) alimentadas con ensilaje y heno de alfalfa. Las vacas alimentadas con CLV picaron antes y tuvieron más rendimiento de leche que las vacas que no recibieron levadura (figura 5). Además la digestibilidad de la

proteína y la celulosa fue más alta en las vacas que recibieron CLV, que se interpreta como una explicación al mayor consumo de MS de esas vacas.



**Figura 5. Promedio de producción de leche durante las primeras 18 semanas de lactancia de vacas alimentadas con dietas basadas en ensilaje tratadas y no con *S. cerevisiae* 10 g/d**

Al evaluar los efectos del cultivo de *S. cerevisiae* 1026 suministrado con o sin premezcla de vitaminas y minerales quelados sobre algunos intermediarios y productos finales involucrados en los constituyentes de la síntesis de la leche en vacas en lactancia inicial (30 días) no se encontraron diferencias en el nivel de glucosa, contenido de minerales y actividad enzimática del suero sanguíneo. El incremento insignificante encontrado en la proteína total de la sangre y las diferencias simultáneas pequeñas en los valores de nitrógeno ureico en sangre y el nitrógeno ureico en leche con la adición de levaduras se asoció con una mayor incorporación de amoníaco dentro de las proteínas microbianas del rumen que aumentaron el suministro

de proteína para la síntesis de leche disminuyendo la pérdida de nitrógeno (Iwanska, Strusinska et al. 1999)

Nocek et al., (2003) demostraron que en el período postparto las vacas que recibieron 21 días antes del parto cultivo de levadura (CLV) y cultivo de *Enterococcus faecium* produjeron más leche y proteína en la leche en comparación de las vacas que no los consumieron. Así mismo, los niveles de glucosa e insulina fueron mayores y los niveles de ácidos grasos no esterificados (AGNE) fueron menores en vacas alimentadas con DFM, lo cual sugiere que estas vacas tratadas movilizan cantidades menores de tejidos de reserva en el posparto.

Al Ibrahim et al., (2010) evaluaron el efecto de la administración de levadura viva (CLV) y la condición corporal (BCS, por sus siglas en inglés) al parto sobre la producción de leche, estado metabólico y fisiología ruminal de vacas Holstein en posparto, los tratamientos fueron la BCS (baja;3.5 y alta :3.5) y la SLV (no suplementadas, 2.5 y 10 g de SLV por vaca antes y después del parto), con una dosis de 10(9) ufc de *S. cereviseae*. Se obtuvo líquido ruminal a través ruminocentesis para todas las vacas a los 7 y 21 posparto. La CLV afectó el rendimiento lácteo, CMS, pH ruminal o la concentración de los metabolitos en sangre de las vacas sin importar la BSC. Se concluye que la alimentación no mejoró significativamente los indicadores que reflejan el estado energético de las vacas.

Posteriormente Allbrahim et al. (2010) evaluaron el efecto del arreglo experimental descrito anteriormente sobre el estado energético y reproductivo de vacas en período postparto, encontrando que las vacas con una BSC mayor consumieron y produjeron y tuvieron un balance energético más exacerbado

que las de menor condición corporal, por otra parte la CLV incrementó la concentración de insulina ( $P < 0.05$ ) y tendió a incrementar el pico preovulatorio de las concentraciones de estradio al y el tamaño del primer folículo ovulatorio ( $P = 0.09$ ).

La combinación de cepas de *Enterococcus faecium*  $5.0 \times 10^9$  de ufc/d y *S. cerevisiae*  $2.0 \times 10^9$  de ufc mezcladas con 0.5 kg de maíz molido fue administrado a vacas 3 semanas antes del parto y concluyó 10 semanas después del mismo para determinar la BSC no varió por efecto del tratamiento antes ni después de 9 semanas del parto. El tratamiento no afectó las concentraciones de beta-hidroxibutirato, ácidos grasos no esterificados y glucosa. El CMS, la producción y composición de la leche, sin embargo tuvo un efecto positivo sobre la digestibilidad total del almidón. Se requieren más estudios para investigar los efectos (AlZahal, McGill et al. 2014).

Zaworski et al., (2014) evaluaron el efecto del producto de la fermentación de *Saccharomyces cerevisiae* (SCFP) en dietas para vacas Holstein en transición en tres tratamientos: Control 0, 56 y 112 gr de SCFP. Los muestreos se hicieron en los días -21, -14, -7, -3, -1, 0, 1, 3, 7, 14, 21 y 28 postparto para medir las concentraciones séricas de macrominerales, metabolitos, proteínas de fase aguda, inmunoglobulinas y hormonas. Durante las primeras cuatro semanas postparto la alimentación con SCFP vs las no alimentadas disminuyó el CCS en leche e incrementó la producción de leche y las concentraciones de fósforo sérico. No hubo diferencias entre los tratamientos con dos dosis de SCFP.

