



¿CÓMO PUEDE LA

*alimentación líquida* **bo**

OPTIMIZAR LAS RACIONES  
LECHERAS?



# Enriquecimiento en azúcar en las dietas de vacas

## INTRODUCCIÓN

Para hacer frente a las demandas de los ganaderos, los nutricionistas deben formular dietas que:

1. Estimulan una mayor producción de leche en línea con la genética animal en las diferentes etapas de la lactancia;
2. Mejorar la composición de la leche (proteínas, grasas) y las propiedades para la fabricación de queso;
3. Reducir los riesgos de enfermedades metabólicas, tales como la acidosis ruminal;
4. Mantener un sistema inmunológico innato eficiente reduciendo los insultos inflamatorios en el rumen y en el intestino.

La formulación de raciones que, en teoría, son "correctas" no es suficiente para garantizar una respuesta a nivel de explotación. La manera en la que se preparan y gestionan las raciones, así como las técnicas de alimentación, también son muy importantes para lograr resultados óptimos y constantes. Hasta la fecha, somos conscientes de las repercusiones que las condiciones ambientales (temperatura, humedad, luz solar) pueden tener en las explotaciones, y también la gestión de grupos en relación a la fase de lactancia.

---

**ANDREA FORMIGONI<sup>1</sup>,  
ALBERTO PALMONARI<sup>1</sup>,  
LUDOVICA MAMMI<sup>1</sup>  
PHIL HOLDER<sup>2</sup> & LUIZA  
FERNANDEZ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> DIMEVET\_ALMA MATER  
STUDIORUM\_UNIVERSITY OF  
BOLOGNA

<sup>2</sup> EDF&MAN LIQUID FEED



En comparación con el pasado, los conocimientos modernos nos permiten comprender mejor las necesidades del animal y la composición de los alimentos, así como de los modelos y el software de racionamiento.

El desafío para el nutricionista de vacas lecheras es formular raciones adecuadas en lo que concierne a nutrientes digeribles para el rumen y el intestino para cumplir con los requisitos de mantenimiento y producción a la vez que se mantiene una función digestivo saludable.

El objetivo de esta ponencia es resumir el papel desempeñado por los diferentes carbohidratos (CHO) y los azúcares en particular en lo que concierne a su presencia en las raciones de vacas lecheras.

## Ndf, aNdfom, uNdf, pdNdf y peNdf

El primer paso en la optimización de raciones es definir la necesidad de fibra de detergente neutro (NDF).

La determinación original del NDF ha cambiado mucho con el paso del tiempo; el uso de sulfato de sodio, la  $\alpha$ -amilasa y, más recientemente, la corrección de ceniza ha reducido significativamente la importancia de esta fracción en los forrajes y concentrados, y ahora hacemos una estimación más refinada del contenido de pared celular. El último acrónimo utilizado para identificar

a la estructura de la CHO se llama ahora aNDFom (materia orgánica de fibra de detergente neutro, obtenido con el uso de la amilasa y corregido su contenido de ceniza).

La aNDFom está compuesta de CHO potencialmente digeribles en el rumen y en el intestino (pdNDF), y de otra porción que se considera completamente indigesto (iNDF). En el pasado, se calculaba la iNDF utilizando una relación fija con la cantidad de ADL ( $ADL * 2,4$ ), pero ahora se puede determinar de manera analítica *in vitro* en 240h o en vivo en 288h. Estos procesos de fermentación tan largos producen un "residuo" llamado uNDF. Ahora, muchos laboratorios comerciales están equipados con curvas de NIR y pueden dar una evaluación rápida y económica de todas las diferentes fracciones de fibra en los alimentos.

Por lo tanto, la pregunta que se debe hacer al nutricionista es cuánto uNDF y pdNDF hace falta en el alimento.

Unas investigaciones llevadas a cabo por la Universidad de Bolonia, el Miner Institute, y Cornell University, sugieren que la cantidad adecuada de uNDF en el alimento está entre el 0,28-0,48% del peso corporal de la vaca o alrededor del 10-11% de la materia seca (Cotanch *et al.*, 2014; Fustini *et al.*, 2017). Parece que estas cantidades son adecuadas para mantener el tiempo de masticación y rumia así como el pH del rumen.

El requisito mínimo de NDF para vacas lecheras lactantes fue pro-

puesto por Mertens (1997) en el 28-30% de la materia seca. Teniendo en cuenta que la aNDFom da unos valores más bajos que la NDF, podemos especular que la cantidad mínima de aNDFom debería reducirse al 25-26% según las sugerencias de Mertens. Esto significa que se podría proponer un nuevo requisito para el pdNDF: se debe incluir en la ración aproximadamente un contenido mínimo del 15-16% sobre la base de la materia seca del pdNDF.

La evaluación de la velocidad de digestión de la fracción de pdNDF también es importante para calcular mejor la cantidad de fibra disponible para que las bacterias celulolíticas mantengan el equilibrio de la microbioma del rumen. Este aspecto es esencial para cumplir las necesidades de energía y los requisitos aminoácidos y para mantener un sistema digestivo saludable.

Para conseguir estos resultados, proponemos que el requisito mínimo de pdNDF fermentado en el rumen debería igualar al menos la cantidad de almidón degradada en el rumen.

Es importante que la ración diaria asegure una cantidad de fibra "larga" (principalmente del forraje) que será la responsable de asegurar un tiempo apropiado de masticación, producción de saliva, y la motilidad fisiológica del rumen. Este parámetro, conocido como fibra físicamente efectiva (peNDF) y que fue introducido por primera vez por Mertens hace muchos años (1997), ha sido revisado en profundidad recientemente (White *et al.*, 2017). El factor principal a tener en cuenta a la hora de calcular el peNDF es el tamaño de las partículas; sin embargo, incluso el peso de las partículas, la cantidad de uNDF, y la velocidad de digestión del pdNDF tienen un gran impacto sobre la eficacia del peNDF en lo concerniente al tiempo de rumia y los hábitos alimenticios. También se puede tener en cuenta la "fragilidad" del forraje (diferente entre las hierbas y las leguminosas) pero aun es difícil medir este aspecto.

Desde una perspectiva práctica, el forraje mejor para "promover la masticación" es el heno, incluso cuando se administra con tamaños de partículas pequeñas (< 1-2 cm: Fustini *et al.*, 2011); se puede explicar este efecto por la baja tasa de degradabi-



# BrinaSan

Ácido Hipocloroso

## La desinfección definitiva



**CORONAVIRUS**

- Sin resistencias
- Sin contraindicaciones
- Microbicida no antibiótico
- Puede usarse en el agua de bebida
- Elimina virus, bacterias, hongos y levaduras
- Seguro en cualquier especie y en cualquier edad
- No irrita, no es tóxico, no mancha. Sin alcohol
- Elimina malos olores. Eficaz en presencia de biofilm

**ÚNICO  
PRODUCTO  
REGISTRADO**

en la Unión Europea  
ECHA/BPC/201/2018  
el 25 de abril de 2018



Equino



Perros



Gatos



Pequeñas mascotas



Aves



Reptiles



Animales de granja

Elimina el 99,9999% de los patógenos en < de 1 min.

