

Integración de los aminoácidos en la dieta de la vaca lechera



¿Qué son los aminoácidos?

Los aminoácidos son las unidades monoméricas de diferentes formas y medidas (podríamos compararlos con las piezas del "Lego") que constituyen las proteínas de todo ser vivo vegetal y animal (por ejemplo, el tejido muscular, la caseína de la leche o las innumerables enzimas que desarrollan las más complejas transformaciones metabólicas). Como las piezas del juego, los aminoácidos también presentan dos partes, una con carga positiva (grupo amino) que se une con la carga negativa (grupo carboxilo) de otro aminoácido, dando lugar a una unión muy resistente: el enlace peptídico.

Los aminoácidos conocidos son muchos, pero los que componen las proteínas de los seres vivos son 20. Sus combinaciones pueden dar lugar a un número casi infinito de proteínas que se pueden organizar espacialmente en formas muy complejas, a veces increíbles.

Todos los animales deben alimentarse con una cantidad de proteína con la composición aminoacídica adecuada a sus necesidades, que varían según sus peculiaridades anatómico-fisiológicas.

Fiorenzo Piccioli Cappeli y Erminio Trevisi

Instituto de Zootecnia. Facultad de Ciencias Agrarias, Alimentarias y Ambientales. Universidad Católica del Sagrado Corazón. Piacenza (Italia)

Publicado en Bianco Nero, núm. 2 marzo/abril 2016

La alimentación nitrogenada de los rumiantes

Los rumiantes, gracias a la actividad de la microflora ruminal, pueden utilizar tanto las proteínas vegetales como fuente de nitrógeno no proteico, como el amoníaco, la urea y el óxido de nitrógeno. La microflora las utiliza para sintetizar proteína propia, que resulta especialmente rica en aminoácidos esenciales. Buena parte de las bacterias pasan por el aparato digestivo donde se produce una digestión, con la consiguiente absorción de los nutrientes obtenidos, precisamente los aminoácidos.

La proteína microbiana tiene un elevado valor biológico en cuanto que suministra a los rumiantes entre el 50 y el 80% de los aminoácidos esenciales (en algunos casos hasta el 100%) con una relación adecuada de metionina/lisina, dos de los aminoácidos más limitantes para los rumiantes, en particular para la síntesis de las proteínas de la leche.

En el proceso digestivo los rumiantes degradan una buena parte de las proteínas ingeridas, pero algunas de estas superan el rumen y son digeridas. El valor proteico de una ración para un rumiante se valora, por tanto, como proteína disponible a nivel intestinal, constituida por la proteína microbiana sumada a la proteína by-pass de los alimentos. Por consiguiente, el aparato digestivo de los bovinos representa un sistema dinámico y muy complejo, donde la síntesis proteica depende de un conjunto de factores, entre los cuales los más importantes son:

- Proporción de las proteínas alimentarias y de otros compuestos nitrogenados disponibles en el rumen, que se pueden clasificar como:
 - nitrógeno no proteico (urea, nitratos, aminoácidos libres, etc.) rápidamente utilizados y convertidos en nitrógeno amoniacal;
 - albúmina, degradada rápidamente y utilizada por la microflora ruminal;
 - gluteína (presente en el maíz, la soja), escasamente utilizada en el rumen pero digerida completamente en el intestino (proteína by-pass).
 - prolamina, igualmente poco utilizada en el rumen y digerida hasta el 80% en el intestino (proteína by-pass).
 - proteína ligada a otros componentes (por ejemplo, la Fibra Ácido Detergente ADF) que la hacen sustancialmente inatacable en el rumen e indigerible.
- Producción de proteína por parte de la micro-

flora ruminal microbiana, que a su vez depende del:

- tipo de proteína,
- tipo y cantidad de energía disponible.
- Velocidad de degradación del alimento en el rumen.
- Velocidad de tránsito ruminal.
- Perfil aminoacídico de la fracción by-pass.

La sincronización de estos factores no es sencilla, pero toda mejora en la eficiencia de la utilización del nitrógeno a nivel ruminal permite reducir el coste de la ración, maximizar el contenido de proteína en la leche, reducir el contenido de nitrógeno en los residuos y mejorar el estado metabólico de la vaca.

La vaca lechera de alta producción y las necesidades de aminoácidos

Como hemos visto, las bacterias ruminales están en condiciones de producir aminoácidos esenciales y de forma equilibrada para la producción de las

proteínas de la leche. Sin embargo, con los elevados niveles productivos típicos de la vaca lechera actual, la microflora ruminal no cubre las necesidades totales de proteína metabolizable (PM), cerca de 3.500 gramos de proteína digerible en el intestino.