Nocek et al., (2011) estudiaron la administración de cultivo de levaduras 56 g/D (CLV) y CLV más levadura enzimáticamente hidrolizada 28 g/d

(CLV+LEH) y un grupo control (GC) a vacas antes del parto y hasta 14 semanas de lactancia. Las vacas con CLV y CVL+LEH produjeron más leche, leche corregida a grasa y energía corregida a grasa que las vacas del grupo control. El porcentaje de proteína fue mayor en el tratamiento CVL+LEH que en CVL y en el GC (2.98, 2.93 y 2.91%, respectivamente). El conteo de células somáticas fue más alto para las vacas GC y las de CLV en comparación del CVL+LEH. La suplementación de CVL+LEH aumentó el porcentaje de proteína en leche y mejoró la salud de la glándula mamaria de las vacas.

En dos granjas lecheras se evaluó la administración del producto de la fermentación de *Saccharomyces cerevisiae* (SCFP) sobre el rendimiento lácteo, cambios en metabolitos en plasma y las concentraciones de lipopolisacáridos (LPS), se utilizaron vacas en lactancia inicial a media (21 a 140 DeL) asignadas al azar a los tratamientos control 0, 56 g/vaca/d de SCFP y su efecto se determinó por 28 días de suplementación. La administración de SCFP incremento el rendimiento lactacional de ambas granjas y el porcentaje de grasa se incrementó ( $P = 0.029$ ) del día 81 al 110 en las vacas tratadas. La suplementación con SCFP no tuvo efecto en las concentraciones de LPS en heces y mostró una tendencia a reducir sus concentraciones en plasma (Zhang, Yoon et al. 2013).

El uso de dietas con levaduras también ha sido estudiado en animales explotados para la producción de leche en condiciones de pastoreo.

Se estudió el efecto de la inclusión de cultivo de levadura (CLV) en animales en crecimiento con cantidades elevadas (CE) y bajas (CB) de concentrado, encontrando que el promedio de consumo de materia seca requerido para mantener una ganancia constante fue ligeramente reducido en

los tratamientos con CE y CLV. Las medidas esqueléticas y la ganancia de peso diaria no fueron afectadas por el CE y CLV, pero esta combinación de tratamientos mejoro la digestibilidad de la MS (Lascano, Zanton et al. 2009).

La administración de *S. cerevisiae* (60 gr/d) en vacas antes del parto que pastoreaban zacate altamente digestible no tuvo ningún efecto sobre la cantidad de forraje consumido (kg de MS/por vaca por día), ni en la cantidad de leche (kg/vaca por día), tampoco afectó las concentraciones de ácidos grasos no esterificados y beta-hidroxibutirato, sin embargo la levadura incremento la cantidad de lactosa sin afectar la producción de leche (Irvine, Freeman et al. 2011).

Se evaluaron dos estrategias iniciales de manejo nutricional (ENM): introducción abrupta a la pastura (AP) o una ración completamente mezclada (RCM) por 21 días seguida por una introducción gradual a la pastura (GP) por 7 días con cultivo de levadura (CLV) o sin cultivo (SCL) sobre la producción de leche, balance energético y variables reproductivas de vacas. Los resultados sugieren que alimentar a las vacas con una RCM seguida de GP puede mejorar el CMS y la actividad ovárica en relación al AP. Además los perfiles metabólicos sugieren un estado metabólico favorable para los animales con introducción gradual de pastura y que recibieron levadura en las dietas (Al Ibrahim, Whelan et al. 2013).

#### 2.4 Uso de bacterias como DFM

El uso de bacterias como DFM se ha empleado en ganado lechero en animales de reemplazo en los sustitutos de leche con resultados que no siempre tienen un efecto significativo para las becerras (Geiger, Ward et al. 2014).

Ellinger et al., (1980) asignaron a beceras al nacimiento a las dietas siguientes: 1) calostro fermentado, 2) calostro tratado con el 1% de ácido propiónico 3) leche entera tratada con *Lactobacillus acidophilus* (cultivo congelado,  $5 \times 10^8$  de organismos por litro). Las dietas se administraron por tres semanas y al 10% del peso corporal. Se colectaron heces fecales a los 0, 7, 14, y 21 días de edad y se analizaron para el conteo de coliformes y lactobacillus. Las dietas que contenían calostro fermentado no alteraron la cuenta de coliformes en las heces, pero el conteo disminuyó en las heces de los animales alimentados con *L. acidophilus*. Los conteos promedio de lactobacillus fecales fueron más bajos en las dietas con calostro que con las dietas basadas en leche.

Por su parte Novak (2012) evaluaron las características inmunológicas de 65 beceras en respuesta a la administración de *Bacillus* como DFM que se administraron en electrólitos. Se demostró que el tratamiento con *Bacillus* tuvo una influencia sobre el desarrollo de la respuesta inmune durante la fase de prueba.

Song et al (2014) evaluaron el efecto de *Bacillus subtilis natto* sobre la fermentación intestinal de vacas Holstein al inicio de lactancia, mediante el uso de 36 vacas que fueron asignadas al azar a tres tratamientos: Control sin *B. subtilis*, grupo BS1 con  $0.5 \times 10^{11}$  ufc de *B. subtilis* y grupo BS2 con  $1.0 \times 10^{11}$  ufc de la bacteria, la prueba se extendió por 63 días y los resultados mostraron que la adición de *B. subtilis natto* en cualquier nivel de tratamiento disminuyó la concentración fecal de  $\text{NH}_3\text{-N}$  pero no hubo efecto en el pH y AGV fecales. Este estudio demostró que *B. subtilis* tuvo una tendencia a modificar el balance de la microbiota fecal.

