



II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



FACTORES QUE AFECTAN EL CONTENIDO DE SÓLIDOS DE LA LECHE

Carlos Campabadall

Ph.D. Nutrición Animal, Universidad de la Florida, USA, 1976.
Master de Ciencia, Nutrición Animal, Universidad de la Florida, USA, 1974.
Catedrático Investigador, Centro de Investigaciones de Nutrición Animal,
Universidad de Costa Rica.
Consultor en Nutrición Animal, Asociación Soya para México,
Centroamérica y el Caribe.
Asesor Nutricional, Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos.
E-mail: Ccampa@sol.racsa.co.cr
Costa Rica.

Abstract

During the last years, the solid components in Milk, particularly protein and fat have achieved a great importance among producers and industrials due to their economic value at the moment of processing and commercialize the product.

The need to increase solid components in milk production in order to improve the efficiency and profitability of Milk Company shows up.

The alternatives to count on are the breed's selection and the genetic improvement of the existent or selected animals, a process, which can be slow and also, the environment factors in which milk is produced need to be changed.

The nutritional and managing aspects lead to important variations in the protein and fat contents in milk because they directly affect the production and availability of precursors for their synthesis or also, because they affect directly the suckling gland synthesis of these milky components.

The cow's diet regulation regarding to the forage consumption, concentrated food, additives and energetic density and protein contents are a good strategy to improve fat and protein contents in milk.





II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



Resumen

Durante los últimos años, los componentes sólidos de la leche, particularmente la proteína y la grasa han ganado importancia entre los productores e industrializadores, debido a su valor económico específico al momento de procesar y comercializar el producto.

Aparece entonces la necesidad de aumentar la producción de los componentes sólidos de la leche para mejorar la eficiencia y rentabilidad de la empresa lechera.

Las alternativas que tienen son la selección de razas y el mejoramiento genético de los animales seleccionados o existentes, proceso que puede ser lento; y la modificación del factor ambiental en el cual se produce la leche.

Aspectos nutricionales y de manejo, generan variaciones importantes en los contenidos de proteína y de grasa en la leche, porque afectan directamente la producción o la disponibilidad de los precursores para su síntesis, o porque afectan directamente la síntesis en la glándula mamaria de estos componentes lácteos.

La regulación de la dieta de las vacas en lo referente al consumo de forrajes, alimento concentrado, suministro de aditivos, la ración y la densidad energética y el contenido proteico de la misma, son una buena estrategia para mejorar los contenidos de proteína y grasa de la leche.

Introducción

Tradicionalmente el precio de la leche que se paga al productor está determinado por dos criterios generales que son: el porcentaje y/o por los kilogramos de sus componentes. Cuando se paga por el porcentaje, los dos parámetros más usados son la grasa y los sólidos totales. Sin embargo, en algunos países también se acostumbra pagar el porcentaje de proteína de la leche. Cuando el criterio utilizado es la producción de esos componentes, los kilogramos de grasa y de sólidos totales son los más empleados. El porcentaje de los componentes de la leche se obtiene mediante una medición directa, mientras que la cantidad de éstos, es el producto de multiplicar el porcentaje del componente por la producción de la leche.

Existen otras formas para pagar la leche: su calidad sanitaria, lo que involucra pruebas químicas que clasifica la leche en grado excelente, A, B, o pruebas microbiológicas, como el recuento bacteriano y la cantidad de células somáticas. Estos últimos criterios se utilizan principalmente para bonificar al productor, cuando éste produce leche





II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



de excelente calidad, o para rechazar la leche por contaminación bacterial. También existen países donde la tecnología no ha avanzado mucho y pagan la leche en dos categorías: leche caliente y leche fría. La utilización del sistema de porcentaje o el de cantidad de componentes afecta en forma diferente al productor. Cuando se utiliza el sistema de porcentaje de los componentes, la más beneficiada es la industria; mientras que con el sistema de cantidad de componentes, el más favorecido es el productor. En el primer método, los ganaderos prefieren tener en sus fincas ganado lechero de razas que produzcan altos contenidos de estos nutrientes, como es la raza Jersey; mientras que cuando se paga por cantidad, se prefiere aquellas razas que produzcan un mayor volumen de leche, aunque su porcentaje de componente sea bajo. En este caso la raza Holstein es la más popular. Cada raza de ganado lechero tiene un valor promedio general (Cuadro No 1) para el porcentaje de estos componentes en la leche (Chase y Linn, 1986). Sin embargo, estos pueden ser cambiados por dos sistemas generales:

1. Mejoramiento genético
2. Factor Ambiental

De estos dos sistemas generales, el mejoramiento genético es el responsable de un 20 al 30% de los cambios, mientras que el factor ambiental representa del 55 al 60%.

Cuadro No 1.
Composición promedio de la leche (%)
para las diferentes razas

Raza	Grasa	Proteína	Lactosa	*SNG	*ST
Ayrshire	3.90	3.30	4.60	8.60	12.50
Pardo Suizo	4.00	3.50	4.80	9.00	13.00
Guernsey	4.60	3.60	4.80	9.20	13.80
Holstein	3.60	3.15	4.60	8.50	12.00
Jersey	4.80	3.80	4.80	9.40	14.20

* SNG = Sólidos no grasos, ST = Sólidos totales.





II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



1. Mejoramiento genético

El mejoramiento genético es una forma permanente pero lenta de producir un cambio en los constituyentes de la leche. Sin embargo, con el desarrollo de nuevas técnicas de manipulación genética, se puede obtener un progreso más rápido.

