EL USO DE SUBPRODUCTOS Y ADITIVOS EN LA ALIMENTACIÓN DE LA CABRA LECHERA.

M.Sc. Leonel R. L. Martínez.
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México.

EL USO DE SUBPRODUCTOS Y ADITIVOS EN LA ALIMENTACIÓN DE LA CABRA LECHERA.

M.Sc. Leonel R. L. Martínez.

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México.

Correo: leomrtnzr@gmail.com.

Este tema será tratado, en general, en el contexto de la nomenclatura y clasificación de los alimentos para animales domésticos establecida por el National Research Council (NRC) de la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos; los subproductos son de una gran diversidad, local y regionalmente y por su aporte de nutrientes pueden ubicarse en diferentes grupos de alimentos. Los aditivos, por otra parte, son sustancias o compuestos que se agregan al alimento para modificar alguna característica de éste o del producto final (mejorar su aceptación, su consistencia, su calidad nutritiva o la utilización de nutrientes); pueden o no aportar nutrimentos.

SUBPRODUCTOS

Son derivados de procesos de transformación o tratamiento para obtener un producto, generalmente destinado a la alimentación o uso del hombre; pueden ser entonces de menor valor nutritivo, y necesariamente más baratos.

Se privilegia la obtención máxima en cantidad y calidad de los productos; no se presta atención a los subproductos y éstos, dentro de su grupo, pueden tener una composición y calidad muy variable.

Como subproductos se incluyen algunos productos que no cubren los requisitos de calidad que se requiere para el consumo humano o uso industrial; es el caso de muchos granos de cereales y oleaginosas.

Clasificación de los alimentos

GRUPO	CARACTERÍSTICAS*
1) Forraje o pienso grosero seco.	Materias primas que contienen más del 18% de fibra cruda (FC), menos del 15% de humedad y baja densidad de nutrientes.
2) Forraje o pienso grosero húmedo.	Materias primas que contienen más del 18% de FC, más del 15% de humedad y una baja densidad de nutrientes. Son de gran volumen y pocos nutrientes.
3) Ensilados.	Productos obtenidos por fermentación anaeróbica que tienen más del 18% de FC, más del 15% de humedad y baja densidad de nutrientes.
4) Alimentos energéticos.	Materia prima que tiene menos del 18% de FC y menos del 20% de proteína cruda (PC).

5) Suplementos proteicos.	Materias primas que contienen menos del 18% de FC y más del 20% de PC.
6) Suplementos minerales.	Compuestos que no aportan PC y tienen menos del 5% de FC.
7) Suplementos vitamínicos.	Compuestos que no aportan PC, FC o energía, pero cumplen una función en el organismo; catalizadores enzimáticos.
8) Aditivos.	Sustancias que modifican alguna característica del alimento del producto final.

- En el caso de los forrajes (grupos 1 a 3) en lugar de FC puede usarse el contenido de fibra detergente neutro (FDN) y el límite es 35%.

Los alimentos que consumen las cabras se agrupan, por su composición, propiedades y funciones, en dos grandes grupos:

Grupo	***Características***
Forrajes	Son los alimentos básicos de la alimentación de los rumiantes domésticos (vaca, cabra y oveja).Son altos en fibra; pueden ser secos (henos, cascarillas y rastrojos), suculentos (“frescos”, praderas verdes, etc.) y ensilados; pueden pastorearse y/o cortarse para suministrarse en pesebre..
Suplementos concentrados	Son alimentos que complementan a los forrajes. Tienen algún nutriente en mayor nivel que otros; por ejemplo los proteicos (harinas extractadas de oleaginosas como la soya), los ricos en energía disponible (cereales, tubérculos, melazas, aceites y grasas), minerales (roca fosfórica, huesos, sal común, etc.) y vitamínicos.

Las proporciones de uso de estos alimentos varían con la etapa fisiológica y productiva de los animales (demandas nutricionales) y con la época del año que marca la disponibilidad de forrajes (ofertas de alimentos); la cabra lactante en la primera mitad de la lactación es la que tiene los requerimientos más altos y consecuentemente se usan más alimentos concentrados y la que está en mantenimiento (seca y no gestante) se puede alimentar mayoritariamente de forrajes. Sin embargo, hay que aceptar que con el propósito de intensificar la producción y aprovechar el potencial genético de los animales rumiantes se ha aumentado el uso de alimentos energéticos y proteicos, a expensas de los forrajes,

ocasionando cambios en la dinámica fermentativa en el rumen y en el metabolismo general, que es necesario controlar.

En cuanto al aprovechamiento de los alimentos fibrosos existe información sobre los patrones de digestión y complementación con otras fuentes de nitrógeno y energía, así como los mecanismos físicos y químicos para aumentar su consumo o digestibilidad.

LOS SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES.

Para conocer los subproductos agroindustriales se sugiere primero identificar el ramo de origen y los productos que genera, para uso o beneficio del hombre y después los residuos que deja para la alimentación animal, de las cabras entre ellos y su valor nutricional relativo para la especie.