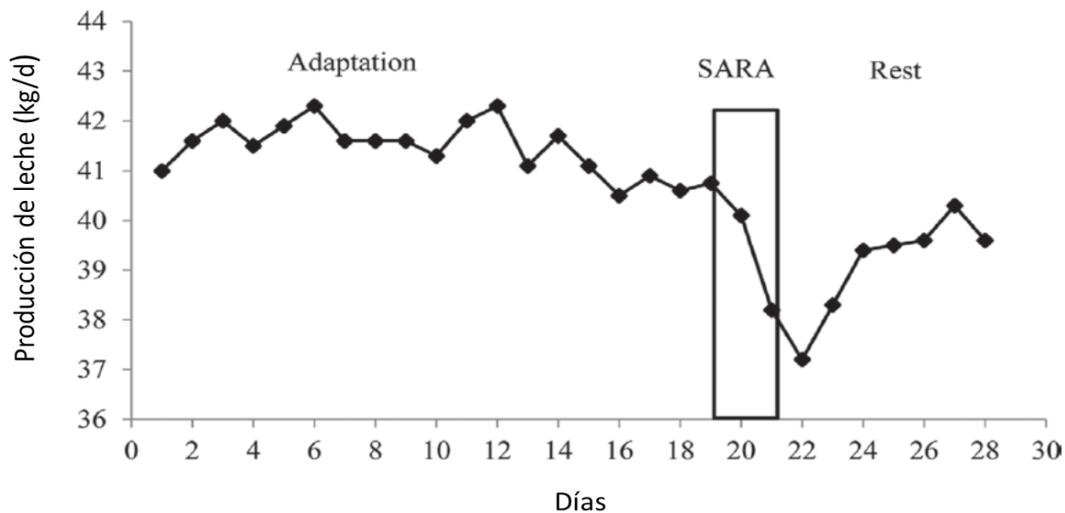
Por su parte Sun et al., (2013) realizaron dos experimentos para evaluar el efecto de *B. subtilis natto* sobre la producción de leche, la fermentación y microbiota ruminal. En el experimento 1, a la dieta le agregaron ya sea  $0.5 \times 10^{11}$  o  $1.1 \times 10^{8.119}$  ufc y de *B. subtilis natto* por 70 días de tratamiento a vacas Holstein en inicio de lactancia, los resultados demostraron un incremento lineal en la producción de leche, grasa corregida al 4%, energía corregida a leche y menos CSS el grupo que no recibió en la dieta a *B. subtilis*. Los resultados del experimento 2, realizado con vacas canuladas ruminalmente demostraron y que recibieron las mismas dosis de *B. subtilis* incrementaron las bacterias proteolíticas y amilolíticas del rumen.

Además el producto de la fermentación de *Bacillus subtilis natto* se utilizó en 36 vacas con 29 días en leche (DeL) a las que se asignaron a los 3 tratamientos: 0,6, y 12 g/d de *B. subtilis* para observar su efecto sobre metabolitos sanguíneos y la fermentación ruminal. El uso de este DFM disminuyó la cantidad de AGNE en plasma y el acetato ruminal, pero incrementó la cantidad de propionato ruminal. Estos hallazgos demuestran que el uso de este producto de la fermentación fue efectivo al aumentar la producción láctea en el inicio de la lactancia con la posibilidad de alterar la fermentación ruminal y sin efectos negativos sobre algunos metabolitos sanguíneos (Peng, Wang et al. 2012).

Los DFM también se han estudiado para determinar su efecto sobre animales que padecen acidosis ruminal en algunos casos se ha utilizado un solo microorganismo y en otros se ha evaluado el efecto de la combinación de ellos en las dietas del ganado.