La heredabilidad para los componentes de la leche es alta y nos sirve para indicar qué porcentaje de variación de un elemento se debe a diferencias genéticas. La heredabilidad para el porcentaje de grasa varía de 0.5 a 0.70%; para proteína de 0.4 a 0.5% y para sólidos no grasos de 0.5% para todas las razas.

El porcentaje de los componentes de la leche observados en una lactación es similar a los que se observan en las subsecuentes lactaciones. La repetición en las vacas Holstein para el porcentaje de grasa es de 0.76 -0.60 para la proteína y 0.61 para el porcentaje de SNG. Las otras razas tienen repeticiones muy similares (Linn, 1989).

2. Factor ambiental

El factor ambiental lo determina: la edad de la vaca, la temperatura ambiental, el manejo del ordeño, la salud de la vaca y el manejo alimenticio. De estos factores, el único que en forma práctica puede cambiar la cantidad de componentes de la leche, es el manejo alimenticio, los otros son factores que pueden influir cuando no están en una forma adecuada (Linn, 1989).

El manejo alimenticio es una rápida manera de producir cambios, pero éstos no son permanentes y con cualquier modificación se produce una variación en los constituyentes. Este manejo alimenticio es el mayor responsable de los problemas entre las plantas pasteurizadoras y los productores por el precio de pago de la leche.

Síntesis de componentes de la leche

Los nutrimentos que reciben las células de la glándula mamaria son utilizados para la síntesis de los componentes de la leche. Éstos son: el agua que actúa como transportador, la grasa, la proteína, la lactosa y los minerales. La cantidad relativa de estos componentes varía de vaca en vaca, lo que permite a los genetistas seleccionar de una población de células mamarias, aquellas que producen una leche con una composición deseada.

Existen dos términos generales que clasifican a los componentes de la leche: Los sólidos no grasos que agrupan a las proteínas, la lactosa y los minerales, y los sólidos totales que incluyen los no grasos más la fracción grasosa de la leche.





II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



La cantidad relativa de componentes de la leche que una célula es capaz de producir, está determinada genéticamente; sin embargo, la cantidad real producida depende de la disponibilidad de precursores necesarios para sintetizar cada elemento (Bachman, 1994).

En la síntesis de estos nutrientes, la lactosa y los minerales no cambian mucho en respuesta a la selección genética o al manejo nutricional; mientras estos dos factores, sí producen grandes cambios en la concentración de la grasa y de la proteína de la leche. La mayor manipulación se obtiene en la cantidad de grasa por medio de un manejo alimenticio.

a. Lactosa

A la lactosa se le conoce como el azúcar de la leche. La cantidad de lactosa que sintetiza una célula, determina la cantidad de agua secretada por la misma, o sea la cantidad de leche producida por la vaca, pues el agua es el principal componente de la leche.

El papel que juega en la determinación del volumen de leche, se debe a la solubilidad de este componente en el agua. Conforme la lactosa se sintetiza en la célula mamaria, se produce un desbalance osmótico en la célula, que se corrige mediante la absorción de agua. La síntesis de lactosa en la célula, es el producto de una extracción de glucosa por la glándula mamaria, donde ésta es convertida al azúcar de la leche (Bachman, 1994). El papel que cumplen la lactosa y los minerales en la regulación de la presión osmótica de la célula, hace que estos elementos sean más estables y difíciles de manipular. Cambios en la composición de la leche en término de porcentaje de grasa y de proteína están relacionados con un aumento o disminución en el volumen de producción de leche. A mayor producción de leche hay una mayor dilución de estos componentes (Linn, 1989).

b. Grasa

La grasa de la leche está compuesta principalmente por triglicéridos (95%), pequeñas cantidades de ácidos grasos libres, colesterol y otras sustancias. Aproximadamente un 50% de la grasa de la leche es sintetizada en la glándula mamaria a partir de los ácidos acético y butírico, que provienen de la fermentación ruminal de los alimentos. Los otros componentes de la grasa se originan de lípidos de origen dietético o provenientes de los depósitos grasos de la vaca. Estas dos fuentes contribuyen a los ácidos grasos de cadena larga de la leche y son incorporados directamente al líquido.





II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



c. Proteínas

Las proteínas verdaderas de la leche (caseína, lactoalbúminas y lactoglobulinas) representan un 95% de la proteína total ($N \times 6.38$), el resto es nitrógeno no proteico. Las proteínas verdaderas son sintetizadas en la glándula mamaria a partir de aminoácidos esenciales y no esenciales, glucosa y ácido propiónico, absorbido de la sangre (Chase y Linn, 1986).

En contraste con la síntesis de grasa en la glándula mamaria, la formación de las proteínas de la leche es muy estricta en términos de precursores usados y la secuencia de su inclusión en la molécula. La rigidez en la cantidad de aminoácidos usados puede ser explicada bajo el concepto de limitancia. Si un aminoácido no está presente en el sitio de la síntesis de la proteína en el momento oportuno, la falta de ese aminoácido limita o evita la síntesis de la molécula entera de la proteína (Bachman, 1994). Por lo tanto, la capacidad genética para la síntesis de la proteína, puede afectarse por la ausencia de un único o simple aminoácido. A su vez, proveer un exceso de un aminoácido a la glándula mamaria, hace que otro aminoácido se vuelva limitante en término de producción de proteínas. Excesos o deficiencias de proteína en la dieta de una vaca, afectan la producción óptima de este nutrimento.