El grupo de subproductos agrícolas e industriales incluye las partes vegetativas (pajas y rastrojos) de las gramíneas (maíz, cebada, trigo, sorgo) y las leguminosas (frijol, haba), que quedan después de cosechar los granos; en otros casos, son los subproductos (bagazos y cascarillas) resultantes de remover las partes de alto valor alimenticio (azúcares solubles, aceites, etc.) o industrial, como en la caña de azúcar, las semillas oleaginosas y las frutas; de la industria pecuaria (de la leche, de la carne) se obtiene el suero, el estiércol y la orina, la sangre y vísceras; adicionalmente de la pesquera se obtienen peces de acompañamiento y también sangre y vísceras.

El siguiente cuadro muestra ejemplos de diferentes subproductos y su procedencia de la agricultura o de la industria; su valor nutricional relativo se indica en diferentes colores, solo con fines orientativos.

Industria	Productos	Subproductos
Agricultura	Granos maduros (maíz, frijol, trigo, avena, etc.)	**Pajas, rastrojos, olotes, hojas de la mazorca**
	Granos tiernos (maíz, haba, chícharo …)	**Cañuela, vainas y rastrojos verdes**
Harinera	Harinas, granos pulidos (trigo, arroz, avena)	**Cascarillas, salvados, salvadillos, puliduras**
Aceitera	Aceite comestible (soya, cártamo, girasol, maíz, colza, algodón, …)	**Harinas o pastas extractadas, cascarillas**
Cervecera	Cerveza (cebada)	**Grano fresco y seco**
Azucarera	Azúcar cristalizada	**Melaza, bagazo**
Juguera	Jugos varios	**Cáscaras y bagazo**

Empacadora	Verduras empacadas	**Hojas, verduras de desecho**
Henequenera	Fibra de henequén	**Bagazo, pulpa**
Maderera	Madera aserrada, madera cortada y pulida	**Viruta y aserrín**
Vitivinícola	Vinos	**Bagazo (orujo)**
Jardinería		**Recortes de jardinería**
Pecuaria, **Pesquera,** **Frigorífica**	Carne, leche, huevos, pieles, lana …	**Heces y orina**, **sangre, vísceras y otros …**

- **Mala calidad, muy lignificados**
- **Buena calidad, tiernos**
- **Buena calidad, nutrientes concentrados**
- **Mediana calidad**

Los requerimientos nutricionales para cada etapa de la vida de la cabra así como la composición de los alimentos más conocidos se encuentran en las tablas correspondientes del NRC, 2007; ARC, 2009; INRA, 2010. La información de ingredientes menos comunes, de disponibilidad y uso regional, se pueden encontrar en las memorias de los congresos científicos, en tesis de grado y en algunas tablas de composición de alimentos regionales.

Con la excepción, por ejemplo, de la pulpa de henequén y las puliduras del arroz, los subproductos son de menor calidad nutricional que los productos; su precio es inferior.

SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES FIBROSOS.

En la mayoría de los casos, se trata de productos secos, muy maduros, fibrosos, cuyos componentes químicos principales son los carbohidratos estructurales; su valor nutricional global está relacionado con el de éstos y su unión con la lignina.

Características generales

- Son de baja densidad, es decir, ocupan mucho espacio con respecto a su peso, tienen una alta capacidad de absorción de líquidos. Se les denomina como forrajes toscos o voluminosos. Su transporte y manejo puede ser costoso.
- Son de digestibilidad baja y aportan poca energía metabolizable al animal. Su energía digestible varía de 1.2 a 2 Mcal/kg MS, en el mejor de los casos.
- Tienen bajo contenido de proteína. La proteína y digestibilidad de los vegetales se reducen con la edad.

- Tienen alto contenido de fibra o paredes celulares (fibra detergente neutro, FDN), lignina y algunos sílices; estos últimos reducen aún más su aprovechamiento por el animal.
- Los tallos y las cascarillas (más fibrosos y con menos proteínas que las hojas) representan la mayor proporción de los esquilmos agrícolas.
- Pueden ser deficientes en algunos minerales (fósforo y azufre) y los secos, en carotenos (precursores de vitamina A).

Como consecuencia de estas características, el aporte de nutrientes es, por una parte, bajo y por otra, el consumo voluntario se reduce; por consiguiente, la productividad de los animales alimentados principalmente con estos alimentos es baja.

A pesar de tantas limitantes, los residuos agroindustriales son utilizados de manera amplia, sobre todo en áreas agrícolas o donde la disponibilidad de otros forrajes es baja, en épocas de escasez y en casos de emergencia (por ejemplo, durante la sequía).

Cabe destacar también que los esquilmos y subproductos agroindustriales (por ejemplo, los alimentos fibrosos) tienen algunas ventajas:

- Pueden ser de los pocos alimentos disponibles, sobre todo para el pequeño productor, en la época de escasez de forrajes y también en la temporada de lluvias, cuando la tierra está ocupada con otros cultivos.
- Por ser fibrosos, favorecen el funcionamiento del retículo-rumen de los animales, la remasticación (rumia) y el tránsito de los alimentos en el tracto digestivo.
- Estimulan la producción de saliva, lo cual ayuda a mantener la acidez del rumen en niveles intermedios, evitando así la acidosis típica de las dietas sin o poco forraje. Cuando el tamaño de la partícula es más grande (es decir, si las fibras son más largas), este efecto es más marcado.
- En niveles intermedios, favorecen la producción de ácidos grasos volátiles en el retículo rumen, en una proporción más adecuada para la síntesis de la grasa de la leche.