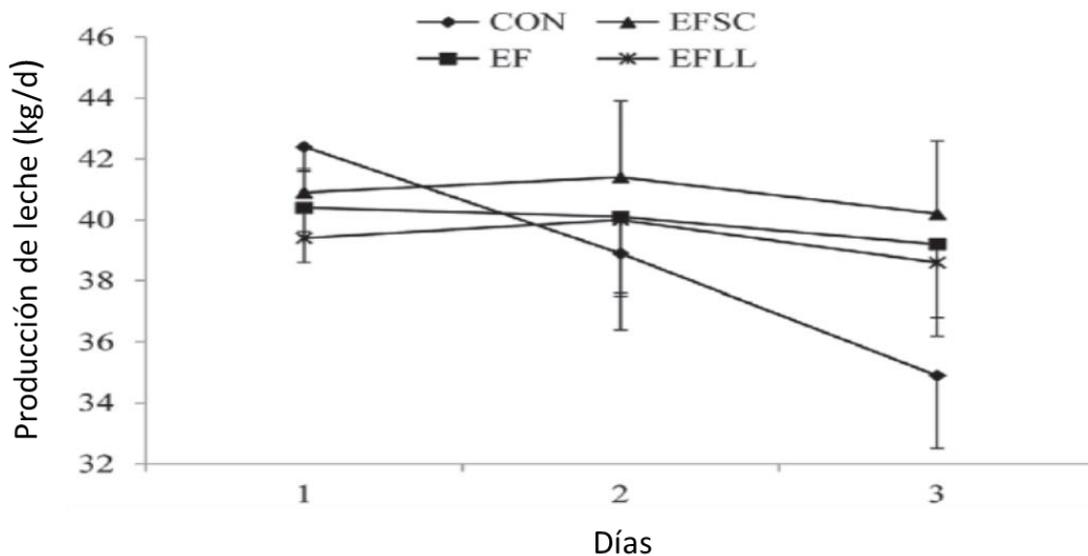
Ghorbani et al. (2002) utilizaron seis becerros de engorda recibiendo dietas altas en concentrado para evaluar el efecto de tres tratamientos: Control, *Propionibacterium* P15 (PP15) y PP15 y *Enterococcus faecium* (EF212) (PE) en ambos casos con 109 ufc/g y con dosis de 10 g por animal. Los tratamientos no afectaron el CMS el pH ruminal (media, mínimo, horas y área de pH menor 5.8 o menor 5.5), el uso de PE redujo numéricamente la cantidad de *Streptococcus bovis* y las concentraciones sanguíneas de CO<sub>2</sub>, lo cual es consistente con una reducción del riesgo de acidosis metabólica.

Chiquette et al (2015) evaluaron utilizaron cuatro vacas Holstein canuladas en un diseño cuadro latino 4x4: 1) Control (CON), 2) *E. faecium* (EF), 3) EF + *S. cerevisiae* (EFSC), 4) EF + *L. lactis* DSM 11037 (EFL). En cada período experimental consistió de 18 d de adaptación al respectivo DFM, 3 días de reto acidosis (ARSA) y 7 d de descanso. En las figuras 6 y 7 se muestra el efecto de las fases alimenticias y tratamientos sobre la producción de leche. Durante SARA la media de pH ruminal con EFSC (5.94) no fue diferente del EFL (5,95) y tendió a ser más alto que CON (5.82) o EF (5.82). El tratamiento EFSC fue mejor que EF sólo sobre las características de PH durante la fase de adaptación y SARA y sobre mantener el estatus de vitamina B12 ruminal durante SARA.



**Figura 6. Efecto de la fase de alimentación sobre la producción diaria de leche. El rectángulo indica los 3 días de reto a la acidosis ruminal.**

El periodo del secado de la vaca tiene un papel muy importante, porque no sólo en esa fase se determina la producción láctea, la actividad reproductiva subsecuente, sino que también se puede determinar el control de la mastitis. En las vacas en transición se observa frecuentemente una etapa de inmunosupresión, lo cual deja en extrema susceptibilidad a la glándula mamaria a infecciones por microorganismos. En esta etapa, los neutrófilos polimorfonucleares juegan un papel muy importante por la producción de especies reactivas al oxígeno (ERO) que tienen actividad bactericida, los cuales pueden determinarse por estudios de quimioluminiscencia (QML) (Kishikawa and Kuroda 2015).



**Figura 7. Efecto de los aditivos microbianos sobre la producción de leche (kg/d) en fase de SARA. Los tratamientos son representados por: CON= Control, EF = *Enterococcus faecium* [(mezcla de 3 cepas *E. faecium* 1 ( $1.2 \times 10^9$  ufc/g), *E. faecium* 2 ( $1.2 \times 10^9$  ufc/g), *E. faecium* 3 ( $1.3 \times 10^7$  ufc/g) ; EFSC = EF + *S. cerevisiae* ( $1 \times 10^9$  ufc/g); EFL = EF + *Lactobacillus Lactis* 11037 ( $2.8 \times 10^9$  ufc/g). Barras de error indican ESM.**

La aplicación intramamaria del producto comercial que contiene *Enterococcus faecium* SF68 (SF68) se estudió mediante un estudio de QML para determinar el grado de respuesta inflamatoria de las vacas tratadas con este microorganismo. Los resultados mostraron que en las vacas tratadas con SF68, los PMN tuvieron una mayor actividad y no se observó signos de inflamación mamaria y también se observó una mayor producción de ERO (Peng, Tiantong et al. 2013).

## 2.5 Necesidades de información sobre el uso de DFM en la alimentación

- Efecto de la combinación de probióticos (*E. faecium* + *S. cerevisiae*) sobre la población microbiana productora de vitamina B 12 en animales con acidosis ruminal.
- Estudiar el efecto de los productos de la fermentación de *S. cerevisiae* (PFSC) y otros modificadores de la fermentación ruminal sobre el CMS y digestibilidad ruminal en vacas en transición.