Puede aplicarse sobre piel, mucosas y demás tejidos orgánicos.

Para heridas, cortes, cirugías, quemaduras, ulceraciones, otitis, micosis...

lidad del pdNDF, sus características de flotabilidad y su reducida fragilidad al masticar. Basándose en estos datos experimentales, los valores de peNDF del heno pueden “forzarse” hasta el 110- 115% del aNDFom. Por esta razón, en muchos casos, la inclusión de pequeñas cantidades de paja puede ser suficiente para cubrir eficazmente las necesidades de uNDF y de peNDF.

Además, se pudo medir el tiempo individual de masticación diaria en varias explotaciones gracias a unos sensores colocados en el cuello del animal. En el caso de vacas de alta producción, el tiempo de rumia debe exceder los 450-480 minutos al día; en estas condiciones, las raciones pueden ajustarse con mayor precisión para optimizar la función digestiva de los animales.

## LA FIBRA SOLUBLE

Consistente principalmente de pectinas y algunas fracciones de la hemicelulosa; la fibra soluble (SF) no se analiza directamente, sino que se hace una estimación basada en la siguiente ecuación:

$$\text{SF} = 100 - (\text{aNDFom} + \text{Proteína Cruda} + \text{Ether Extract} + \text{Ceniza} + \text{Almidón} + \text{Azúcares} + \text{Ácidos orgánicos})$$

La SF se considera un “combustible” rápido para la bacteria celulolítica. La leguminosas, los “granos blancos” y los subproductos, como la pulpa de remolacha, son ricos en estos compuestos.

Se han llevado a cabo varias pruebas para evaluar una posible sustitución de forrajes y almidón por fuentes de fibras solubles (Allen *et al.*, 2013). Los resultados generalmente son interesantes, ya que la producción de leche no se ve afectada, mientras que la cantidad de grasa en la leche aumenta, gracias a la mayor producción de butirato (tanto ruminal como intestinal). Un resultado importante obtenido por Allen *et al.* (2013) está relacionado con un proceso de engorde de las vacas más lento a mitad del periodo de lactancia cuando se cambió el maíz por pulpa de remolacha. En esta fase de la lactancia, los activos endocrinos y metabólicos varían, y los tejidos periféricos son más sensibles a la

insulina. La producción de la insulina se ve estimulada por el propionato producido en el rumen a partir del almidón, y por la glucosa absorbida en el intestino. En conclusión, con un uso más apropiado de la fibra soluble (SF) es posible reducir el riesgo del “síndrome de la vaca gorda” (“*fat cow syndrome*”).

Por otro, también es importante recordar que si la fibra soluble se escapa del rumen, podría reducir la absorción de otros nutrientes en el intestino, lo cual puede resultar en varios trastornos, como la diarrea, y fermentaciones cecales anormales. Estos efectos son bien conocidos en animales monogástricos, especialmente cuando se utilizan cereales como la cebada, la avena, o el trigo.

## EL ALMIDÓN

Un CHO que se utiliza normalmente para aumentar la energía dietética de apoyo.

El almidón puede variar según de qué fuentes vegetales se deriva, por los tratamientos tecnológicos, y por la gestión durante su almacenamiento. Consecuentemente, cambia mucho su digestibilidad ruminal e intestinal. Desde el punto de vista de laboratorio, la evaluación del almidón está normalizada, pero su digestibilidad no lo está. A fecha de hoy, se estima la digestibilidad del almidón usando fermentaciones *in vitro* de 7 h, pero el cálculo correcto de las tasas de digestión y de paso está lejos de haberse conseguido y, por lo tanto, sigue siendo objeto de debate.

Se han realizado varios estudios para definir los mejores niveles de aportación del almidón a la dieta, dependiendo de la producción de leche y la fase de lactancia. Teniendo en cuenta todos los temas mencionados arriba, es típico considerar al almidón como un compuesto de dos fracciones: la primera es la parte fermentable en el rumen, y la segunda es la parte digerida en el intestino.

Considerando los factores anteriormente descritos, el rango de aportación varía, y puede estimarse entre el 18-20% y el 28-30% DM, en relación con la cantidad de almidón que tiene que ser fermentado en el rumen y digerido en el intestino delgado.

Un enfoque posible en relación al equilibrio de la ración sería igualar la cantidad de pdNDF y del almidón digerido en el rumen.

Una de las preocupaciones principales acerca de la inclusión de almidón fermentable está relacionada con el riesgo de la acidosis ruminal sub-aguda. Este trastorno no siempre es fácil de diagnosticar y, en una explotación cualquiera, no todos los animales se ven afectados, incluso si se les da la misma dieta (Khiaosa-ard *et al.*, 2018).

Unos estudios recientes realizados en la Universidad de Bolonia subrayan que la respuesta es estrictamente individual y varía mucho entre los animales.

En general, la práctica y la experiencia científica sugieren que las raciones ricas en almidón cambian significativamente el ecosistema microbiano en el rumen, resultando en cambios de las poblaciones microbianas, lo cual afecta al metabolismo y a la producción del animal. En unos trabajos recientes, se ha observado que tales cambios conducirían a unas alteraciones graves en el epitelio del rumen, provocando una inflamación local y general, lo cual, a su vez, conduce a patologías de tipo SARA, tales como la laminitis o enfermedades hepáticas (Zebeli & Ametaj, 2013; García *et al.*, 2017).

## LOS AZÚCARES

La fracción de CHO “simplificado” incluye monosacáridos (una sola molécula), disacáridos (de 2 a 20 unidades de monosacáridos) u oligosacáridos (cadenas largas).

Los monosacáridos pueden tener de 3 a 6 átomos de carbono. Los tipos con 6 átomos, también llamados azúcares hexosas (como la glucosa, la fructosa, o la galactosa), normalmente fermentan con rapidez en el rumen; mientras que las pentosas (la xilosa, manosa, arabinosa, que se encuentran en los forrajes) son más lentos como se ve en la **Tabla 1** (Miron, 2002).

Entre los disacáridos, la sacarosa y la maltosa (hexosas) fermentan fácilmente en el fluido del rumen, mientras que la xilosa (pentosas) no. La lactosa también requiere cierto “tiempo de demora”.

# EO-FIT<sup>®</sup>



COMBINACIÓN SINÉRGICA DE  
ACEITES ESENCIALES

 **NOREL**  
ANIMAL NUTRITION

T. +34 91 501 40 41 | [info@norel.net](mailto:info@norel.net) | [www.norel.net](http://www.norel.net)

**Tabla 1.** Degradabilidad ruminal de monosacáridos hexosas - glucosa y fructosa - y de la pentosa xilosa.

Azúcar	Digestibilidad %
Glucosa	73,1
Fructosa	89,0
Xilosa	53,6

La idea prevalente es que el 100% de los mono y disacáridos que se libran de la fermentación serán digeridos en el intestino delgado. Esto puede ser cierto en el caso de los azúcares de 6 carbonos de la caña de azúcar y la melaza de remolacha, pero hay evidencia de que la lactosa no se digiere tan bien.