Para cubrir las necesidades de PM, y por tanto mantener la producción de proteína de la leche, es necesario introducir en la dieta fuentes proteicas by-pass. Entre éstas, la más conveniente por la relación coste y contenido proteico es el gluten de maíz y, sobre todo, los productos elaborados de la soja en los cuales, gracias al uso de algunos procesos (como el tostado, formación de azúcares complejos), se aumenta la cantidad que escapa a la capacidad degradante del rumen, pero manteniendo intacta la digestibilidad intestinal. Sin embargo, la composición de estos productos no siempre es óptima respecto a las necesidades de las vacas.

Como se muestra en la Tabla 1, la proteína de soja tiene un contenido escaso de metionina, mientras que la proteína del maíz tiene un contenido

Tabla 1. Contenido por 100 gramos de proteína en lisina (Lys) y metionina (Met) de la proteína de la leche, de la proteína metabolizable de origen bacteriano, de la proteína de la soja y del maíz y de la disponibilidad a nivel intestinal de dos aminoácidos en vacuno lechero con una dieta en la que el concentrado era fundamentalmente a base de harina de maíz y harina de soja

	Proteínas				Sistema NRC		Sistema INRA	
	leche	microflora ruminal	maíz	soja	necesidades	aportes	necesidades	aportes
Lys	7,9	7,9	1,36	6,26	7,3	6,3	6,8	5,8
Met	2,5	2,6	2,09	1,36	2,5	1,8	2,1	1,9



No pierda ni una gota

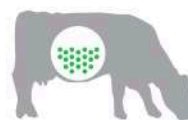
Levucell SC

valoriza su ración y maximiza los Ingresos sobre los Costes de Alimentación (IOFC)

Eficacia probada de *Saccharomyces cerevisiae* CNCM I-1077, la cepa específica para rumiante seleccionada conjuntamente con el INRA:

- **Rendimiento lechero:** +1,2* a 2,5 litros/vaca/d
- **Eficacia alimentaria:** +50g* a 120g de leche por kg de MSI
- **Optimiza el pH del rumen** (menos acidosis) y mejora la digestibilidad de las fibras.

* Meta-análisis ADSA, USA 2009 probado con UNA cepa (I-1077), UNA dosis recomendada (10 mil millones/día).



Levucell[®] SC
Levadura Específica Rumiantes[€]

€ Autorizado en la Unión Europea en bovinos destinados a la producción de leche y de carne, ovejas y cabras de leche, corderos y caballos (E1711/4a1711/4b1711).

bajo en lisina. Una dieta basada exclusivamente en estos dos productos presenta una proporción de estos dos aminoácidos en la PM inadecuada para las vacas de alta producción.

Uso de fuentes proteicas ricas en aminoácidos esenciales

En los años 1980-90 se realizaron numerosos estudios que incluían la infusión abomasal de lisados de caseína en combinación o no con otros productos y, resumiendo los resultados positivos obtenidos sobre la producción de leche y el contenido en caseína, DePeters y Cant concluyeron que "la caseína actúa corrigiendo el déficit de ciertos aminoácidos". No hace falta decir que no se podía utilizar in campo el lisado de proteína, pero que en el pasado había llevado a racionalizar el uso de fuentes proteicas ricas en aminoácidos esenciales y capaces de pasar el rumen. Así, el uso de la harina de pescado, de sangre y de carne y en particular de sus formulaciones grasas, a menudo se ha observado que mejora tanto el nivel de caseína como el de proteína en suero de la leche de las vacas tratadas. Con el abandono de estas fuentes de aminoácidos esenciales debido a la BSE (encefalopatía espongiiforme bovina), quedan pocas alternativas nutricionales, por lo que deben combinarse las formas tratadas de harina de soja con otras harinas proteicas, como la linaza, el gluten de maíz y el concentrado proteico de la patata y el arroz, fuentes que son un poco caras.

El aporte de aminoácidos rumino protegidos

Por este motivo, también en la alimentación de la vaca lechera, se ha empezado a integrar las raciones con aminoácidos específicos (metionina y lisina sobre todo), para corregir las carencias en fases fisiológicas específicas. Los resultados derivados de la introducción en la dieta de Metionina y Lisina recogidos en la bibliografía son muy contradictorios, probablemente por efecto de la distinta eficiencia de protección frente a la degradación ruminal de estos productos. Sin embargo, es muy evidente, si no el aumento de la producción de leche, sí el incremento de la proteína de la leche y en particular de la caseína, con el consiguiente aumento del rendimiento, soportado a menudo por una mejora moderada del contenido graso.