- Determinar si los efectos de los PFSC sobre el calcio sérico son causados por la diferencia en el CMS, la absorción de nutrientes, movilización del calcio del tejido corporal o una combinación de esos factores.
- Determinar si lo PFSC alteran específicamente la digestión del fitato o si las concentraciones elevadas de fósforo son causadas por un efecto directo general sobre el CMS, o de la digestión o de ambos.
- Determinar el efecto de los PFSC sobre mecanismos y componentes de la respuesta inmune de las vacas en transición.
- Determinar el efecto de la administración de los PFSC sobre el consumo y el estado metabólico e inmunológico de la vaca en transición.
- Determinar los mecanismos por los cuales los PFSC actúan sobre la inhibición de la colonización intestinal y crecimiento de Salmonella.
- Estudiar los mecanismos de acción mediante los cuales los PFSC mejoran la maduración de las papilas ruminales, el consumo de alimento y la ganancia de peso de las becerras pre destete.

### 3. CONCLUSIÓN

Bajo las condiciones de este estudios e concluye que el uso aditivos microbianos administrados directamente comprende una variedad de microorganismos dentro de los que se incluyen levaduras y bacterias. EL uso de levaduras tiende a nivel ruminal incrementar el pH ruminal, la producción de AGV, la digestibilidad de la MO y disminuir la concentración de ácido láctico en el rumen; así mismo el uso de estos microorganismos parece incrementar el

CMS y la producción de leche en las vacas con pocos días en leche, sin embargo esos resultados dependen de la cantidad de concentrado, la FDN o proteína de la ración. Por otra parte el uso de bacterias como probióticos parece estimular el sistema inmune en becerras como en vacas en las cuales podrían reducir la posibilidad de acidosis ruminal y mejorar la producción de leche.

#### 4 LITERATURA CITADA

- Abrahamse, P. A., B. Vlaeminck, S. Tamminga and J. Dijkstra (2008). "The effect of silage and concentrate type on intake behavior, rumen function, and milk production in dairy cows in early and late lactation." J Dairy Sci **91**(12): 4778-4792.
- Al Ibrahim, R. M., A. K. Kelly, L. O'Grady, V. P. Gath, C. McCarney and F. J. Mulligan (2010). "The effect of body condition score at calving and supplementation with *Saccharomyces cerevisiae* on milk production, metabolic status, and rumen fermentation of dairy cows in early lactation." J Dairy Sci **93**(11): 5318-5328.
- Al Ibrahim, R. M., S. J. Whelan, K. M. Pierce, D. P. Campion, V. P. Gath and F. J. Mulligan (2013). "Effect of timing of post-partum introduction to pasture and supplementation with *Saccharomyces cerevisiae* on milk production, metabolic status, energy balance and some reproductive parameters in early lactation dairy cows." J Anim Physiol Anim Nutr (Berl) **97 Suppl 1**: 105-114.
- Allbrahim, R. M., M. A. Crowe, P. Duffy, L. O'Grady, M. E. Beltman and F. J. Mulligan (2010). "The effect of body condition at calving and supplementation with *Saccharomyces cerevisiae* on energy status and some reproductive parameters in early lactation dairy cows." Anim Reprod Sci **121**(1-2): 63-71.
- AlZahal, O., L. Dionissopoulos, A. H. Laarman, N. Walker and B. W. McBride (2014). "Active dry *Saccharomyces cerevisiae* can alleviate the effect of subacute ruminal acidosis in lactating dairy cows." J Dairy Sci **97**(12): 7751-7763.
- AlZahal, O., E. Kebreab, J. France, M. Froetschel and B. W. McBride (2008). "Ruminal temperature may aid in the detection of subacute ruminal acidosis." J Dairy Sci **91**(1): 202-207.
- AlZahal, O., H. McGill, A. Kleinberg, J. I. Holliday, I. K. Hindrichsen, T. F. Duffield and B. W. McBride (2014). "Use of a direct-fed microbial product as a supplement during the transition period in dairy cattle." J Dairy Sci **97**(11): 7102-7114.

- AlZahal, O., M. A. Steele, E. V. Valdes and B. W. McBride (2009). "Technical note: the use of a telemetric system to continuously monitor ruminal temperature and to predict ruminal pH in cattle." J Dairy Sci **92**(11): 5697-5701.
- Allen, M. S. and Y. Ying (2012). "Effects of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on ruminal starch digestion are dependent upon dry matter intake for lactating cows." J Dairy Sci **95**(11): 6591-6605.
- Ametaj, B. N., D. G. Emmanuel, Q. Zebeli and S. M. Dunn (2009). "Feeding high proportions of barley grain in a total mixed ration perturbs diurnal patterns of plasma metabolites in lactating dairy cows." J Dairy Sci **92**(3): 1084-1091.
- Bayat, A. R., P. Kairenius, T. Stefanski, H. Leskinen, S. Comtet-Marre, E. Forano, F. Chaucheyras-Durand and K. J. Shingfield (2015). "Effect of camelina oil or live yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*) on ruminal methane production, rumen fermentation, and milk fatty acid composition in lactating cows fed grass silage diets." J Dairy Sci.
- Blanch, M., S. Calsamiglia, N. DiLorenzo, A. DiCostanzo, S. Muetzel and R. J. Wallace (2009). "Physiological changes in rumen fermentation during acidosis induction and its control using a multivalent polyclonal antibody preparation in heifers." J Anim Sci **87**(5): 1722-1730.
- Bramley, E., N. D. Costa, W. J. Fulkerson and I. J. Lean (2013). "Associations between body condition, rumen fill, diarrhoea and lameness and ruminal acidosis in Australian dairy herds." N Z Vet J **61**(6): 323-329.
- Brewer, M. T., K. L. Anderson, I. Yoon, M. F. Scott and S. A. Carlson (2014). "Amelioration of salmonellosis in pre-weaned dairy calves fed *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products in feed and milk replacer." Vet Microbiol **172**(1-2): 248-255.
- Calsamiglia, S., P. W. Cardozo, A. Ferret and A. Bach (2008). "Changes in rumen microbial fermentation are due to a combined effect of type of diet and pH." J Anim Sci **86**(3): 702-711.
- Callaway, E. S. and S. A. Martin (1997). "Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on ruminal bacteria that utilize lactate and digest cellulose." J Dairy Sci **80**(9): 2035-2044.