El principal objetivo en el manejo nutricional de las vacas es proveer a las células de la glándula mamaria, de la cantidad adecuada de cada aminoácido individual, para permitir la utilización al máximo de su habilidad para sintetizar la proteína. El primero y el segundo aminoácido limitante para la producción de este componente son la lisina y metionina, respectivamente.

d. Minerales

El contenido de minerales en la leche es muy constante por su efecto sobre la presión osmótica. El valor promedio es de 0.74%, donde el calcio (0.12%) el potasio (0.15%) y el cloro (0.11%) son los mayores contribuyentes, seguidos por el fósforo (0.10%) y el sodio (0.05%) (Schmidt, 1971). La mayoría de minerales están presentes en la leche, se encuentran en la forma de complejos orgánicos y la concentración de algunos de ellos es mayor en la fase lípida de la leche.

Factores nutricionales que afectan la composición de la leche

Los factores nutricionales son los principales responsables de los cambios en el contenido de componentes de la leche. Estos cambios los podemos dividir en tres categorías:





II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



1. Efecto sobre el contenido de grasa.
2. Efecto sobre el contenido de proteína.
3. Efecto sobre la concentración de sólidos totales.

1. Efecto sobre el contenido de grasa en la leche

De todos los componentes de la leche, el porcentaje de grasa es el más variable y el que más cambios sufre por efecto genético, fisiológico y nutricional (Sutton, 1989). La concentración de grasa en la leche puede variar en un rango hasta de 3 unidades por medio de la manipulación de la dieta. En contraste, el contenido de lactosa no se cambia y el de proteína puede variar hasta en 0.6 unidades (Bachman, 1994).

La importancia de la alimentación y su efecto sobre el contenido de grasa en la leche se conoce por más de 100 años (Van Soest, 1982). Desde 1950, se sabe que los ácidos grasos volátiles producidos en el rumen son los responsables de la variación en el contenido de grasa en la leche (Erdman, 1996). En principio, se creyó que cuando disminuía el porcentaje molar de acetato y se incrementaba el de propionato, producto de una dieta alta en grano o con el uso de forrajes de partícula fina, el contenido de grasa se disminuía. Sin embargo, no fue hasta los años 70, en que Bauman et. al. (1971) utilizando radioisótopos, demostraron que la producción de acetato no disminuye con ese tipo de dietas, sino más bien se incrementa la concentración molar de propionato, afectando la relación acetato-propionato, reconocida como la principal responsable del contenido de grasa en la leche (Erdman, 1988).

En los últimos años se han realizado estudios para demostrar el verdadero mecanismo que causa una depresión en el contenido de grasa en la leche. Varios investigadores (Wonsil et al, 1994; Wu et al, 1991) encontraron que la producción de ácidos grasos tipo trans C18: 1, era la responsable de la disminución en el porcentaje de grasa cuando las vacas consumían dietas altas en granos y aceites. Teter et. al. (1990) reportaron que existe una correlación negativa significativa (-0.53) entre el contenido de grasa en la leche y el total de ácidos grasos trans. Erdman (1996) establece que la producción en el rumen de estos ácidos grasos de tipo trans es el principal factor que causa el síndrome de baja producción de grasa y que la cantidad de concentrado en la dieta, el pH del rumen, y la fuente de grasa dietética son importantes factores que afectan la acumulación de estos ácidos grasos de tipo trans en el rumen. Este mismo autor establece cómo los ácidos grasos tipo trans que se producen en el rumen se absorben a nivel del duodeno y son incorporados en la leche, afectando la síntesis de





II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



ácidos grasos de cadena menor de carbonos (<C-16), causando una reducción en el porcentaje de grasa. Este autor concluye que la depresión de grasa en la leche, no está relacionada con variaciones en los patrones ruminales de ácidos grasos volátiles, sino con los cambios cuando se utilizan dietas altas en granos que resultan en un aumento en la producción de ácidos grasos tipo trans. Kalscheur (1996) también demostró que el nivel de forraje en la dieta, la utilización de sustancias neutralizantes (buffers) y la fuente de grasa, afectan la llegada de ácidos grasos tipo trans al duodeno, disminuyendo los valores presentes en la leche y por ende incrementándose el porcentaje de grasa.

En general existe una gran variedad de factores nutricionales que pueden afectar directa o indirectamente el contenido de grasa en la leche. Estos factores nutricionales son:

- A. Relación forraje: concentrado
- B. Calidad del material fibroso
- C. Tamaño de la partícula del forraje
- D. Tipo de concentrado
- E. Proteína dietética
- F. Adición de grasa
- G. Estrategias de alimentación
- H. Agentes neutralizantes
- I. Aditivos

A. Efecto de la relación forraje: concentrado

Los cambios en el porcentaje de grasa por efecto de manipulación de la dieta, son el producto de cambios en la fermentación en el rumen. Los precursores necesarios por la célula mamaria para sintetizar la grasa de la leche son generados durante la fermentación. Por lo tanto, ciertas características de la dieta que altere el patrón de fermentación ruminal, también afectan el contenido de grasa en la leche.

El factor nutricional que más afecta el contenido de grasa en la leche es una inadecuada proporción de material fibroso relativo a la cantidad de carbohidratos fermentables en la dieta. Esta situación produce una reducción en la producción microbiana de precursores de grasa, que son el ácido acético y el butírico, y un aumento en la producción de ácido propiónico. Esta situación produce el llamado “Síndrome de baja producción de grasa”.