Los estudios han demostrado que los azúcares de 5 carbonos, que predominantemente vienen de la hemicelulosa, de la descomposición de las fibras, no se digieren bien en el intestino delgado y solamente hasta cierto punto en el intestino posterior (hindgut).

El papel nutricional de los azúcares es proporcionar al microbioma con energía disponible (**tabla 2**), pero también modular las funciones del rumen, estimulando los nichos específicos, y preservar el estatus del epitelio.

Varios estudios han reportado mejoras en las concentraciones de butirato ruminal cuando se aumentaron los niveles de azúcar dietético como sustituto parcial del almidón de cereales de grano (DeFrain *et al.*, 2004, 2006; Chibisa *et al.*, 2015; Oba *et al.*, 2015) y este mecanismo puede explicar las grandes ventajas vistas en este campo:

- **Mayor eficiencia ruminal:** el butirato es un factor de crecimiento para el epitelio (Malhi *et al.*, 2013). Las dietas para vacas lecheras que contienen grandes porcentajes de azúcares pueden incrementar la producción y, por lo tanto, promover una absorción de energía más eficiente a través de las papilas del rumen.
- **Estabilidad del pH:** El butirato sólo genera un H<sup>+</sup> mientras que otros VFA (ácidos grasos volátiles AGV) como el propiónico y acético generan 2 H<sup>+</sup>. Eso significa que al

incrementar la producción de la proporción de butirato y al promover una absorción más rápida de todos los VFA en el rumen, los azúcares pueden controlar mejor el pH del rumen en comparación con el almidón.

- **Incremento de grasa en leche:** los azúcares estimulan el crecimiento de la bacteria *Butyrivibrio fibrisolvens* que produce el butirato. Esto condujo a la inhibición del trans-10 biohydrogenation pathway ruminal, lo que explica el aumento en la síntesis de grasa láctea observado cuando se sustituía parte del almidón por azúcares en la ración de comida de los rumiantes (Sun *et al.*, 2015).

Los azúcares, por lo tanto, actúan como moduladores de la microbiota ruminal y mejoran el estado trófico de la mucosa ruminal cuando se

añaden correctamente a las raciones de alimento.

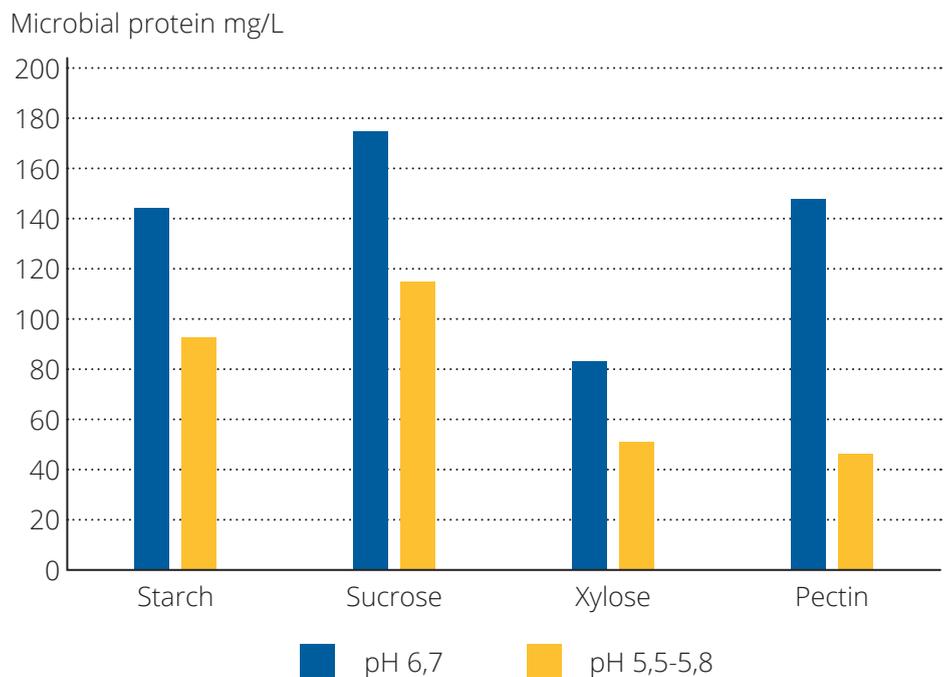
Otro aspecto interesante relacionado con la presencia de azúcares en la ración está relacionado con la manera en que influyen la digestibilidad de la fibra (Broderick *et al.*, 2008) que podría ser, por lo menos en parte, por la mayor presencia de hongos del rumen. El aumento de la digestibilidad de la fibra también puede explicar el impacto positivo general sobre la ingesta de alimento cuando se añade azúcar a las raciones.

Los efectos sobre el metabolismo del nitrógeno son interesantes también. En 1993, Chamberlain *et al.* mostraron que los azúcares solubles son superiores al almidón como fuente de energía para la fijación del nitrógeno en el microbiota del rumen. Estas pruebas también surgieron en el trabajo de Pina, 2010.

Una mayor fijación de nitrógeno en el rumen reduce la pérdida de nitrógeno a través de heces y la orina, lo cual resulta beneficioso para el medio ambiente, según demostró Hristov *et al.*, (2005) pero no por Broderick *et al.*, (2008).

El glicerol es un subproducto líquido que se obtiene de la producción de biodiesel y hace años que está disponible como alimento animal. El glicerol es un alcohol del azúcar con tres grupos de hidroxilo (-OH) que

**Tabla 2.** Los efectos de los diferentes fuentes de carbohidratos en la síntesis de la proteína microbiana in vitro (Strobel, H. J., & Russell, J. B. 1986).





**Tabla 3.** Efectos de los diferentes fuentes de carbohidratos sobre la síntesis de proteínas por el microbiota (Pina, 2010).

	Ensilage	Almidón	Xilo	Sacar	Lact	Fruct
<b>Amoniaco en el rumen 255 mg/l</b>		213	180	157	158	164
<b>Síntesis de proteínas por el microbiota, g/día</b>	64	74	82	93	89	86

son responsables de su solubilidad en el agua.

Se han estimado tres “pathways” del glicerol en el rumen, que incluyen el paso (13%), la fermentación (44%) y la absorción (43%). Estudios iniciales sobre el glicerol sugirieron una rápida fermentación por las bacterias del rumen para producir propionato. Los estudios de fermentación *in vitro* sugieren que *Selenomonas spp.* eran los agentes que principalmente fermentaban el glicerol, y que los productos principales eran el propionato, el lactato, el succinato y el acetato. Sin embargo, se han mencionado otros productos finales que surgen de la fermentación del glicerol. La respuesta más consistente tanto de los experimentos *in vitro* e *in vivo* parece ser un ligero incremento en la proporción de propionato y un mayor incremento de butirato (Krebbiel C.R., 2008). Se ha propuesto al glicerol como un precursor de la glucosa para las vacas lecheras o para tratar la ketosis con unos resultados modestamente favorables no comparables con aquellos obtenidos con el uso de glicol de propileno (Overton, 2007).