- Chiquette, J., J. Lagrost, C. L. Girard, G. Talbot, S. Li, J. C. Plaizier and I. K. Hindrichsen (2015). "Efficacy of the direct-fed microbial *Enterococcus faecium* alone or in combination with *Saccharomyces cerevisiae* or *Lactococcus lactis* during induced subacute ruminal acidosis." J Dairy Sci **98**(1): 190-203.
- Chung, Y. H., N. D. Walker, S. M. McGinn and K. A. Beauchemin (2011). "Differing effects of 2 active dried yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) strains on ruminal acidosis and methane production in nonlactating dairy cows." J Dairy Sci **94**(5): 2431-2439.
- Desnoyers, M., S. Giger-Reverdin, G. Bertin, C. Duvaux-Ponter and D. Sauvant (2009). "Meta-analysis of the influence of *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on ruminal parameters and milk production of ruminants." J Dairy Sci **92**(4): 1620-1632.
- Dirksen, G. (1985). "[The rumen acidosis complex--recent knowledge and experiences (1). A review]." Tierarztl Prax **13**(4): 501-512.
- Dirksen, G. (1986). "[Ruminal acidosis complex--new observations and experiences (2). A review]." Tierarztl Prax **14**(1): 23-33.
- Dogi, C. A., R. Armando, R. Luduena, A. de Moreno de LeBlanc, C. A. Rosa, A. Dalcero and L. Cavaglieri (2011). "*Saccharomyces cerevisiae* strains retain their viability and aflatoxin B1 binding ability under gastrointestinal conditions and improve ruminal fermentation." Food Addit Contam Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess **28**(12): 1705-1711.
- Doreau, M. and J. P. Jouany (1998). "Effect of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on nutrient digestion in lactating dairy cows." J Dairy Sci **81**(12): 3214-3221.
- Ellinger, D. K., L. D. Muller and P. J. Glantz (1980). "Influence of feeding fermented colostrum and *Lactobacillus acidophilus* on fecal flora of dairy calves." J Dairy Sci **63**(3): 478-482.
- Enemark, J. M. (2008). "The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA): a review." Vet J **176**(1): 32-43.
- Erasmus, L. J., P. M. Botha and A. Kistner (1992). "Effect of yeast culture supplement on production, rumen fermentation, and duodenal nitrogen flow in dairy cows." J Dairy Sci **75**(11): 3056-3065.

- Geiger, A. J., S. H. Ward, C. C. Williams, B. J. Rude, C. J. Cabrera, K. N. Kalestch and B. E. Voelz (2014). "Short communication: Effects of increasing protein and energy in the milk replacer with or without direct-fed microbial supplementation on growth and performance of preweaned Holstein calves." J Dairy Sci **97**(11): 7212-7219.
- Ghorbani, G. R., D. P. Morgavi, K. A. Beauchemin and J. A. Leedle (2002). "Effects of bacterial direct-fed microbials on ruminal fermentation, blood variables, and the microbial populations of feedlot cattle." J Anim Sci **80**(7): 1977-1985.
- Gozho, G. N., D. O. Krause and J. C. Plaizier (2006). "Rumen lipopolysaccharide and inflammation during grain adaptation and subacute ruminal acidosis in steers." J Dairy Sci **89**(11): 4404-4413.
- Gozho, G. N., D. O. Krause and J. C. Plaizier (2007). "Ruminal lipopolysaccharide concentration and inflammatory response during grain-induced subacute ruminal acidosis in dairy cows." J Dairy Sci **90**(2): 856-866.
- Hook, S. E., M. A. Steele, K. S. Northwood, J. Dijkstra, J. France, A. D. Wright and B. W. McBride (2011). "Impact of subacute ruminal acidosis (SARA) adaptation and recovery on the density and diversity of bacteria in the rumen of dairy cows." FEMS Microbiol Ecol **78**(2): 275-284.
- Hristov, A. N., G. Varga, T. Cassidy, M. Long, K. Heyler, S. K. Karnati, B. Corl, C. J. Hovde and I. Yoon (2010). "Effect of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on ruminal fermentation and nutrient utilization in dairy cows." J Dairy Sci **93**(2): 682-692.
- Irvine, L. D., M. J. Freeman, D. J. Donaghy, I. Yoon, G. Lee and J. R. Roche (2011). "Short communication: Responses to supplemental *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product and triticale grain in dairy cows grazing high-quality pasture in early lactation." J Dairy Sci **94**(6): 3119-3123.
- Kennelly, J. J., B. Robinson and G. R. Khorasani (1999). "Influence of carbohydrate source and buffer on rumen fermentation characteristics, milk yield, and milk composition in early-lactation holstein cows." J Dairy Sci **82**: 2486-2496.