II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



El porcentaje de grasa está influenciado positivamente cuando existe en el rumen un alto porcentaje molar de ácido acético y butírico, pero es afectado negativamente cuando el porcentaje molar de ácido propiónico sobrepasa al 25%. Un incremento lineal ocurre en el porcentaje de grasa en la leche cuando la relación acetato: propionato aumenta hasta 2.2:1; después de esto, los cambios son mínimos. Consecuentemente, cualquier cambio alimenticio que promueva la producción de ácido propiónico, altera esa relación y afecta el porcentaje de grasa en la leche. En los Cuadro No 2 y No 3 se presenta el efecto de los factores dietéticos sobre los parámetros ruminales (Davis, 1979).

Cuadro No 2.
Relación entre los factores dietéticos y el pH del rumen.

Consumo de M.S %		Rumen pH
Forraje –concentrado		
100	0	7.0
80	20	6.6
60	40	6.2
40	60	5.8
20	80	5.4
0	100	5.0

El rango de pH óptimo para una máxima digestión de la celulosa es entre 6.2 y 7.0, y corresponde a dietas que contienen desde un 60 hasta un 100% de material fibroso en relación con la cantidad de alimento balanceado.

Cuadro No 3.
Relación entre los factores dietéticos y la producción de ácidos grasos volátiles.

Consumo de M.S *		Ácidos Grasos Volátiles		
%		% molar		
Forraje – concentrado		Acético A	Propiónico P	Relación A/P
100	0	70	18	3.90
80	20	67	20	3.40
60	40	64	22	2.90
40	60	58	28	2.10
20	80	48	34	1.40
0	100	36	45	0.80

M.S. = materia seca.





II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



Cuando las relaciones molares de ácidos grasos volátiles son menores a 2.10, ocurre una depresión en el porcentaje de grasa en la leche. Esto ocurre cuando el ganado es alimentado con dietas en las cuales el porcentaje de alimento balanceado es superior al 60% del consumo total de materia seca en la dieta.

La actividad de masticado o rumia es también un factor importante en el porcentaje de grasa en la leche, por su efecto sobre el pH del rumen y la relación acetato-propionato. Cuando la relación forraje-concentrado es menor a 60:40, se afecta la producción de saliva que actúa como neutralizador (buffer) y decrece el pH del rumen. En el Cuadro No 4 se presenta el efecto de la relación forraje-concentrado y su efecto sobre la actividad de masticado, producción de saliva y pH del rumen.

Cuadro No 4.
Relación entre el nivel de forraje-concentrado y su efecto sobre la rumia, producción de saliva y el pH del rumen.

Consumo de M.S %		Actividad masticado min/día	Producción saliva lt/día	Rumen pH
Forraje – concentrado				
100	0	960	2.39	7.0
80	20	940	2.34	6.6
60	40	900	2.30	6.2
40	60	820	2.16	5.8
20	80	660	1.98	5.4
0	100	340	1.56	5.0

Una mayor producción de saliva, producto de un mayor consumo de forraje favorece el porcentaje de grasa en la leche, ya que actúa como un agente neutralizador que ayuda a mantener un pH alto en el rumen, y evita la formación de los ácidos grasos tipo trans.

Con base en materia seca, la relación mínima entre el forraje-concentrado debe ser de 40:60. Aunque ésta sirve sólo de guía, pues hay otros factores dietéticos que pueden afectar la fermentación ruminal y decrecer la relación acetato-propionato y el pH del rumen. Existen otros factores que influyen en la reducción en el pH ruminal, con un aumento en la producción de propionato y una reducción en la digestión de la fibra. Estos son: el tipo y la forma física de los ingredientes que contribuyen a la relación forraje-concentrado.





B. Composición del material fibroso

La composición del material fibroso que constituye la dieta de la vaca tiene un efecto marcado en el porcentaje de grasa en la leche. Es importante considerar el contenido de fibra neutro detergente y fibra ácida detergente en los materiales fibrosos, ya sean los forrajes, los henos, el ensilaje y los subproductos agrícolas. El contenido de estas fracciones en forrajes tradicionales y subproductos es muy variable y está afectado por factores como son la especie vegetal y el estado de madurez. Ambas eventualidades son importantes a considerar en la formulación de una ración.

El porcentaje de componentes fibrosos de la ración también tiene un efecto sobre la producción de saliva, pH del rumen, tiempo de rumia y producción de ácidos grasos volátiles. En los cuadros No 5 y No 6 se presenta la influencia de estos componentes (Davis, 1979).

Cuadro No 5.
Componentes fibrosos y su relación con la rumia, producción de saliva y el pH del rumen.

Componentes fibrosos* %M.S			Actividad masticado min/día	Producción saliva lt/día	Rumen pH
FDN	FAD	FC			
65	41	34	960	2.39	7.0
55	34	28	940	2.34	6.6
45	27	22	900	2.30	6.2
34	20	16	820	2.16	5.8
24	13	10	660	1.98	5.4
14	6	5	340	1.56	5.0

*FDN = Fibra neutro detergente; FAD = Fibra detergente ácida; FC = Fibra cruda.

Un incremento en el porcentaje de componentes fibrosos produce un pH ruminal óptimo para máxima digestión de la celulosa, mayor producción de saliva y una mayor actividad de masticado. Valores superiores al 45% de FDN, benefician estos factores que afectan el porcentaje de grasa en la leche.