Al comparar el aporte de los dos principales nutrientes (la energía y la proteína) de este tipo de forrajes, se observa que:

- Como alimento único, no alcanzan a cubrir los requerimientos de ninguna de las categorías (etapas productivas) de los caprinos, ni siquiera para el mantenimiento.
- Se pueden utilizar niveles más altos de este tipo de forrajes en los animales de menores requerimientos, como el caso de las cabras secas, no gestantes, es decir, para mantenerlas.

Uso racional de los subproductos fibrosos.

En el siguiente cuadro se muestran las medidas para contrarrestar las limitantes nutricionales de los esquilmos agroindustriales. Están orientadas a:

Estrategia general	Acciones
Aumentar el grado de digestión (la digestibilidad), la velocidad de paso por el retículo-rumen y el consumo voluntario.	Para romper la unión de los azúcares estructurales con la lignina, se recurre a: a) tratamientos químicos (el método más común es el tratamiento con substancias alcalinas, como la sosa cáustica, la urea y el amoniaco, al 4% de la materia seca; la digestibilidad aumenta 10 unidades); b) el uso de enzimas que desdoblan la lignocelulosa como las obtenidas del hongo *Pleurotus ostreatus* (pudrición blanca). Un efecto similar se logra al corregir sus principales deficiencias; las de la proteína y la energía, como resultado del estímulo de la actividad microbiana
Aumentar la velocidad de paso y el consumo, sin aumentar el grado de digestión.	Al disminuir el tamaño de la partícula, como resultado del troceado o molido de los esquilmos, se acelera su paso por el retículo-rumen y aumenta el consumo, pero no el grado de digestión; sin embargo, se reduce la cantidad de alimento rechazado o desperdiciado por los animales. Un tamaño de partícula de 0.5 a 1 cm es aceptable; el esquilmo muy molido tiene efectos contraproducentes.
Corregir sus deficiencias, según las necesidades nutricionales del animal, hasta alcanzar la producción deseada.	Para esto, se recurre a la utilización de forrajes de mejor calidad y/o suplementos proteicos y energéticos; también es necesario suplementar minerales y, en algunos casos, vitaminas. No es recomendable corregir la deficiencia de energía sin corregir la de proteína, ya que se desequilibra aún más la ración. Entre mayor sea la exigencia de nutrientes de los animales, menor será la posibilidad de integrar niveles altos de subproductos fibrosos.

Por ser la estrategia más comúnmente aplicada, se citan algunos ejemplos de complementación de subproductos fibrosos:

Esquilmo pastoreado o en pesebre, ofrecido para su consumo a voluntad, troceado, para animales en mantenimiento. Suplementar con una mezcla simple de energía y proteína (como la de melaza-urea) o el acceso a bloques multinutricionales basados en estos nutrientes; también se pueden suministrar cantidades limitadas de una mezcla de grano (o subproducto del mismo)-pasta de oleaginosa.

Como esquilmo enmelazado. El nivel de melaza está relacionado con el mejor nivel recomendado (entre 30% y 45% de la ración) y la dificultad para hacer la mezcla, misma que se complementa con una fuente de nitrógeno (proteica o no proteica) o una mezcla de ambas. En estas circunstancias, el nivel de esquilmos en la mezcla será de 70% a 55%.

Asimismo, puede ofrecérseles a los animales una mezcla de forrajes: uno de mala calidad como los esquilmos y otro de mejor calidad como el heno de alfalfa o pradera. Esto puede ser suficiente para animales con requerimientos moderados, pero no para otros más exigentes, a los que deberían complementarles esta alimentación con otras fuentes de energía y/o proteína.

Oras observaciones.

Con el objetivo de mejorar su manejo, es necesario reducir la voluminosidad de los esquilmos agroindustriales, a través de su molienda o empacado. Asimismo, se requiere disponer de los ingredientes para su complementación a precios asequibles. En caso de que se complementen con compuestos nitrogenados no proteicos (como la urea), es necesario tomar precauciones para reducir o evitar los riesgos de intoxicación.

En el caso de los tratamientos químicos, es necesario tener acceso a los álcalis a precios razonables; asimismo, el tratamiento (incluyendo la mano de obra y los insumos) no deberá ser superior al beneficio (*i.e.*, el valor del incremento en digestibilidad).

Tratándose de un grupo de alimentos de bajo nivel nutricional, se ven obligados a competir en precio con los ingredientes concentrados. Éstos pueden llegar a substituir los esquilmos, en vez de complementarlos.

El empleo de niveles altos de este grupo de alimentos se restringe a los animales de menores requerimientos nutricionales o a periodos de escasez y emergencia.

ADITIVOS.

Este amplio grupo de “alimentos” o ingredientes, van desde los compuestos que se adicionan a las raciones alimenticias para mejorar su conservación y su consumo hasta aquellos que mejoran el aprovechamiento de los nutrientes generados por los procesos digestivos y metabólicos a diferentes niveles, en el rumen o en los sitios de utilización (síntesis de proteína y grasa en el músculo y proteína, grasa y azúcar en la leche, por ejemplo).