- Kishikawa, N. and N. Kuroda (2015). "Chemiluminescence assay for the investigation of reactive oxygen species generator." Yakugaku Zasshi **135**(2): 191-196.
- Kleen, J. L., G. A. Hooijer, J. Rehage and J. P. Noordhuizen (2003). "Subacute ruminal acidosis (SARA): a review." J Vet Med A Physiol Pathol Clin Med **50**(8): 406-414.
- Lascano, G. J., A. J. Heinrichs and J. M. Tricarico (2012). "Substitution of starch by soluble fiber and *Saccharomyces cerevisiae* dose response on nutrient digestion and blood metabolites for precision-fed dairy heifers." J Dairy Sci **95**(6): 3298-3309.
- Lascano, G. J., G. I. Zanton, F. X. Suarez-Mena and A. J. Heinrichs (2009). "Effect of limit feeding high- and low-concentrate diets with *Saccharomyces cerevisiae* on digestibility and on dairy heifer growth and first-lactation performance." J Dairy Sci **92**(10): 5100-5110.
- Lesmeister, K. E., A. J. Heinrichs and M. T. Gabler (2004). "Effects of supplemental yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) culture on rumen development, growth characteristics, and blood parameters in neonatal dairy calves." J Dairy Sci **87**(6): 1832-1839.
- Li, S., E. Khafipour, D. O. Krause, A. Kroeker, J. C. Rodriguez-Lecompte, G. N. Gozho and J. C. Plaizier (2012). "Effects of subacute ruminal acidosis challenges on fermentation and endotoxins in the rumen and hindgut of dairy cows." J Dairy Sci **95**(1): 294-303.
- Lila, Z. A., N. Mohammed, T. Yasui, Y. Kurokawa, S. Kanda and H. Itabashi (2004). "Effects of a twin strain of *saccharomyces cerevisiae* live cells on mixed ruminal microorganism fermentation in vitro." J Anim Sci **82**(6): 1847-1854.
- Maekawa, M., K. A. Beauchemin and D. A. Christensen (2002). "Effect of concentrate level and feeding management on chewing activities, saliva production, and ruminal ph of lactating dairy cows." J Dairy Sci **85**: 1165-1175.
- Martin, S. A. and D. J. Nisbet (1992). "Effect of direct-fed microbials on rumen microbial fermentation." J Dairy Sci **75**(6): 1736-1744.
- Mullins, C. R., L. K. Mamedova, A. J. Carpenter, Y. Ying, M. S. Allen, I. Yoon and B. J. Bradford (2013). "Analysis of rumen microbial populations in

- lactating dairy cattle fed diets varying in carbohydrate profiles and *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product." J Dairy Sci **96**(9): 5872-5881.
- Mwenya, B., B. Santoso, C. Sar, B. Pen, R. Morikawa, K. Takaura, K. Umetsu, K. Kimura and J. Takahashi (2005). "Effects of yeast culture and galacto-oligosaccharides on ruminal fermentation in holstein cows." J Dairy Sci **88**(4): 1404-1412.
- Newbold, C. J., R. J. Wallace and F. M. McIntosh (1996). "Mode of action of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as a feed additive for ruminants." Br J Nutr **76**(2): 249-261.
- Nocek, J. E., M. G. Holt and J. Oppy (2011). "Effects of supplementation with yeast culture and enzymatically hydrolyzed yeast on performance of early lactation dairy cattle." J Dairy Sci **94**(8): 4046-4056.
- Nocek, J. E., W. P. Kautz, J. A. Leedle and E. Block (2003). "Direct-fed microbial supplementation on the performance of dairy cattle during the transition period." J Dairy Sci **86**(1): 331-335.
- Novak, K. N., E. Davis, C. A. Wehnes, D. R. Shields, J. A. Coalson, A. H. Smith and T. G. Rehberger (2012). "Effect of supplementation with an electrolyte containing a *Bacillus*-based direct-fed microbial on immune development in dairy calves." Res Vet Sci **92**(3): 427-434.
- Oetzel, G. R. (2000). Clinical aspects of ruminal acidosis in dairy cattle. In: Proceeding of the 33rd Annual Meeting on American Association of Bovine Practice. p 46-53.
- Oetzel, G. R., K. V. Nordlund and E. F. Garrett (1999). "Effect of ruminal pH and stage of lactation on ruminal lactate concentrations in dairy cattle." J Dairy Sci **82** (suppl 1): 38.
- Oetzel, G. R. and K. V. Nordlund. (1998). "Effect of dry matter intake and feeding frequency on ruminal pH in lactating dairy cows." J Dairy Sci **81** (Suppl 1): 297-310.
- Owens, F. N., D. S. Secrist, J. W. Hill and G. D. R. (1997). "The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: A review." J Anim Sci **75**: 868-879.
- Owens, F. N., D. S. Secrist, J. W. Hill and G. D. R. (1998). "Acidosis in Cattle: A Review." J Anim Sci **76**: 275-286.