II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



Cuadro No 6.
Componentes fibrosos y su relación con la producción de ácidos grasos volátiles

Componente fibroso*			Ácido Acético A	Grasos Volátiles Propiónico P % molar	Relación A/P
% M.S					
FDN	FDA	FC			
65	41	34	70	18	3.90
55	34	28	67	20	3.40
45	27	22	64	22	2.90
34	20	16	58	28	2.10
24	13	10	48	34	1.40
14	6	5	36	45	0.80

*FDN = Fibra neutro detergente; FDA = Fibra ácida detergente ; FC = Fibra cruda.

Un consumo total de materia seca con alimentos que contengan menos de 40% de FDN, puede causar desde una pequeña hasta una severa depresión en el porcentaje de grasa en la leche, producto de una relación más estrecha acetato-propionato. El N.R.C (1989) sugiere para una máxima producción de leche y porcentaje de grasa en esa leche, que las vacas deben recibir como mínimo, una dieta que contenga un 28% de FDN a base de la materia seca o 18% de FDA.

C. Tamaño de partícula del forraje

La utilización de un forraje finamente molido resulta en una fermentación que favorece una producción alta de ácido propiónico y como consecuencia reduce el porcentaje de grasa en la leche. A su vez, las partículas muy finas de forraje no favorecen un proceso adecuado de rumia, lo que resulta en una producción baja de saliva.

La acción neutralizadora de la saliva contribuye a un ambiente en el rumen que favorece el crecimiento de microorganismos que digieren la fibra y que ayudan a mantener adecuadas relaciones de ácidos grasos volátiles para mantener el porcentaje de grasa en la leche. (Bachman 1994) establece que un tamaño medio de partícula de 625 mm o mayor, es necesario para mantener el porcentaje molar de ácido propiónico en el rumen menor a 25% y el porcentaje de grasa mayor a 3.6%. Las partículas con tamaños de 12.7 mm o mayores y con un 25% de ellas, con una longitud mayor de 25.4 mm, son la mejor recomendación para mantener un porcentaje óptimo de grasa en la leche (Linn, 1989).

El molido muy fino de los granos (<1/8") y la peletización de los granos son factores que influyen negativamente en el porcentaje de grasa en la leche (Chase y Linn, 1986).





D. Tipo de alimento balanceado

El tipo y el procesamiento a que han sido sometidos los ingredientes que forman el alimento balanceado influyen sobre el porcentaje de grasa en la leche. Dietas con base en cebada, en comparación con las de maíz, tienden a reducir la digestibilidad de la fibra y dan como resultado una reducción de la relación acetato-propionato. Procesamiento de los alimentos como el molido, el rolado, el calentamiento, la formación de hojuelas con vapor y peletizado, aumenta la digestión ruminal de los almidones, por lo que se aumenta la producción microbial del ácido propiónico y reduce el porcentaje de grasa en la leche. El modo de acción del propionato, es que sirve como precursor para la producción de ácido láctico y glucosa, esto estimula la producción de insulina, la cual reduce la liberación de ácidos grasos del tejido adiposo y evita que éstos sean usados para la síntesis de grasa en las células de la glándula mamaria. La sustitución de cereales por carbohidratos solubles, como los encontrados en el suero y en ciertos tipos de melazas, previene una reducción en el porcentaje de grasa en la leche, pues estos carbohidratos solubles ayudan al crecimiento de los microorganismos que digieren la fibra, los cuales son la principal fuente de precursores de acetato, necesarios para la síntesis de ácidos grasos.

E. Proteína dietética

La manipulación de la proteína dietética en rangos normales, no afecta el porcentaje de grasa en la leche. Sin embargo, una cantidad insuficiente de proteína degradable en el rumen, puede resultar en una reducción en la producción de grasa, cuando la concentración de amonía ruminal no es suficiente para estimular el crecimiento de los microorganismos que digieren la fibra.

F. Adición de grasa

La adición de grasa en niveles de 5 a 6% de la dieta con base en materia seca para aumentar el consumo de energía y la producción de leche, tiene un efecto variable en el porcentaje de grasa en la leche. El tipo y la cantidad de grasa son los dos factores más importantes que afectan esta respuesta.

El uso de grasas saturadas aumenta marginalmente el contenido; mientras que grasas insaturadas y cantidades grandes de grasas causan una disminución hasta de 1% en el porcentaje de grasa en la leche, aunque la producción de grasa total se mantiene constante o aumenta.

El efecto de las grasas en la reducción del porcentaje de grasa en la leche, es por un resultado negativo en la fermentación ruminal. Las grasas interfieren con la fermentación





II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



de la fibra y consecuentemente con la producción de acetato. La adición de aceites tiene un efecto en la producción de ácidos grasos tipo trans y éstos causan una depresión en el porcentaje de grasa en la leche. La utilización de grasas protegidas, constituye una buena oportunidad para alterar la composición de ácidos grasos de la leche. Los ácidos grasos presentes en esas grasas contribuyen a la síntesis de triglicéridos de la leche. Entre un 20 a un 40% de los ácidos grasos poli-insaturados presentes en los lípidos protegidos y suplementados al ganado son transferidos a la leche (Bachman, 1994).

La utilización de semillas de oleaginosas enteras, trituradas o grasas protegidas, evita la depresión en el porcentaje de grasa en la leche, y en la mayoría de los casos aumentan su valor. Esto se debe a que evitan la interacción con los microorganismos ruminales. La soya integral tostada incrementa el porcentaje de grasa en la leche en 0.17 unidades; mientras que la extruída lo disminuye en 0.09 unidades (Satter, 1996).