El uso de los aditivos que está en constante revisión para detectar posibles efectos tóxicos, su acumulación en los organismos que los reciben y posibles efectos ambientales. Por ejemplo en la Unión Europea (UE) se ha prohibido el uso en la

alimentación animal de antibióticos de uso en el humano. La siguiente es una clasificación de los aditivos usada en la UE:

- Tecnológicos (conservantes, aglutinantes)
- Sensoriales (colorantes, aromatizantes)
- Nutricionales (vitaminas, aminoácidos)
- Zootécnicos (mejoradores de la flora intestinal, promotores de crecimiento no microbianos)
- Coccidiostáticos

Obsérvese que no aparecen los probióticos como tales sino como aditivos zootécnicos.

Los aditivos también se han clasificado por sus efectos, funciones y mecanismos de acción.

Entre los que aumentan el consumo de alimento o que garantizan su inocuidad, destacan aquellos que mejoran o promueven los procesos de conservación como es el caso de los ensilajes (fermentación) o que reducen la fermentación como el caso de la melaza con ácido fosfórico, su presentación, como el empastillado (pelets) que usa aglutinantes (bentonita) y su consumo a través de saborizantes como la sal común y la melaza, además de todos aquellos mecanismos que, a nivel ruminal, aumenten la tasa de recambio. En la elaboración de alimentos se pueden usar fungistatos para evitar o reducir el crecimiento de hongos, antioxidantes para conservar las grasas o aceites evitando su enranciamiento, arcillas para contrarrestar la presencia de micotoxinas, frecuentes en los granos, contaminados con hongos de los géneros *Aspergillus*, los que producen las aflatoxinas, *Nigrospora*, *Gibberella* y *Fusarium*, cosechados o almacenados en condiciones de alta temperatura y humedad.

Entre los aditivos que se usan para regular o manipular la fermentación ruminal destacan los siguientes:

Amortiguadores del pH. En los animales alimentados con una mayor proporción de alimentos concentrados (energéticos) como es el caso de la engorda y la producción de leche, como resultado de una fermentación más rápida se produce ácido láctico que baja el pH (acidosis láctica) y modifica la población microbiana ruminal. Desde tiempo atrás se ha empleado como aditivo el bicarbonato de sodio para reducir el descenso del pH; lógicamente, son recomendables, los mecanismos que aumenten el flujo natural de bicarbonato ya que se encuentra en la saliva: el uso de forrajes y en particular de fibra larga, aumentan la rumia y la insalivación; el uso de ácidos orgánicos y probióticos alteran el tipo de fermentación, de láctica a butírica, que también aumentan la síntesis de grasa, de la leche por ejemplo.

PROMOTORES DEL CRECIMIENTO.

En vista de que uno de los mecanismos de acción de los promotores del crecimiento es el de modificar los patrones de fermentación ruminal conviene revisar primero como

es el funcionamiento de los procesos **digestivos** de los animales rumiantes, cuyo objetivo es degradar los alimentos en sus nutrientes básicos en el tracto gastrointestinal y que esos nutrientes puedan pasar al cuerpo a través de la pared intestinal) **y metabólicos** (que son los procesos de utilización de los nutrientes absorbidos para la sobrevivencia o mantenimiento del animal y, después, su acumulación en forma de crecimiento, reproducción y secreción de leche.

Desde el punto de vista morfológico el animal rumiante está dotado de compartimientos pregástricos (3) que funciona como una cámara de fermentación y filtración de los alimentos por los microorganismos que ahí viven y se reproducen. La relación es dinámica ya que la población microbiana varía con la composición del sustrato y las condiciones ecológicas del retículo-rumen. Físicamente los alimentos se degradan por la masticación, la remasticación (rumia) y los movimientos ruminales; químicamente por la ruptura de la estructura bioquímica por las enzimas microbianas. Como resultado de estos procesos básicos se generan ácidos grasos de cadena corta, volátiles (AGV's), aminoácidos y amoniaco (NH_3), y que pueden dar lugar a la síntesis de proteína microbiana, entre otros nutrientes, y pasar al tracto digestivo posterior para su digestión junto con los compuestos de origen alimenticio que resistieron la fermentación ruminal; algunos de esos elementos simples también pueden absorberse a través de la pared ruminal para su metabolización interna; los gases producidos, bióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e hidrógeno (H) principalmente, se eliminan por el eructo, consecuentemente no se aprovechan y, al contrario, contribuyen al efecto invernadero en el aire. Un indicador de la cinética ruminal es el pH que varía con el sustrato y el tiempo de digestión y que puede dar lugar a procesos de acidosis subaguda y aguda. Se pueden detectar otros ácidos grasos ramificados e inclusive lactato, en algunas situaciones.

Siendo los AGV's los productos finales y comunes de la degradación de los nutrientes que llegan al retículo-rumen su proporción molar es indicativa del tipo de fermentación de la que proceden. La cantidad total de AGV's producidos varía con la dieta y el tiempo transcurrido después de la ingestión de alimentos; igualmente variable es la proporción relativa de cada AGV; en dietas a base de un forraje tierno de clima templado puede ser del orden de 60:24:12:4, para ácido acético (C2), el mayoritario, propiónico (C3), butírico (C4) y otros. Los forrajes inducen una fermentación acética y los concentrados una propiónica: ésta última es glucogénica y es propia para las engordas y la primera es importante para la síntesis de grasa como la de la leche. La reducción del tamaño de partícula de los forrajes y la defaunación del rumen también pueden reducir la producción del ácido acético.