Armentano y col., suministrando a vacas lecheras una cantidad de 5,25 o 10,5 g/d de metionina rumino-protégida o bien combinando una dosis de

11,5 g/d de metionina rumino-protégida, no observaron efectos significativos sobre la producción de leche (41,5 kg/d), sobre la ingestión de sustancia seca (25,9 kg/d) ni sobre la concentración de grasa en leche (3,26%) después de la suplementación con aminoácidos. La adición de metionina, en cambio, determinó un aumento lineal de la concentración de proteína en la leche, y calcularon que cada gramo de metionina añadida determinaba un aumento de proteína en la leche de 4 gramos, de modo que la concentración de proteína de la leche aumentaba del 2,89 al 2,99% añadiendo 10,5 gr/d de metionina, manteniendo constante el porcentaje de caseína sobre la proteína total. Por el contrario, estos autores no observaron ningún efecto tras la adición de lisina. Su conclusión fue que las dietas basadas en alfalfa, heno, soja tostada y proteínas animales (harina de carne y harina de sangre) –aunque el contenido en proteína bruta de la dieta fuese muy elevado (superior al 20% de la sustancia seca)– eran claramente limitadas por su contenido de metionina, pero no por el contenido de lisina.

Otro aspecto interesante de la integración con metionina rumino protegida (MRP) es el aumento de la eficiencia del uso de nitrógeno. Broderick y col, alimentando 24 frisonas alternativamente con 4 dietas de diferentes contenidos de proteína bruta (Pb) y de MRP (18,6% Pb y 0 gr de MRP; 17,3% Pb y 5 gr de MRP; 16,1% Pb y 10 gr de MRP; 14,8% Pb y 15 gr de MRP) no observaron ningún efecto de la dieta sobre la ingestión de sustancia seca, el peso de las vacas, ni sobre la producción total de proteína, lactosa y sólidos, a excepción de las grasas. Sin embargo, los resultados más interesantes de esta investigación son los relacionados con la aparente eficiencia del uso del nitrógeno alimentario, calculado como la relación entre el contenido de nitrógeno de la leche y la ingestión de nitrógeno, que resulta más alta en las dietas que contienen menor concentración de proteína y en las de contenido más alto de RPM. Estas dietas también han mostrado la reducción significativa de la excreción de nitrógeno en la orina, resultante en solo el 58% de la excreción observada con la dieta con el mayor contenido de proteína, demostrando por consiguiente que con la sola optimización de la dieta es posible reducir marcadamente la emisión de nitrógeno en el ambiente y, por tanto, reducir la contaminación.

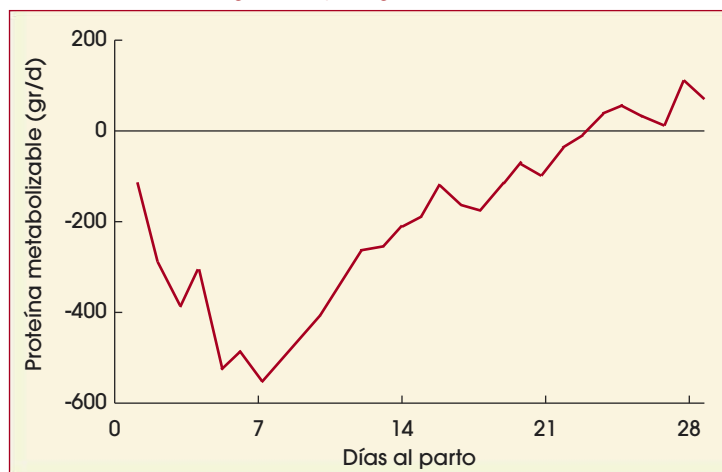
Necesidades de aminoácidos en el periparto

La crítica a muchos de estos experimentos es que se han realizado con vacas en fase medio-avanzada de lactación, o después de periodo de transición, el más crítico también en cuanto al balance proteico (figura 1).

Según Komaragiri y Erdman, las vacas movilizan cerca de 21 kg de proteína entre las dos semanas antes del parto y la quinta semana de lactación. Sin embargo, el paso de la fase seca a la de lactación comporta numerosos problemas de adaptación, incluido un importante aumento de las necesidades de aminoácidos esenciales que no son utilizados en la gluconeogénesis para compensar, en parte, el déficit energético. Por ejemplo, la metionina, además de participar en la síntesis de la proteína de la leche, está implicada en varias funciones biológicas, entre las cuales algunas son importantes en el periodo de transición como:

- la síntesis de las lipoproteínas en el hígado (en especial de las lipoproteínas de muy baja densidad o VLDL) y de su liberación en sangre, que

Figura 1. Balance de la proteína metabolizable (PM) en las primeras semanas de lactación en 80 vacas lecheras alimentadas con una dieta al 17,8% de proteína bruta sobre la SS (sustancia seca) y 7,0 MJ de energía neta por kg de sustancia seca



Integración de los aminoácidos en la dieta...