- Peng, H., J. Q. Wang, H. Y. Kang, S. H. Dong, P. Sun, D. P. Bu and L. Y. Zhou (2012). "Effect of feeding *Bacillus subtilis* natto fermentation product on milk production and composition, blood metabolites and rumen fermentation in early lactation dairy cows." J Anim Physiol Anim Nutr (Berl) **96**(3): 506-512.
- Peng, H. Y., A. Tiantong, S. E. Chen, P. Piameya, W. B. Liu, H. C. Peh, J. W. Lee, M. T. Chen, H. Nagahata and C. J. Chang (2013). "Ultrasonicated *Enterococcus faecium* SF68 enhances neutrophil free radical production and udder innate immunity of drying-off dairy cows." J Dairy Res **80**(3): 349-359.
- Petri, R. M., T. Schwaiger, G. B. Penner, K. A. Beauchemin, R. J. Forster, J. J. McKinnon and T. A. McAllister (2013). "Changes in the rumen epimural bacterial diversity of beef cattle as affected by diet and induced ruminal acidosis." Appl Environ Microbiol **79**(12): 3744-3755.
- Poppy, G. D., A. R. Rabiee, I. J. Lean, W. K. Sanchez, K. L. Dorton and P. S. Morley (2012). "A meta-analysis of the effects of feeding yeast culture produced by anaerobic fermentation of *Saccharomyces cerevisiae* on milk production of lactating dairy cows." J Dairy Sci **95**(10): 6027-6041.
- Schlau, N., L. L. Guan and M. Oba (2012). "The relationship between rumen acidosis resistance and expression of genes involved in regulation of intracellular pH and butyrate metabolism of ruminal epithelial cells in steers." J Dairy Sci **95**(10): 5866-5875.
- Slyter, L. L. (1976). "Influence of acidosis on rumen function." J Anim Sci **43**(4): 910-929.
- Song, D. J., H. Y. Kang, J. Q. Wang, H. Peng and D. P. Bu (2014). "Effect of Feeding *Bacillus subtilis* natto on Hindgut Fermentation and Microbiota of Holstein Dairy Cows." Asian-Australas J Anim Sci **27**(4): 495-502.
- Steele, M. A., O. Alzahal, M. E. Walpole and B. W. McBride (2012). "Short communication: grain-induced subacute ruminal acidosis is associated with the differential expression of insulin-like growth factor-binding proteins in rumen papillae of lactating dairy cattle." J Dairy Sci **95**(10): 6072-6076.
- Steele, M. A., L. Dionissopoulos, O. AlZahal, J. Doelman and B. W. McBride (2012). "Rumen epithelial adaptation to ruminal acidosis in lactating cattle involves the coordinated expression of insulin-like growth factor-binding proteins and a cholesterolgenic enzyme." J Dairy Sci **95**(1): 318-327.

- Sullivan, H. M. and S. A. Martin (1999). "Effects of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on in vitro mixed ruminal microorganism fermentation." J Dairy Sci **82**(9): 2011-2016.
- Sun, P., J. Q. Wang and L. F. Deng (2013). "Effects of *Bacillus subtilis* natto on milk production, rumen fermentation and ruminal microbiome of dairy cows." Animal **7**(2): 216-222.
- Van Soest, P. J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant., Cornell University Press. Ed, Ithaca, N. Y.
- Williams, P. E., C. A. Tait, G. M. Innes and C. J. Newbold (1991). "Effects of the inclusion of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae* plus growth medium) in the diet of dairy cows on milk yield and forage degradation and fermentation patterns in the rumen of steers." J Anim Sci **69**(7): 3016-3026.
- Wohlt, J. E., A. D. Finkelstein and C. H. Chung (1991). "Yeast culture to improve intake, nutrient digestibility, and performance by dairy cattle during early lactation." J Dairy Sci **74**(4): 1395-1400.
- Yoon, I. K. and M. D. Stern (1996). "Effects of *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* cultures on ruminal fermentation in dairy cows." J Dairy Sci **79**(3): 411-417.
- Zaworski, E. M., C. M. Shriver-Munsch, N. A. Fadden, W. K. Sanchez, I. Yoon and G. Bobe (2014). "Effects of feeding various dosages of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product in transition dairy cows." J Dairy Sci **97**(5): 3081-3098.
- Zhang, R. Y., I. Yoon, W. Y. Zhu and S. Y. Mao (2013). "Effect of *Saccharomyces cerevisiae* Fermentation Product on Lactation Performance and Lipopolysaccharide Concentration of Dairy Cows." Asian-Australas J Anim Sci **26**(8): 1137-1143.