La parte esencial e importante es que los rumiantes como la cabra pueden aprovechar alimentos fibrosos, que otros animales (aves y cerdo) no pueden utilizar, son capaces de utilizar proteínas de una amplia calidad y compuestos nitrogenados no proteicos y sintetizan, vía los microbios, vitaminas del complejo B y vitamina K; los niveles de glucosa absorbida son bajos. Por otro lado se trata de que las fuentes de nutrientes, proteínas, grasas y almidones, que tienen buena digestión y perfil de sus componentes no se degraden en el rumen sino en el intestino, para aumentar su eficiencia de utilización; existen alimentos de este tipo que naturalmente resisten la degradación

ruminal como la harina de pescado pero otros como la caseína son muy solubles y degradables por lo que hay que protegerlos artificialmente por medios físicos (calentamiento) o químicos (formol).

Para controlar (manipular) las diferentes vías metabólicas y ante la restricciones en el uso de los antibióticos, se ha impulsado el estudio y uso de tres grupos biológicos: los probióticos, las enzimas exógenas y los ácidos orgánicos (Caja y col., 2003)

PROBIÓTICOS. .

Existen muchas definiciones para este grupo. La Organización Mundial de la Salud simplemente los define como: "microorganismos vivos que cuando se administran en cantidades adecuadas confieren al huésped beneficios en su salud"., para Havenaar y Huisin in't Veld (1992), 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'. Van Eys y den Hartog (2003) añaden que deben estar en una dosis suficiente para modificar (por implantación o colonización) la microflora de algún compartimiento del aparato digestivo del hospedador. En la práctica suelen presentarse bajo formas destinadas a ser administradas en el agua o en el alimento.

En general se trata de bacterias Gram +, como las ácido lácticas no esporuladas (*Lactobacillus ssp., Bifidobacterium ssp.),* algunas no lácticas no esporuladas *(Bacillus licheniformis, Bacullus subtilis),* las levaduras *Saccharomyces cerevisiae, S. boulardii)* y los hongos (*Aspergillus oryzae, A. niger)*), principalmente.

Entre las bacterias patógenas intestinales a las que se pretende desplazar son de los géneros Gram - (*Salmonella, Campylobacter, Escherichia,* entre otras.).

El objetivo de administrar probióticos es establecer una microbiota intestinal favorable antes de que los microorganismos productores de enfermedades puedan colonizar los intestinos, aunque, en el caso de las bacterias productoras de ácido láctico, éste también inhibe la proliferación de muchas bacterias potencialmente patógenas o no deseables en el intestino.

Es generalmente aceptado que los probióticos trabajan por 'competencia de exclusión' e incluyen la:

- Competición por los receptores que permiten la adhesión y colonización de la mucosa intestinal.
- Competición por determinados nutrientes.
- Producción de sustancias antimicrobianas.
- Estimulación de la inmunidad de la mucosa y sistémica del hospedador.

Hay que tomar en cuenta que los animales rumiantes son capaces de producir importantes cantidades de lactato y lactobacilos en el retículo-rumen en condiciones naturales de acidez. Así uno de los objetivos del uso de probióticos es controlar la acumulación de lactato en el rumen, estimulando el crecimiento de los

microorganismos utilizadores de lactato y estimuladores de la síntesis de propionato.

Se ha estudiado la adición de un solo género de bacterias o una mezcla de varias. En el estudio de Apás y col. (2015) se evaluaron cepas de *Lactobacillus reuteri , Lactobacillus alimentarius, Enterococcus faecium y Bifidobacterium bifidum* sobre el perfil de ácidos grasos a nivel intestinal y la estructura morfológica del intestino de cabritos destetados encontrándose que el probiótico aumentó la concentración del ácido palmitoleico (16:1), el oléico (18:1), el linolénico (18:3) el docosahexaenoico (22:6) y del ácido linoléico conjugado (18:2); la estructura del intestino estuvo mejor conservada. En cuanto a la composición de ácidos grasos de la leche aumentó la concentración del ácidos oléico, el linoleico, el linolénico y el linoléico conjugado.

Galina y col. (2007) mostraron que la adición de bacterias acidolácticas a dietas de cabritas aumentaron significativamente la ganancia de peso, la digestibilidad del N y de la fibra neutro detergente; la concentración de NH_3 en rumen fue más alta. En otro experimento con cabritos (Galina y col., 2009) obtuvieron resultados similares y además el conteo de bacterias ácido lácticas en las heces de los tratados fue superior.

Por otra parte, la inoculación de quesos de cabra pueden ser protegidos contra *Escherichia coli* con lactobacilos aislados de la leche de cabra.. (Gonçalves de Almeida Júnior, 2015)

Las levaduras (Saccharomyces spp.) son sin duda uno de los probióticos mas utilizados en alimentación animal, tanto en animales de estómago simple como en rumiantes. Las respuestas más consistentes en el segundo grupo de animales se han encontrado en vacas lecheras; en pequeños rumiantes se ha estudiado menos y las respuestas han sido más variables. Los efectos reconocidos en rumiantes se atribuyen al aumento de la celulolísis ruminal y del flujo de proteína microbiana al intestino.