G. Estrategias de alimentación

Las estrategias de alimentación pueden causar un efecto en el porcentaje de grasa en la leche. El número de veces que se ofrece el alimento balanceado o la ración mezclada total a las vacas, así como la cantidad que se ofrece en un momento dado, tienen un efecto importante sobre el pH del rumen y la presencia de acidosis subclínica. Entre más veces se ofrezca el alimento a las vacas, mejor será su utilización, pues se estabiliza el ambiente ruminal. El mayor efecto se encuentra cuando se aumenta las veces a seis o más y no se ofrece más de tres kilogramos de concentrado por comida. Ofrecer heno o pasto verde una hora antes de dar el alimento balanceado, ayuda a mantener el porcentaje de grasa en la leche.

H. Uso de agentes neutralizadores (buffers)

En general, el bicarbonato de sodio ha sido utilizado con éxito para mantener o aumentar el porcentaje de grasa en la leche, especialmente cuando se utiliza ensilaje de maíz como fuente principal de forraje. Efectos poco consistentes o marginales, se han observado cuando se utilizan ensilajes de pastos, leguminosas, henos o cascarilla de algodón en la dieta. El uso de estos agentes neutralizantes ayuda a mantener un pH ruminal que facilita la digestión de la fibra y una producción deseable de ácidos grasos volátiles. El cambio, en la población de microorganismos afecta la relación acetato propionato y aumenta la digestibilidad de la FDA.





II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



El mayor efecto del bicarbonato es al inicio de la lactancia. El nivel de suplementación es de 0.75% de la ración total en base seca o de 1 a 2% en el alimento balanceado. Se necesita que la vaca reciba de 140 a 180 g/día de este producto (Chase y Linn, 1986). En ciertas ocasiones, el uso de bicarbonato de sodio no ayuda a controlar la disminución de grasa en la leche. Esto se debe a que la cantidad de alimento balanceado que contiene el agente neutralizante y que se le suministra a las vacas es muy alta para una sola comida, por lo que el bicarbonato ayuda a neutralizar el pH en el momento que llega al rumen, pero pierde su efecto conforme se van fermentando los carbohidratos no estructurales que causan una disminución en el pH del rumen. Esto es común cuando los alimentos balanceados son altos en carbohidratos no estructurales (>50%) y éstos se suministran en cantidades mayores a 3 kg por comida.

Otro agente alcalinizante es el óxido de magnesio, que ha demostrado producir un efecto positivo sobre la producción de leche y el porcentaje de grasa. El efecto de este producto se relaciona con el aumento de la transferencia de los lípidos sanguíneos a la glándula mamaria (Linn, 1989). La suplementación normal del producto es de 50 a 100 g/vaca/día.

La combinación de dos partes de bicarbonato y una parte de óxido de magnesio es más efectiva que cada uno de ellos en forma separada.

1- Aditivos

Entre los aditivos más comunes que afectan el porcentaje de grasa en la leche, está el hidróxido análogo de la metionina (MHA). Este producto incluido en dietas altas en energía aumenta el porcentaje de grasa en la leche. El mayor efecto se produce al inicio de la lactancia. El nivel de MHA utilizado es de 25 g/vaca/día durante los primeros 120 días de lactación. Este valor produjo un aumento en la grasa de la leche en 0.35% unidades. El producto tiene la desventaja que no es muy palatable y su respuesta varía según el tipo de forraje utilizado y la restricción de la metionina en la ración. Existen varios factores que influyen la respuesta al MHA: el estado de lactación (menor a 100 días postparto), producción de leche (>22 kg), nivel de metionina en la dieta (0.15% en la dieta con base en materia seca o 25 a 30 g/vaca/día), dietas altas en concentrados (> 50% de la ración total en materia seca) y concentraciones bajas de proteína dietética (< 15%) (Hutjens, 1994).

El modo de acción de la MHA incluye la síntesis de lipoproteínas, aumento en la digestión de la celulosa, incremento del número de protozoarios y además, incremento de la relación acetato-propionato.

La monensina puede producir una reducción en el porcentaje de grasa en la leche, pues este producto reduce los microorganismos ruminales que originan el ácido acético, favoreciendo la obtención de ácido propiónico y disminuyendo la relación acetato-





II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



propionato. También evita el transporte de la lipoproteína lipasa, enzima que en su ausencia reduce la incorporación en la leche de los ácidos grasos transportados como lipoproteínas (Bachman, 1994). Sin embargo, como produce un aumento significativo en la producción de leche, los kilogramos producidos de grasa no se alteran, más bien aumentan.

Existen otros productos como son los cultivos de levaduras, que intervienen en una estabilización del ambiente ruminal, especialmente en el periodo de transición (2 semanas preparto a 4 semanas postparto), cuando se pasa de una dieta baja en energía a una alta. El efecto sobre los componentes de la leche es muy variable (Hutjens, 1994). El uso de *Aspergillus oryzae*, como aditivo ha producido resultados también muy variables. El efecto sobre el porcentaje de grasa en la leche, es producto de su modo de acción, ya que aumenta en el rumen el número de bacterias celulolíticas, cambia los patrones de fermentación de los ácidos grasos volátiles y estabilizan el pH ruminal.