La administración de 1 kg por cabeza de ganado por día de glicerol en vez de 1 kg de pienso seco de maíz tuvo un efecto positivo en la ingesta y en el contenido de grasa láctea y de leche corregida por grasa (Formigoni *et al.*, datos no publicados). Los resultados obtenidos por Donkin *et al.*, (2007) no confirmaron la mejora de la ingesta de alimentos y de la producción de leche, aunque se observó una reducción en el contenido de N en la urea de la leche, lo que indica indirectamente un crecimiento bacteriano rápido.

## ÁCIDOS ORGÁNICOS

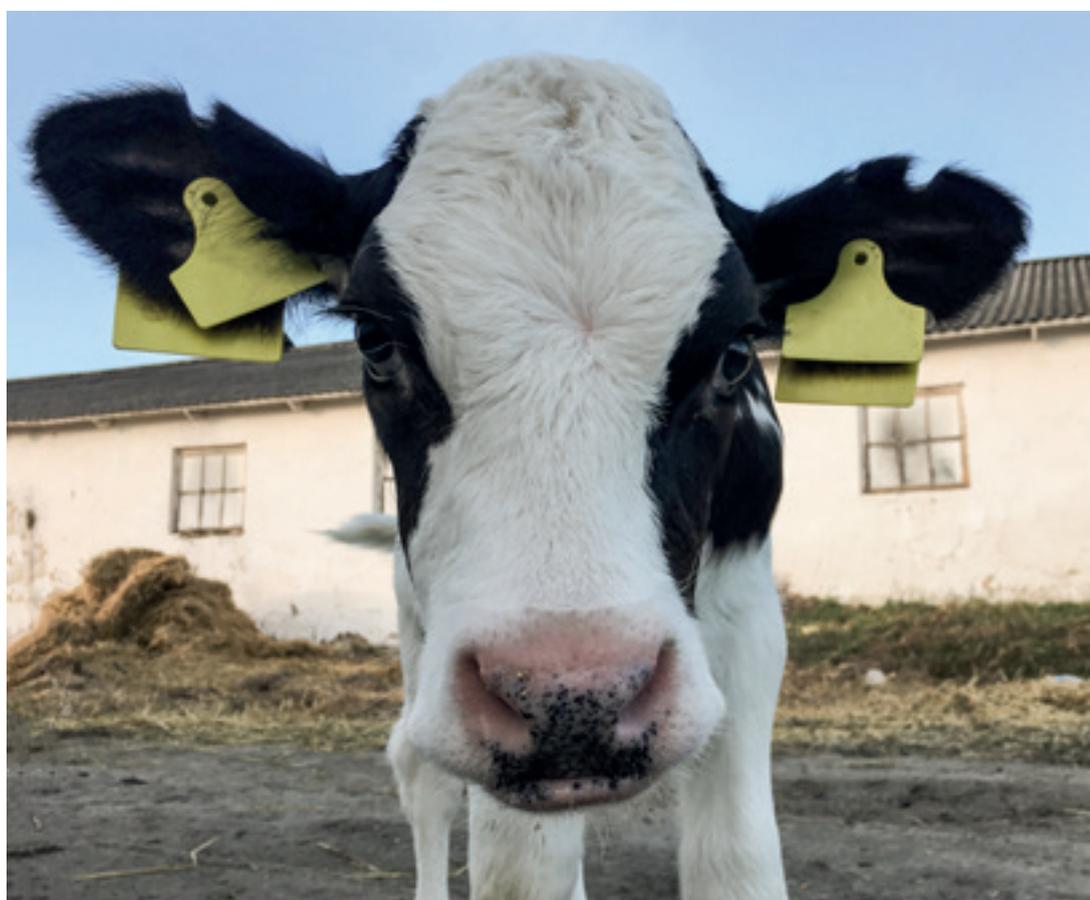
Los ácidos orgánicos (cítrico, aspartato, fumarato y malato) no pueden ser considerados estrictamente entre los carbohidratos pero su presencia en forraje fresco joven y en el heno que ha sido deshidratado rápidamente es importante, representando hasta un 4-5% de la materia seca (Callaway *et al.*, 1997; Formigoni *et al.*, 2003), (Tabla 4). Los ácidos orgánicos son capaces de modificar la fermentación ruminal e intestinal, estimulando y/o deprimiendo la actividad de bacterias específicas. El ácido málico, en particular, es un metabolito importante para la población microbiana ruminal, ya que mejoran la absorción de ácido láctico por *Selenomonas ruminantium* (Evans y

Martin, 1997) y *Megasphaera elsdenii* (Rossi y Piva, 1999). Varios estudios han demostrado lo beneficioso que es añadir ácido málico a la dieta de novillos y de vacas lecheras para la fermentación ruminal (Martin, 1998; Sahoo y Jena, 2014).

## LA COMPOSICIÓN DE LAS MELAZAS

Recientemente, la Universidad de Bolonia llevó a cabo unas pruebas para clarificar la composición y la variabilidad de las melazas ya que las referencias en la literatura no eran lo suficientemente precisas y aún se desconocía hasta un 15% del contenido de materia seca.

El estudio analizó 16 muestras de caña de azúcar y 16 de melaza de



**Tabla 4.** La influencia del tiempo y de los métodos de secado sobre el contenido de ácidos orgánicos en la alfalfa (g/kg).

Tiempo después del corte, horas	Cítrico	Málico	Aconítico	Fumárico	Total
1	11,14	27,36	1,22	2,90	42,62
12	9,35	27,49	0,84	2,99	40,67
24	9,57	26,41	0,74	2,93	39,65
48	8,98	23,93	0,76	2,97	36,64
48*	8,65	22,47	0,55	2,67	34,34
72	6,70	19,65	0,46	2,42	29,23

\* Deshidratado con aire a baja temperatura (<100°C); (Formigoni *et al.*, 2003).

remolacha procedentes de todo el mundo. Se utilizó el método gravimétrico para determinar la materia seca (DM), el Kjeldhal para la CP, los azúcares y el almidón mediante el método enzimático, los minerales por ICP, los ácidos orgánicos y otros componentes por HPLC. Con este enfoque, se pudo caracterizar el 97,4% y el 98,3% de la DM de la caña de azúcar y de las melazas de remolacha, respectivamente.

La caña de azúcar presentaba un contenido menor de materia seca comparado con la melaza de remolacha (76,8±1,02 vs 78,3±1,61% a.f.), y un contenido de CP (4,8±1,7 vs 10,5±1,1% a.f.), con un valor mínimo de 1% a.f. en la caña hasta un máximo del 12% a.f. en la melaza de remolacha.

La cantidad de sacarosa era mayor en la melaza de remolacha que en la de caña (48,4±1,5 vs 37,5±4,8% a.f.), pero con mucha variabilidad incluso dentro de la melaza de caña (51,00 max to 33,31 min, % a.f.) y de la melaza de remolacha.

Se detectó glucosa y fructosa en la melaza de caña (4,06±2,07 y 6,20±2,17% a.f., respectivamente), mostrando una alta variabilidad, pero apenas de detectaron monosacáridos en la melaza de remolacha.

La composición de los ácidos orgánicos varió entre las melazas. Había una mayor concentración de ácido láctico en la caña en comparación con la remolacha (4,69±2,16 vs 3,48±1,37% a.f.), variando de un máximo de 9,77% a un mínimo de

1,23% en la melaza de caña. Solamente se encontró ácido aconítico en la melaza de caña, mientras que se encontró ácido glicólico en la remolacha. El total de ácidos varió del 2% al 14% a.f.