En cabras lecheras Nina (2013) estudió la adición de un cultivo activo de levaduras RFN que solo tuvo efecto sobre el contenido de grasa en la leche que fue mayor con el aditivo; en uno de tres experimentos el aditivo aumentó la degradación de la FND del heno de alfalfa y una tendencia a reducir el N amoniacal en el rumen. .

Estos resultados son coherentes con la variación de los productos finales de digestión ruminal esperados al aumentar la celulolísis y el flujo de proteína microbiana, con un aumento del acetato y disminución del propionato. En consecuencia, los precursores de la lactosa deben disminuir y de ahí el efecto negativo que puede haber sobre la síntesis de proteína.

La información existente en el uso de la levadura en cabras lecheras es poco consistente inclusive cuando se ha usado en combinación con el ácido málico (Caja y col., 2003). Se ha propuesto que las menores condiciones de acidez ruminal y

mayor capacidad ingestiva de las cabras pueden influir en los resultados de producción y composición de la leche.

En España Sotillo y col., (2009) al adicionar la levadura *Saccharomyces cerevisae* a la dieta de cabras Murciano-Granadinas obtuvieron aumento del 7% en la producción de leche y un incremento en el porcentaje de grasa en la misma. A su vez se produjo un aumento del nivel de urea en leche y una mejora de la condición corporal. También se observó un descenso en los valores del recuento de células somáticas de la leche, indicativo de un mejor estado sanitario de los animales.

Como muestra de la inconsistencia de la suplementación de probióticos (levadura seca activa y bacterias ácido lácticas) están los trabajos de Whitley y col., (2014) quiénes en 3 de 4 experimentos el crecimiento de cabras cárnicas no mejoró; la digestibilidad de los nutrientes, en otro experimento no fueron diferentes y en otro más las características de la canal no se afectaron.

En contraste López y col., (2009) encontraron que la suplementación de .2 g/d de levadura aumentó significativamente la producción de leche de cabras Nubia, de 1,217 a 1,346 mL/d peo no así con .4 g/d..

La respuesta del pastoreo de cabras lecheras más un suplemento láctico ha sido estudiada por Trejo (2011) quien encontró que la adición del suplemento láctico disminuyó significativamente la cantidad de ácidos grasos saturados (de 6.03 a 4.23 g/100 g de queso) y aumentó la proporción de ácidos grasos poliinsaturados (de 4.95 a 5.57 g/100 g), igualmente los AG *trans* disminuyeron de .401 a .329 g/100 y el ácido linoléico conjugado aumentó de .165 a .245 g/100 g de queso, sin diferencias en los omega 3. También analizó a detalle el contenido de los compuestos orgánicos aromáticos volátiles (27, distribuidos en 7 familias químicas).

ENZIMAS

Las enzimas exógenas, como aditivos de alimentos para rumiantes, tienen interés para catalizar (acelerar) las reacciones degradativas que ocurren durante la digestión tanto de los componentes de la pared celular (celulasas, xilanasas, *b*-glucanasas, pectinasas), como de su contenido (amilasas, proteasas), en particular de aquellas fracciones no digeridas (principalmente la fibra) por los procesos normales, es decir que complementan la acción de las enzimas microbiana. También se ha planteado que pueden actuar acondicionando el material a degradar a la acción de la población microbiana ruminal.

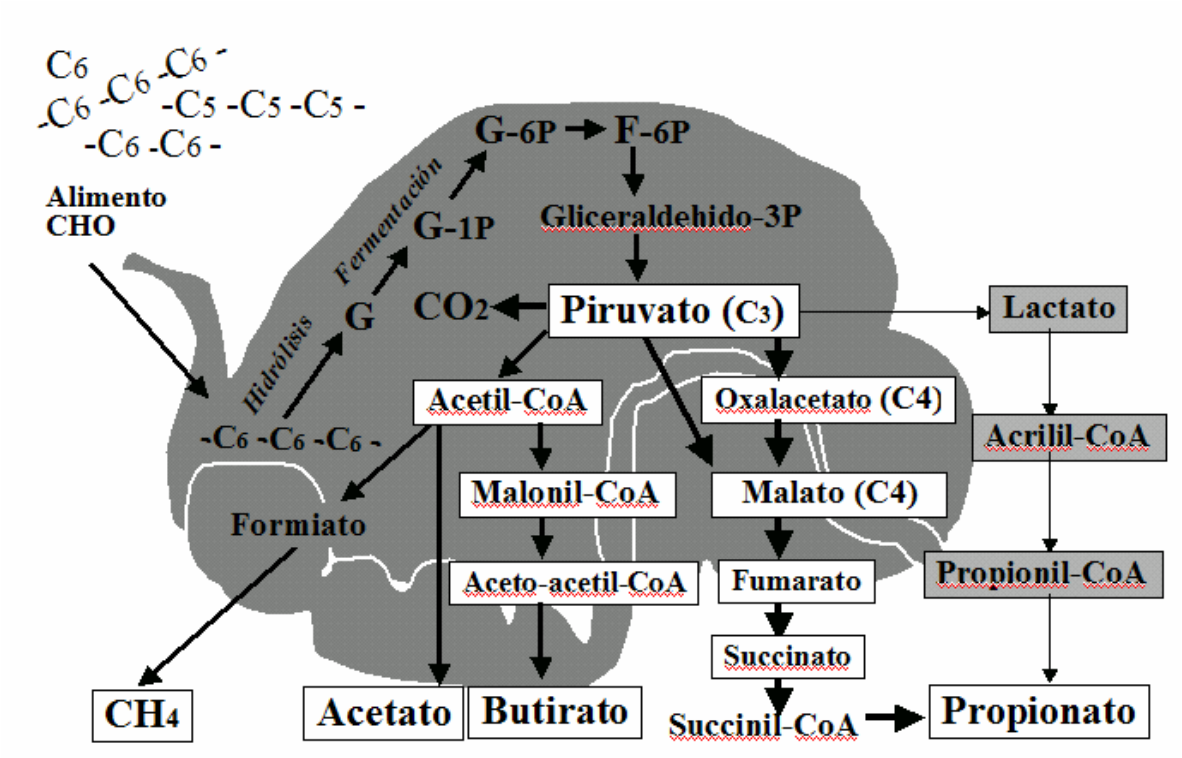
El uso de enzimas en ganado caprino lechero no está bien sustentado. Por ejemplo González (citado por Caja y col., 2003) utilizando una mezcla de enzimas fibrolíticas (celulasa y xilanasa), adicionada al alimento granulado al 0.47% (aproximadamente 0.4 g/d), encontró mejoras en la digestibilidad de la MS y la MO, lo que se tradujo en una mejor condición corporal y menor pérdida de peso pero no en el consumo, la producción y composición de la leche. Lo que si se ha puesto de manifiesto es la alta capacidad ingestiva de la cabra lechera, en general.