2. Efecto sobre el contenido de proteína en la leche

El contenido de proteína en la leche también está afectado por aquellos factores nutricionales que influyen la fermentación ruminal y el crecimiento de los microorganismos. La diferencia que existe es que los cambios no son tan drásticos como en el caso del porcentaje de grasa en la leche. Entre los principales factores están:

- A- Consumo de energía
- B- Carbohidratos no estructurales
- C- Grasa dietética
- D- Proteína dietética

A. Consumo de energía

El consumo de energía es el principal factor nutricional que afecta el porcentaje de proteína en la leche. Un aumento en el consumo de energía produce un aumento en el contenido de proteína en la leche. La cantidad de energía consumida, la densidad energética de la dieta y la fuente de energía de la dieta son los factores que más influyen el nivel de proteína en la leche (Linn, 1989). (Bachman 1994) establece que el porcentaje de este nutriente en la leche aumenta en 0.015% unidades por cada megacaloría de energía neta adicional consumida.

El efecto del consumo de energía sobre el porcentaje de proteína en la leche, es una mayor producción de propionato, lo que favorece la disponibilidad de algunos aminoácidos, especialmente la del ácido glutámico, el cual tiene un papel importante





II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



en la transaminación de aminoácidos, que aumentan la síntesis de aminoácidos no esenciales. Existe una relación alta positiva entre la producción de propionato y la proteína en la leche (Linn, 1989).

B. Carbohidratos no estructurales (CNE)

La digestión de los almidones por los microorganismos del rumen resulta de una producción de ácido propiónico. Una cantidad mínima de carbohidratos no estructurales, especialmente almidones, es necesaria para evitar una reducción en la digestión ruminal y síntesis de proteína. Para vacas altas productoras, la dieta en materia seca debe tener un mínimo de 30% de CNE. Si sobrepasa el 45% ocurre una depresión en el porcentaje de grasa en la leche. El rango óptimo de CNE debe estar entre 30 a 40% en la dieta de las vacas en lactación.

La tasa de degradación de los almidones es muy importante en el contenido total de sólidos de la leche. Si la degradación es muy rápida, se produce acidosis y el porcentaje de grasa se disminuye. Si es muy lenta se reduce la digestión microbial y la síntesis de proteína. Los almidones de la cebada o del trigo se digieren más rápidamente que los del maíz. El molido fino, las hojuelas con vapor y el contenido de humedad de los granos aceleran la degradación de los almidones.

C. Grasa dietética

La adición de grasa a una dieta generalmente produce una disminución en el porcentaje de proteína entre 0.1 a 0.3% unidades. Esto se debe a que los microorganismos del rumen no son capaces de utilizar los lípidos para su crecimiento y, como consecuencia, se reduce la síntesis de proteína ruminal. Aunque la producción de leche aumenta, el porcentaje de proteína disminuye al no haber suficientes aminoácidos provenientes de la proteína microbial. Esta explicación es la misma según la grasa sea o no protegida. Cuando se utilizan grasas protegidas, el nivel de proteína sobrepasante debe ser mayor del 6% del total de proteína de la dieta, para evitar una disminución en la cantidad de proteína en la leche.

D. Proteína dietética

El nivel de proteína en la dieta tiene un efecto positivo sobre la cantidad de este nutrimento en la leche, producto de un mayor suministro de aminoácidos para su síntesis en la glándula mamaria. La fuente de estos aminoácidos puede provenir de la proteína ruminal, aminoácidos protegidos y de la proteína sobrepasante.





II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



(Bachmann 1994) establece que por cada aumento en 1% en el porcentaje de proteína en la ración en un rango de 9 a 17%, el porcentaje de proteína aumenta en un 0.2% unidades.

3. Efecto sobre la concentración de sólidos totales

La definición de sólidos totales es la suma de los cuatro componentes, lactosa, grasa, proteínas y minerales. Por lo tanto, una disminución en alguno de estos constituyentes puede influenciar el contenido total de los sólidos.

En general podemos decir que el factor que más influencia el porcentaje de sólidos totales en la leche, es el porcentaje de grasa, al ser el componente más variable que tiene la leche.

Factores misceláneos que afectan los componentes de la leche

Existen otros factores que pueden influenciar el contenido de los diferentes componentes de la leche. Los principales son:

1. Estado de lactación
2. Edad de la vaca
3. Temperatura ambiental
4. Estado sanitario

1. Estado de lactación

Al inicio del período de lactación, la cantidad de sólidos totales es alta, producto de un alto porcentaje de proteína y de grasa, pero conforme avanza existe una reducción rápida, que alcanza el mínimo entre el segundo y tercer mes, para luego aumentar al final de la lactación. Esto es producto de una relación inversa entre la producción de leche y sus componentes.

2. Edad de la vaca

La cantidad de leche producida por una vaca aumenta conforme avanza en edad o en número de lactaciones. Esto es el producto de un aumento en el peso corporal que le permite tener un sistema digestivo y mamario más grande para la producción de leche. Caso contrario, al aumentar la edad o el número de lactaciones ocurre una





II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



disminución gradual en el porcentaje de grasa y de sólidos no grasos. Schmidt y Van Vleck (1974) establecen que de la primera a la quinta lactación hay una disminución de 0.2% unidades de grasa y 0.4% unidades de sólidos no grasos, para un total de 0.6% para los sólidos totales. Los cambios después de la quinta lactación son mínimos. El mayor cambio en los sólidos no grasos consiste en una reducción en el contenido de lactosa. La proteína se mantiene constante.