Había mayores concentraciones de sulfatos, fosfatos, y cloruros en la melaza de caña, que mostraba una menor DCAD en comparación con la remolacha (4,47±4,97 vs 53,94±33,36 meq/100g a.f.). Dentro del grupo de la caña, varió de +117,63 hasta -58,59 meq/100g a.f., mientras que en la remolacha varió de +129,20 hasta +3,24 meq/100g a.f.

En conclusión, los datos obtenidos en este estudio demuestran las diferencias significativas en la composición de las melazas, destacando que una descripción y caracterización más precisa es posible y que se necesita especialmente si se quiere optimizarlo en el uso de la alimentación animal.

## EL IMPACTO DE LOS AZÚCARES Y DE ALIMENTO LÍQUIDO EN LA DIGESTIBILIDAD DE LA FIBRA

Hace muchos años, se informó que la digestión de la celulosa mejoraba con la inclusión de melaza, aunque no de almidón (Tabla 5; Arias *et al.*, 1951); además, el uso de sacarosa

pura no producía resultados comparables a los conseguidos con la melaza, confirmando que este producto no es simplemente una "fuente de azúcar".

En nuestro laboratorio, se utilizó un enfoque parecido para evaluar la digestibilidad de la fibra *in vitro* a las 8, 24, y 48 horas, añadiendo varias sustancias a los frascos de fermentación (Tabla 6). Al añadir melaza, alimentos líquidos, o productos líquidos (6% en base a DM) a un tipo de forraje común (maíz ensilado), la digestibilidad de la fibra era mayor en comparación con el forraje solo. En particular, las melazas conseguían una mayor digestibilidad que la sacarosa blanca añadida y que el suero de leche.

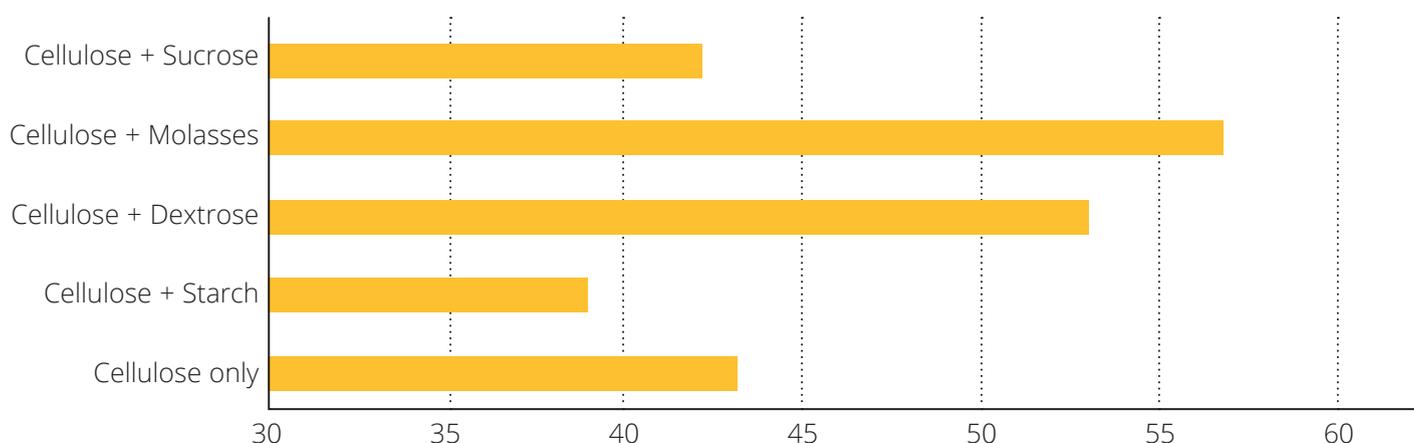
Utilizando el mismo procedimiento, se probaron 3 alimentos líquidos diferentes. Los resultados indicaron que "Milker" fue capaz de mejorar la digestibilidad de la fibra notablemente.

El alimento líquido "Milker" consistía de una mezcla de varias fuentes de azúcar y de nutrientes solubles (melaza, maltosa, ácidos orgánicos, etc.) que dieron el mejor valor de la digestibilidad de la fibra a los 48 horas.

Los resultados obtenidos mediante la adición de mezclas de productos líquidos ("alimentos líquidos") formulados específicamente, sugiere que podría ser posible manipular mejor las fermentaciones del rumen que al utilizar un sólo fuente de azúcar.



**Tabla 5.** La digestión de fibra (24h in vitro) con diferentes carbohidratos.



## EL IMPACTO DE LA MELAZA EN LA PRODUCCIÓN DE GAS Y EN LA POBLACIÓN MICROBIANA IN VITRO

Para investigar mejor los efectos específicos de los azúcares y las melazas en todas las condiciones del rumen, se testeó, *in vitro*, la digestibilidad del azúcar, la producción de gas, la producción de VFA, y el impacto sobre las poblaciones microbianas, utilizando la melaza de caña y de remolacha. Se observó que las hexosas se digieren bien (hasta un 95%) en las primeras 2 horas, mientras que las pentosas son más lentas, especialmente la xilosa (80% de media después de 24h; **Figura 1**).

La sacarosa en la melaza de degradó completamente a las 1-2 horas, confirmando su alta velocidad de degradación. Los valores Kd considerados para los azúcares de las melazas de la remolacha y de la caña en la base de datos de la última versión del Cornell Net Carbohydrates and Protein System (CNCPS vs 6,55) cambiaron de 60 al 20% por hora. Basándonos en nuestros datos preliminares, los valores anteriores considerados por la CNCPS probablemente eran más apropiados para describir la degradación de azúcares contenidos en las melazas.

En lo que respecta a la producción de gas, la adición de la melaza adelantó la fase exponencial, que tuvo lugar unos 2 horas antes que en las muestras “en blanco” (4h). La adición de la melaza induciría un cambio de los VFA producidos en ciertos momentos (1h - 24h), reduciendo el acetato y aumentando el butirato (**Figura 2**).

La adición de la melaza también cambió el microbioma. Se observó un aumento de *S.bovis* y también de *M.elsdenii*, que fermentan el lac-

tato producido por *Bovis*. Además, se incrementó la cantidad de *Butyri-vibrio* spp. con la adición de melaza, y esto podría explicar en parte la mayor digestibilidad de la fibra, así como el aumento de butirato. A pesar de la mayor cantidad de energía suministrada, la población metanogénica no se vio afectada por la adición de melaza. La familia Ruminococcaceae variaba según la melaza utilizada, pero no se observaron diferencias significativas.