ÁCIDOS ORGÁNICOS

Los ácidos orgánicos se encuentran de forma natural en los tejidos biológicos, ya que son productos intermedios de algunos ciclos metabólicos, y algunos de ellos se producen también en el tracto digestivo de los animales durante los procesos de fermentación.

Estos ácidos se utilizan frecuentemente como aditivos en la alimentación de los animales de estómago simple, pero su uso en los animales rumiantes es todavía limitado. De hecho, la mayoría de las experiencias realizadas en estos animales se reducen a los ácidos fumárico y málico, ácidos dicarboxílicos (C2) que intervienen en el metabolismo del piruvato.

Esquema de la formación y metabolismo de los ácidos grasos volátiles en el rumen (Caja y col., 2003)



Se ha estudiado el efecto de fumarato y malato (en concentraciones crecientes hasta 10 mM) sobre el crecimiento de *Selenomonas ruminantium,* que se duplicó. Esta es una bacteria ruminal mayoritaria en el rumen de animales que reciben dietas altamente concentradas, También se caracteriza por fermentar un gran número de monosacáridos (i.e. glucosa, fructosa y galactosa), disacáridos (maltosa y lactosa) y oligosacáridos, para producir acetato, propionato y lactato como principales productos finales. Muchas subespecies de esta bacteria pueden utilizar ácido láctico como fuente de energía (Caja y col., 2003). Los estudios *in vitro* indican

la captura y utilización de lactato por *S. ruminantium,* lo cual en los animales podría disminuir los descensos de pH y la presentación de acidosis ruminal (ver esquema de vías metabólicas).

Otro de los efectos que se han observado tras la administración de fumarato y malato es una reducción de la producción de metano, que se elimina en el eructo y constituye una pérdida energética que oscila entre el 11-13% de la energía metabolizable de la ración. Cuando existe hidrógeno en el medio ruminal, *S. ruminantium* fermenta a ambos ácidos y produce succinato y propionato, finalmente (vía succínica). Por medio de esta vía disminuye la concentración de hidrógeno en el rumen y se reduce la cantidad de hidrógeno disponible para formar metano. Por otra parte, por la vía acrílica, el lactato se transforma en propionato

La respuesta a los ácidos orgánicos puede estar relacionada al tipo de ración (en dietas con alto contenido de forrajes el efecto es mayor) y al contenido de éstos ácidos en el forraje: las leguminosas aportan más malato que las gramíneas, por ejemplo; consecuentemente la respuesta es mayor en el segundo, lo que puede traducirse en respuestas variables en los indicadores productivos.

CONSIDERACIONES FINALES.

En los temas de subproductos y aditivos son muchos y variados los ingredientes y compuestos disponibles a los que hay que agregar las condiciones de manejo de los alimentos y los animales. Por lo anterior deben cuidarse la uniformidad de las raciones para que los resultados esperados sean satisfactorios, biológica y económicamente.

Por otra parte hay que estar abiertos a otro tipo de tendencias como es el caso.del uso de aditivos de origen natural o fitogénicos, que se presentan como alternos a los productos de una síntesis química, así como de otros que ahora están prohibidos (como los antibióticos). De las especies de plantas aromáticas, se obtiene el eugenol (a partir del clavo); de las especias picantes, se obtiene la capsaisina (a partir de los chiles); de las hierbas aromáticas y especias, se extrae la alicina (a partir del ajo).

Igualmente está en boga el pastoreo (y consumo) de vegetales naturales, que le puedan conferir a la leche y sus productos otras propiedades benéficas al consumidor.

LITERATURA RECOMENDADA.