3. Temperatura ambiental

La temperatura ambiental tiene un efecto sobre el contenido de componentes de la leche. El contenido de sólidos totales aumenta cuando la temperatura disminuye a menos de 25 °C. Muchos de estos cambios son producto de diferentes consumos de materia seca, que afectan el empleo de los precursores de estos componentes. A altas temperaturas, el contenido de cloro aumenta y el de lactosa disminuye. Sin embargo, a temperaturas altas, lo que más se afecta es el consumo de material fibroso en vacas que están en pastoreo, afectándose la relación forraje-concentrado consumido por el animal.

4. Efecto sanitario

La enfermedad característica que afecta los componentes de la leche es la mastitis. Esta produce una permeabilidad del tejido de la ubre y afecta la habilidad del tejido secretorio para sintetizar los constituyentes de la leche. En una mastitis clínica se disminuye el contenido de lactosa y potasio y se aumenta el de cloro y sodio. Los cambios en el porcentaje de proteína son mínimos y los de la grasa no son consistentes.

Leche con recuento bacteriano menor de 100.000 células/ml presenta cambios en la composición de la leche. Conforme el recuento celular aumenta de 100 mil a 500 mil células/ml, se produce una reducción en los sólidos no grasos de la leche, especialmente en la lactosa. Recuentos superiores a 1 millón de células/ml producen una disminución en el contenido de caseína.

Problema práctico de la reducción de los sólidos totales

Uno de los principales problemas que tiene el productor de leche son las variaciones semanales en el contenido de sólidos de la leche. Estas variaciones pueden ser el producto de dos situaciones diferentes:





II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



1. Aumento en la producción de leche.

Como existe una relación inversa entre la producción de leche y el porcentaje de constituyentes de la misma, cuando se produce más cantidad, el porcentaje de sólidos disminuye por un factor de dilución. Sin embargo, esta reducción no es importante cuando al productor se le paga la leche por cantidad de componentes, ya que al final, al existir una mayor producción, se producen más kilogramos de sólidos totales.

2. Consumo no adecuado de materiales fibrosos

Esta es la principal causa del cambio en el porcentaje de sólidos en una finca lechera. Esto se debe a la variabilidad en la disponibilidad de forraje en los potreros. En muchas ocasiones, los productores culpan al alimento balanceado por esa disminución en los sólidos totales; sin embargo, por un suministro entre 5 a 10 kg. de alimento en tres o cuatro comidas a las vacas, es difícil que tenga una influencia muy marcada en el porcentaje de sólidos totales de la leche. Sin embargo, cuando el alimento balanceado es alto en grano y éste se suministra en dos comidas en niveles mayores de 3 kg. por ración, esta cantidad de alimento puede causar una acidosis subclínica que afecta los componentes de la leche.

En conclusión, el nivel de sólidos totales en la leche está influenciado, principalmente, por el nivel de grasa en la misma y ésta por la relación acetato-propionato, que a su vez depende del consumo de materiales fibrosos que afecta el pH del rumen y del consumo de aceites en la dieta. Es importante recordar que a mayor producción de leche, existe una menor producción de componentes de la leche.

Bibliografía

Bachman, K.C. 1994. Managing milk composition. University of Florida, Dairy Report.p336-346.

Bauman, D.E.,C.L. Davis and H.F. Bucholtz. 1971. Propionate production in the rumen of cows fed either a control or a high grain, low fiber diet. J. Dairy Sci. 54:1282.

Chase L.E and J.G. Linn. 1986. Dairy Herd Management. March. p15.

Erdman, L.E. 1988. Dietary buffering requirements of the lactating dairy cow. J.Dairy Sci.71:3246.





II Seminario Internacional sobre Calidad de Leche Competitividad y Proteína



- Erdman, R. 1996. Milk fat depression. Some new Insights. Proceeding Tri-State Dairy Nutrition Conference. p 1-16.
- Davis, 1979. The use of buffers in rations of lactating dairy cows. In Regulation of acid:base balance. Church&Dwight Co.,Inc. Piscatawy. N.J. p51.
- Hutjens, M.F. 1994. Selecting feed additives. Proc. Dairy Nutrition Conference. University of Florida. p309-319.
- Kalscheur, K. 1996. Prediction of trans fatty acid in the rumen and the relationship of trans fatty acids delivered to the small intestine to milk fat production in the lactating dairy cow. Master's Thesis. University of Maryland, College Park.
- Linn, J.G. 1989. Altering the composition of milk through management practices. Feedstuffs. July 17. p16.
- National Research Council. 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th rev. Ed.. National Academy of Science. Washington D.C.
- Satter, J. 1996. Feeding full-fat soybeans in lactating cows. Proc. Use of full-fat soybeans in animal feed. American Soybean Association. Hungary.
- Schmidt, G.H. and L.D. Van Vleck. 1974. Principles of Dairy Feeding. W.H. Freeman and Company, San Francisco. p225.
- Sutton, J.D. 1989. Altering milk composition by feeding. J.Dairy Sci.72:2801.
- Tater, B.B.,J. Sampugna, and M. Keeney. 1990. Milk fat depression in C57B1/6J mice consuming partially hydrogenated fat J. Nutr. 120:818.
- Van Soest, P.J. 1982. Ruminant ecology. O&B Books Corvalis, Oregon. p349.
- Wonsil, B.J., J.H. Herbein, and B.A. Watkins. 1994. Dietary and ruminally derived trans-18:1 fatty acids alter bovine milk lipids. J. Nutr. 124:556.
- Wu, Z.,O.A. Ohajuruka, and D.L. Palmquist. 1991. Ruminal synthesis, biohydrogenation, and digestibility of fatty acids by dairy cows. J.Dairy Sci. 74:3025.