**Tabla 6.** Los efectos de diferentes sustratos energéticos sobre la digestibilidad aNDFom evaluados *in vitro*.

Producto	La digestibilidad <i>in vitro</i> aNDFom		
	8h	24h	48h
Melaza de caña	+10,61	+19,98	+20,19
Melaza de remolacha	+11,16	+16,57	+17,86
Almidón puro	+9,65	+14,26	+15,03
Azúcar blanco (sacarosa)	+7,49	+10,84	+7,42
Glicerol	+10,08	+7,40	+7,77
Suero de leche	+5,68	+2,29	+2,54
Milker (ED&F- Man)	+3,19	+25,45	+27,18

## ¿CUÁNTO AZÚCAR HAY EN NUESTRAS RACIONES?

Teniendo en cuenta los resultados que se encuentran en la literatura y los datos preliminares obtenidos en nuestro laboratorio, en enfoque de la formulación de la ración para vacas lecheras debe considerar, por separado, la composición individual de azúcar de cada ingrediente. Este enfoque más precisa será posible cuando las capacidades analíticas para determinar la cantidad de azúcar mejoren.

Recientemente, De Ondarza *et al.* (2017) analizó 24 estudios utilizando un modelo mixto de regresión lineal. Consideraron diferentes niveles de azúcares añadidos en las raciones (control, 1,5 - 3%, 3-5%, vs 5-7% de materia seca), días en categoría de leche con tratamiento, la categoría de control de producción de leche con tratamiento, y varios variables continuos de los nutrientes.

En las vacas que producen >33 kg de leche/d, el azúcar dietético añadido tuvo una mayor respuesta (2,14 kg de 3,5% FCM/d;  $P < 0,0001$ ) que en las vacas que producían <33 kg de leche (0,77 kg de 3,5% FCM/d). El azúcar dietético añadido no afectó a la grasa láctea o al porcentaje de proteína ( $P > 0,15$ ). Los variables de nutrientes con un efecto positivo sobre el rendimiento de 3,5% FCM incluían almidón adicional y proteína

B2 (no soluble en detergente neutro hervido pero soluble en una solución de ácido detergente hervido). Un análisis estadístico no lineal predijo el total óptimo de azúcar dietético en 6,75% de la dieta de DM. Los autores concluyeron que para optimizar la respuesta del 3,5% de rendimiento FCM cuando se aportan azúcares dietéticos adicionales, se debe dar una dieta moderada en almidón (22 a 27% de DM) en combinación con un contenido moderado a alta de fibra soluble (6,0 a 8,5% de DM).

Estos datos evalúan la gran importancia de equilibrar las diferentes fracciones de CHO ya que cada uno de ellos puede impulsar y tener un impacto en la composición del microbioma ruminal y, en general, en la respuesta del animal.

## ALIMENTOS LÍQUIDOS

Los alimentos líquidos son muy interesantes por varias razones, incluso por su capacidad de ayudar a los nutricionistas o los ganaderos a la hora de preparar raciones porque elimina la gran variabilidad de la composición de las melazas. Si pensamos, por ejemplo, en la preocupación de usar melaza en vacas secas dado la alta variabilidad del contenido en potasio, un alimento líquido con un DCAD bajo, neutro, o incluso aniónico podría servir perfectamente a estos grupos de vacas. Por el

contrario, los nutricionistas podrían elegir alimentos líquidos con mayor nivel de DCAD para usar durante el verano, por ejemplo.

Además, los alimentos líquidos específicamente formulados pueden mejorar la palatabilidad de la ración más que melaza a secas.

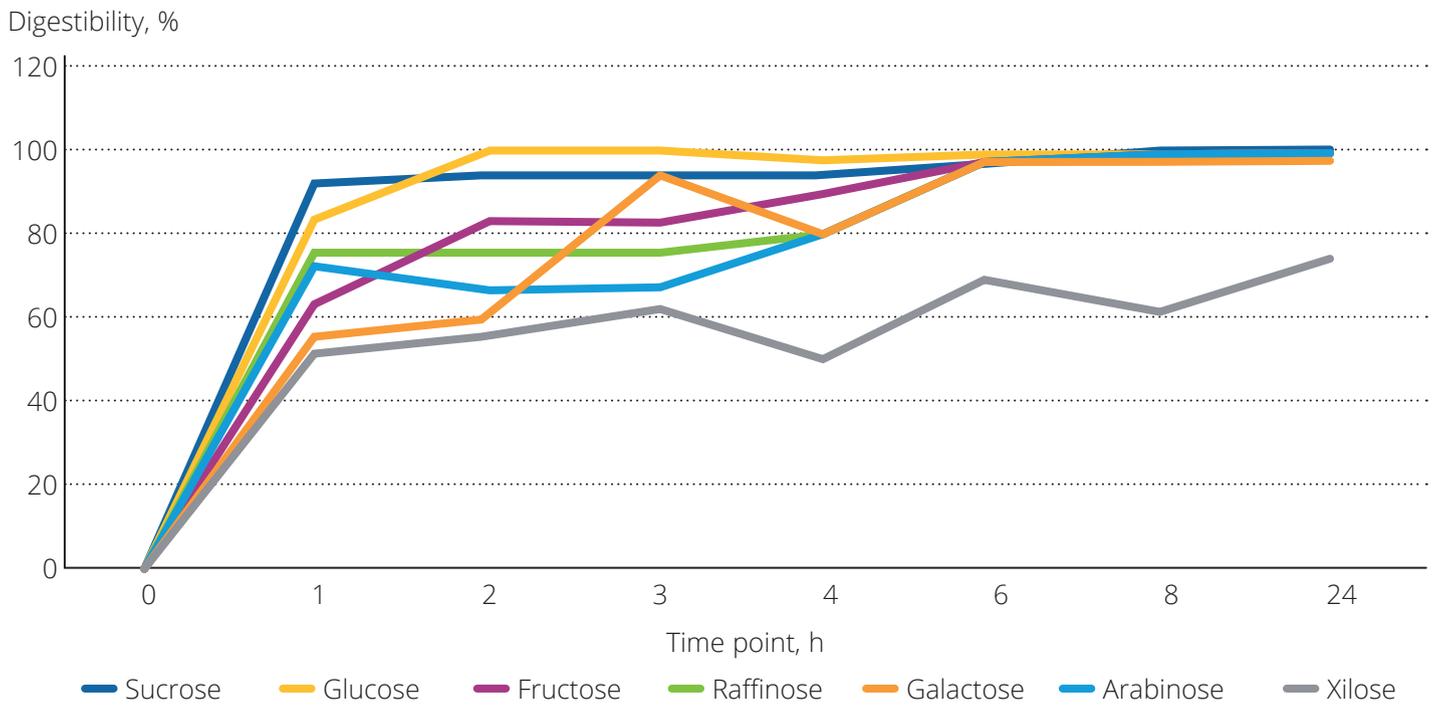
Los alimentos líquidos basados en la melaza de caña de azúcar y de remolacha pueden mejorar la palatabilidad de la ración y reducir la actividad clasificadora del animal (DeVries *et al.*, 2012). Cuando el TMR seco se prepara sin ensilajes, los alimentos líquidos son muy eficaces a la hora de reducir la presencia de polvo.

Se pueden usar los alimentos líquidos para apoyar y transportar varios productos como la glicerina, el propilenglicol, el suero, los destiladores, los aminoácidos, fuentes de NPN, los ácidos orgánicos, aditivos, minerales, etc.