Andrade M.H., Martínez R. L:R:L. 2013. Bases de la alimentación de las cabras. En: Comité Nacional Sistema Producto Caprinos. Tecnologías en apoyo a la caprinocultura. Vol .I:7.

Alves Bezerra, T.K., Oliveira Arcanjo, N.M., Ribeiro de Araújo, A.R., Meneses de Queiroz, A.L., Gomes de Oliveira, M.E., Pereira Gomes, A.M., Suely Madruga, M. 2016. Volatile profile in goat coalho cheese supplemented with probiotic lactic acid bacteria. LWT.Food Science and Technology.xxx (2016) 1-7

Apás ,A.L, Arena, M.E., Colombo, S and González, S.N., 2015. Probiotic administration modifies the milk fatty acid profile, intestinal morphology, and intestinal fatty acid profile of goats. J. Dairy Sci. 98 :47–54

Caja, G., González E., Flores, E. Carro, M.D. y Albanell, E. 2003. Alternativas a los antibióticos de uso alimentario en rumiantes: probióticos, enzimas y ácidos orgánicos. XIX Curso de Especialización FEDNA, Madrid, España.

Castellanos R. A.F. 2013. Utilización de aditivos en la alimentación de los caprinos. En: Comité Nacional Sistema Producto Caprinos. Tecnologías en apoyo a la caprinocultura. Vol. I:23. :

Fedele V., Rubino R., Claps S., Sepe L., and MoroneG. 2005. Seasonal evolution of volatile compounds content and aromatic profile in milk and cheese from grazing goats. Small Rum. Res. 59:273-279

Galina, M.A., Delgado-Pertiñez, M., Ortíz-Rubio, M.A., Pineda L.J. y Puga D.C.. 2009. Cinética ruminal y crecimiento de cabritos suplementados con un probiótico de bacterias ácido-lácticas. Pastos y Forrajes, Vol. 32, No. 4, 2009

Galina M.A., Ortíz-Rubio, M,A., Guerrero, M. 2007. Desarrollo de cabras con y sin suplementación, con un probiótico de bacterias lácticas. V° Congreso de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. Mendoza, Argentina.

Gonçalves de Almeida J., W.L, Da Silva Ferrari, I., De Souza, J.V:, Andrade da Silva, C.D., Matiuzzi da Costa, M., Silva Dias, F. 2015. Characterization and evaluation of lactic acid bacteria isolated from goat milk. Food Control 53 (2015) 96-103

González R.M. 2013. Alimentación proteica en cabras. En: Comité Nacional Sistema Producto Caprinos. Tecnologías en apoyo a la caprinocultura. Vol. I:10 www.cnsp.caprinos.org.mx/index.php/publicaciones

Havenaar, R. y Huis in´t Veld, J.H.S. (1992) En: *The lactic acid bacteria in health and disease.* Vol. I. Wood B.J.B., Elsevier, New York.

Hernández Cadena, J. 2010. Elaboración y caracterización de un aditivo biológicamente activo a través de una fermentación en estado líquido. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. México.

López RJF, Díaz GMO, Torres HG, Mandeville BP, Ochoa CMA, Urrutia MJ. 2009. Efecto de la suplementación con S*accharomyces cerevisiae* y factores intrínsecos

sobre el peso vivo y producción de leche de cabras Nubia. VI Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. Querétaro, México, 367-370.

McGinn, S.M., Beauchemin, K.A., Coates, T. y Colombatto, D. 2004. Methane emissions from beef cattle: Effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. J. Anim. Sci. 82:3346-3356.

Martínez R. L.R.L. 2014. Uso de subproductos agroindustriales en la alimentación de caprinos. En: Comité Nacional Sistema Producto Caprinos. Tecnologías en apoyo a la caprinocultura. Vol. II.
www.cnsp.caprinos.org.mx/index.php/publicaciones

NRC (National Research Council). 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, DC, USA. National Academy Press. 362 p.

Nina Vega J. 2013. Estudio del efecto de la adición de cultivos activos de levaduras RFN en la dieta de caprino lechero sobre la producción y calidad de la leche, fermentación ruminal y degradabilidad de la dieta, Tesis de Master, Universidad de Córdoba., España.

Pinos R.J.M., González M.S.S. 2000. Efectos biológicos y productivos de los ionóforos en rumiantes. Interciencia 25(8): 379.

Sotillo Mesanza, J; Gutiérrez Panizo, C; Carrizosa Durán, JA. 2009. Ensayos para la investigación: importancia del control lechero caprino (Tests for research: the importance of goat milk). REDVET Rev. electrón. Vet, Vol. 10, Nº 3, Marzo/2009. http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n030309.html

Trejo S.J. 2011. Efecto del pastoreo con adición de un suplemento láctico sobre el contenido de ácidos grasos, compuestos orgánicos volátiles y características sensoriales de quesos de leche de cabra. Tesis de Maestría. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.

Van Eys, J. y Den Hartog, L. (2003) En: *International One-Day Seminar: Role of Probiotics in Animal Nutrition and their Link to the Demands of European Consumers.* Lelystad

Whitley N.C., Cazac D., Rude B.J., Jackson-O'Brien D. and Parveen S. 2014. Use of a commercial probiotic supplement in meat goats. J. Anim. Sci. 2009. 87:723–728