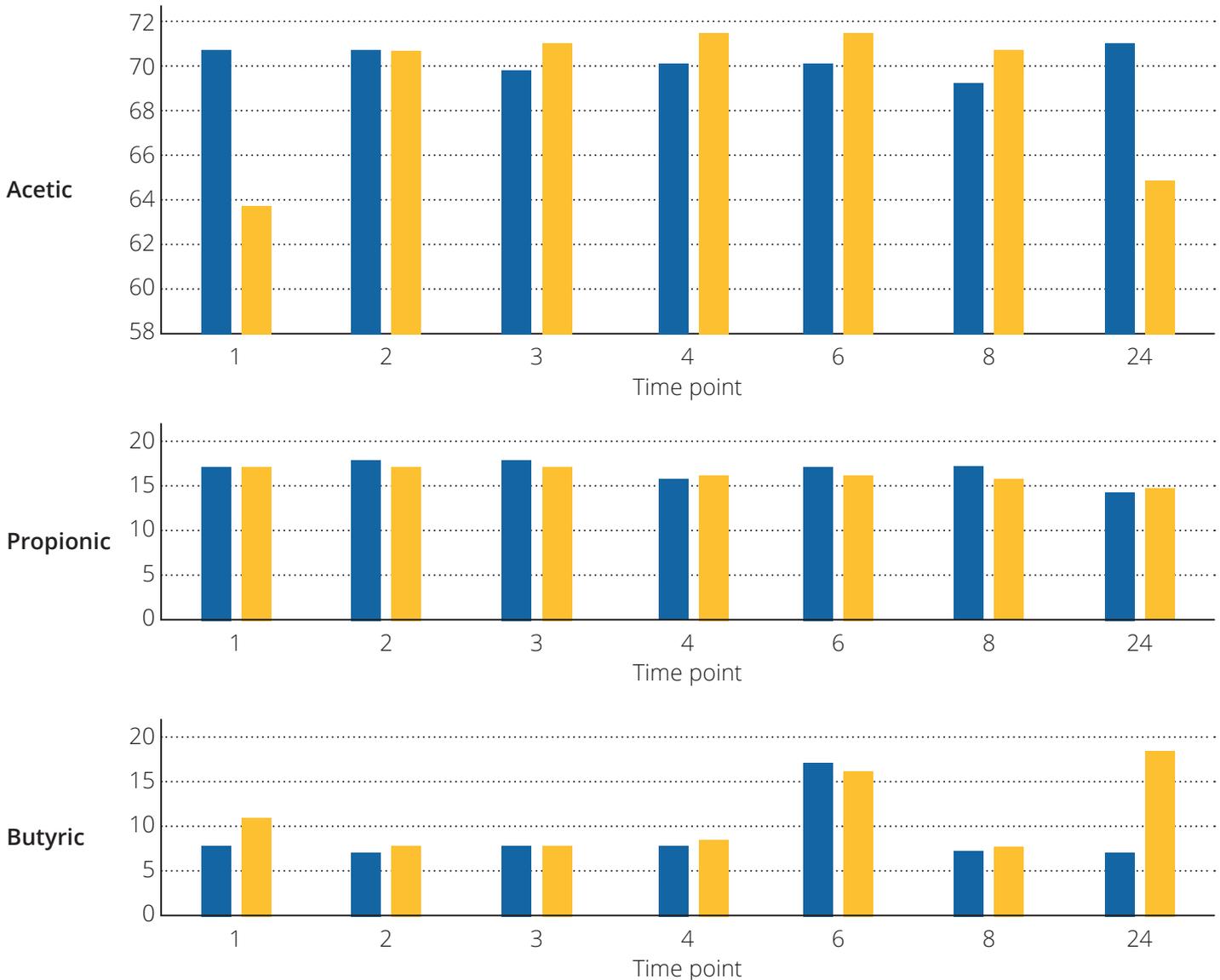
La digestión de los diferentes nutrientes en los alimentos líquidos cambian dependiendo de su fuente; en particular, la velocidad de digestión (Kd) cambia a causa del origen de tales nutrientes, mientras que la velocidad de paso (Kp) suelen ser los mismos para todos los componentes solubilizados. La velocidad de paso de los alimentos líquidos es mayor que en el caso de los alimentos sólidos. En el caso de vacas de alta producción, con un alto consumo de materia seca, se estima un Kp de 1,5- 2,0%/h para el forraje, de 5-8%/h para los concentrados, y más del 14-16%/h para los nutrientes solubilizados en licor ruminal. Según estos números, una cantidad razonable de nutrientes de los alimentos líquidos llegarían al intestino y serían absorbidos dependiendo de las respectivas velocidades de digestión.



**Figura 1.** La digestibilidad de un azúcar simple in vitro en distintos momentos.



**Figura 2.** Los ácidos grasos volátiles producidos in vitro en distintos momentos (% del total).



## CONCLUSIÓN

Los alimentos líquidos son interesantes por el papel dietético y tecnológico que juegan; pueden mejorar la palatabilidad de la ración, reducir la intensidad con que las vacas escogen la comida, y limitar la presencia de polvo.

El uso de alimentos líquidos ricos en azúcares y otros componentes solubles (ácidos orgánicos, minerales, urea, aditivos, etc.) debería ser una forma práctica y fácil de integrar y equilibrar las raciones en lo que respecta los nutrientes específicos para:

- Aumentar el consumo de materia seca, la producción de leche y el contenido en materia grasa;
- Manipular la fermentación ruminal e intestinal;
- Mejorar la digestión y la eficiencia nutricional de la fibra;
- Reducir el riesgo de la sub-acidosis del rumen, daños a la mucosa, y estimular el sistema inmunitario innato con posibles efectos beneficiosos en la salud del animal.

## RECONOCIMIENTO

Los autores agradecen a EDF&Man por respaldar la actividad investigadora y al Dr. Fagioli Luigi por su apoyo analítico y su contribución.

## BIBLIOGRAFÍA

- Allen, M., 2013. Adjust dietary starch throughout lactation. *Feedstuff*. 29th April 2013, pp 12-15.
- Arias, C., W. Burroughs, P. Gerlaugh, R.M. Bethke, 1951. The Influence of Different Amounts and Sources of Energy Upon In Vitro Urea Utilization by Rumen Microorganisms. *J. Animal Sci.* 10:683-692.
- Broderick, G.A., N.D. Luchini, S.M. Reynal, G.A. Varga, V.A. Ishler, 2008. Effect on Production of Replacing Dietary Starch with Sucrose in Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 91:4801-4810.
- Callaway, T. R., S. A. Martin, J. L. Wampler, N. S. Hill, G. M. Hill, 1997. Malate content of forage varieties commonly fed to cattle. *J. Dairy Sci.* 80:1651-1655.
- Chamberlain, D. G., S. Robertson, J. J. Choung, 1993. Sugars versus starch as supplements to grass silage: effects on ruminal fermentation and the supply of microbial protein to the small intestine, estimated from the urinary excretion of purine derivatives, in sheep. *J. Sci. Food Agric.* 63:189-194
- Chibisa, G. E., P. Gorka, G. B. Penner, R. Berthiaume, T. Mutsvangwa, 2015. Effects of partial replacement of dietary starch from barley or corn with lactose on ruminal function, short-chain fatty acid absorption, nitrogen utilization, and production performance of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 98:2627-2640. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8827>
- Cotanch, K. W., R. J. Grant, M. E. Van Amburgh, A. Zontini, M. Fustini, A. Palmonari, A. Formigoni., 2014. Applications of uNDF in ration modeling and formulation. Pages 114- 131 in *Proc. Cornell Nutr. Conf., Dept. Anim. Sci., Cornell Univ., Ithaca, NY*
- DeFrain, J. M., A. R. Hippen, K. F. Kalscheur, D. J. Schingoethe., 2004. Feeding lactose increases ruminal butyrate and plasma  $\beta$ -hydroxybutyrate in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87:2486-2494.
- DeFrain J.M., Hippen A.R., Kalscheur K.F., Schingoethe D.J., 2006. Feeding lactose to increase ruminal butyrate and the metabolic status of transition dairy cows. *J. Dairy Sci.* 89: 267-276.
- De Ondarza, M.B., S.M. Emanuele, C.J. Sniffen, 2017. Effect of increased dietary sugar on dairy cow performance as influenced by diet nutrient components and level of milk production. *Prof. Anim. Sci.* 33:700-707. doi:10.15232/pas.2017-01648.
- DeVries, T.J. and R.M., Gill, 2012. Adding liquid feed to a total mixed ration reduces feed sorting behavior and improves productivity of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95:2648-2655.
- Donkin, S.S., M.R. Pallatin, P.H. Doane, M.J.Cecava, H.M. White, E. Barnes, S.L. Koser, 2007. Performance of dairy cows fed glycerol as a primary feed ingredient. *J. Dairy Sci.* 90 Suppl.1:350.
- Evans, J. D. and S. A. Martin, 1997. Factors affecting lactate and malate utilization by *Selenomonas ruminantium*. *Appl. Environ. Microbiol.* 63, 12, 4853-4858.
- Formigoni A., G. Biagi, A. Piva, P. Pezzi, 2003. The drying method affects the organic acid content of alfalfa forages. *Ital. J. Anim. Sci., Vol. 2 Suppl. 1*, 243-245.
- Fustini, M., A. Palmonari, E. Bucchi, A.J. Heinrichs, A. Formigoni, 2011. Chewing and ruminating with various forage qualities in non-lactating dairy cows. *Prof. Anim. Sci.* 27:352-356.
- Fustini, M., A. Palmonari, G. Canestrari, E. Bonfante, L. Mammi, M. T. Pacchioli, G.C. J. Sniffen, R. J. Grant, K. W. Cotanch and A. Formigoni, 2017. Effect of undigested neutral detergent fiber content of alfalfa hay on lactating dairy cows: Feeding behavior, fiber digestibility, and lactation performance. *J. Dairy Sci.* 100:4475-4483.
- Garcia, M., B.J. Bradford, T.G. Nagaraja, 2017. Invited Review: Ruminal microbes, microbial products, and systemic inflammation. *The Professional Animal Scientist Volume 33, Issue 6, December 2017*, pp 635-650.
- Hristov, A.N., J.K. Ropp, K.L. Grandeen, S. Abedi, R.P. Etter, A. Melgar, A.E. Foley, 2005. Effect of carbohydrate source on ammonia utilization in lactating dairy cows. *J. Anim. Sci.* 83:408-421.
- Humer, E., R.M. Petri, J.R. Aschenbach, B.J. Bradford, G.B. Penner, M. Tafaj, K.H. Südekum, Q. Zebeli, 2018. Invited review: Practical feeding management recommendations to mitigate the risk of subacute ruminal acidosis in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 101, 2, 872-888.
- Khiaosa-ard, R., P. Pourazad, S. Aditya, E. Humer, Q. Zebeli, 2018. Factors related to variation in the susceptibility to subacute ruminal acidosis in early lactating Simmental cows fed



- the same grain-rich diet. *Anim. Feed Sci. Technol.* 238:111-122.
- Krehbiel, C. R., 2008. Ruminal and physiological metabolism of glycerin. *J. Dairy Sci.* v. 86, n. 1, p. 392, Supplement.
  - Malhi, M., H., Gui, L. Yao, J.R., Aschenbach, G. Gäbel, Z. Shen, 2013. Increased papillae growth and enhanced short-chain fatty acid absorption in the rumen of goats are associated with transient increases in cyclin D1 expression after ruminal butyrate infusion. *J. Dairy Sci.* 96:7603-7616.
  - Martin S.A., 1998. Manipulation of Ruminal Fermentation with Organic Acids: A Review. *J. Anim. Sci.*, 76:3123-3132.
  - Mertens, D. R., 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:1463- 1481.
  - Miron D., M. Petreikov, N. Carmi, S. Shen, I. Levin, D. Granot, E. Zamski, A.A. Schaffer, 2002. Sucrose uptake, invertase localisation and gene ex-expression in developing fruit of *Lycopersicon esculentum* and the sucrose-accumulating *Lycopersicon hirsutum*. *Physiol. Plant* 115:35-47.
  - Oba, M., J. L. Mewis, Z. Zhining, 2015. Effects of ruminal doses of sucrose, lactose, and corn starch on ruminal fermentation and expression of genes in ruminal epithelial cells. *J. Dairy Sci.* 98:586-594.
  - Overton, T. R., 2007. Use of glycerol in dairy rations. *Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manuf.* Syracuse, NY pp. 73-79.
  - Rossi, F. and G. Piva, 1999. Effect of malic acid on growth and metabolism of *Megasphaera elsdenii* a rumen bacterium [cattle]. *Proc. XIII A.S.P.A. Conger, Piacenza, Italy*, 342-344.
  - Sahoo, A. and B. Jena. 2014. Organic acids as rumen modifiers. *Int. J. Sci. Res.*, 3 11, pp. 2262-2266.
  - Strobel, H.J. and J.B. Russell, 1986. Effect of pH and energy spilling on bacterial protein synthesis by carbohydrate-limited cultures of mixed rumen bacteria. *J. Dairy Sci.* 69:2941-2947.
  - Sun X., Y. Wang, B. Chen, X. Zhao, 2015. Partially replacing corn starch in a high-concentrate diet with sucrose inhibited the ruminal trans-10 biohydrogenation pathway in vitro by changing populations of specific bacteria. *J. Animal Sci. Biotechnol.* 6:57.
  - Pina, D. S., R.F.D. Valadares, S. C. Valadares Filho, M. L. Chizzotti, 2010. Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana. In: Valadares Filho, S. C., Marcondes, M. I., Chizzotti, M. L. Paulino, P. V. R. Org.. *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados - BR - Corte. 2. ed. Viçosa, MG: UFV.* p. 13-46.
  - White R.R., M.B. Hall, J.L. Firkins, P.J. Kononoff, 2017. Physically adjusted neutral detergent fiber system for lactating dairy cow rations. II: Development of feeding recommendations. *J Dairy Sci.* 100, 9569-9584.
  - Zebeli Q., Ametaj N.B. 2013. Linking rumen disorders to immunity in cattle: old and new paradigms. *Albanian J. Agric. Sci.*;12 (1): 57-60.