- permite atenuar la cantidad de triglicéridos hepáticos y el riesgo de esteatosis o hígado graso;
- sustrato para las reacciones antioxidantes, especialmente a nivel hepático,
- la función inmunitaria.

Recientemente se ha estudiado el papel de la metionina en el estrés oxidativo, en cuanto a cómo puede servir este aminoácido, una vez transformado en homocisteína, en la síntesis de glutatión, uno de los antioxidantes endógenos más abundantemente producidos en el hígado. Osorio y col., suministrando dos productos a base de metionina protegida para proveer 5,25 gr de metionina efectivamente disponible a nivel metabólico a vacas frisonas, a partir de 21 días antes del parto hasta el 30º día de lactación, observaron que la suplementación con Metionina mejora tanto la producción de leche (+3,4 kg/d respecto a la producción de las vacas control), como su contenido en proteína y grasa, +0,18% y +0,12% respectivamente, siempre respecto a los porcentajes de la leche producida por las vacas control. Estas mejoras se debían, al menos en parte, al aumento de la ingestión voluntaria de alimentos por parte de las vacas tratadas, que en las vacas postparto es un aspecto muy positivo. Las vacas con dieta integrada con metionina mostraron, además, una menor incidencia de la movilización de grasas y una óptima utilización de las reservas de lípidos, reduciendo el riesgo de cetosis. El resultado más sorprendente de este estudio fue que a los 21 días después del parto, la fagocitosis de los neutrófilos en sangre (un índice de funcionalidad del sistema inmunitario) era mayor en las vacas que habían recibido el suplemento de Metionina, indicando una mayor capacidad de respuesta a las infecciones y, por tanto, mayor fortaleza frente al estrés típico de esta delicada fase de lactación.

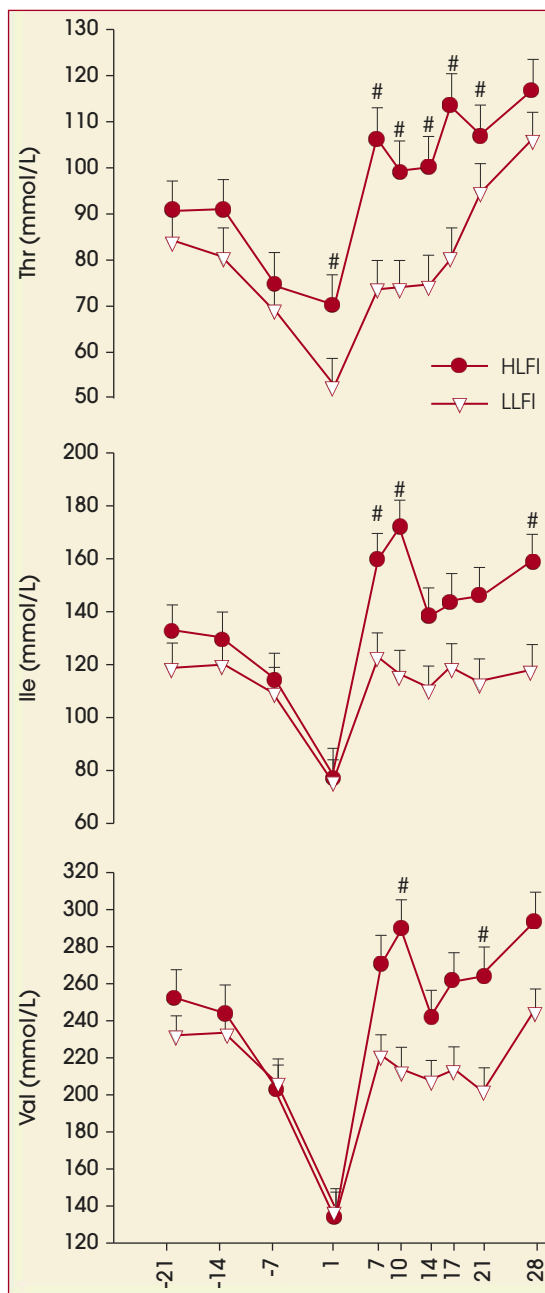
No solo metionina para el futuro

Aunque de momento hay indicios contradictorios, también otros aminoácidos pueden ser deficientes en la dieta de las vacas, al menos en determinadas fases de sus vidas. Algunos investigadores han observado que la histidina puede ser uno de ellos, deduciendo esta hipótesis por su bajísima concentración en la sangre de las vacas en lactación. Sin embargo, todas las investigaciones realizadas para verificar este supuesto, aumentando con suplementos la concentración de histidina en la dieta no han logrado confirmar esta teoría.

Solo recientemente Gianlongo y col., suministrando 50 gr/día de histidina protegida ruminalmente observaron un aumento de la producción de proteína en leche; sin embargo, hay que señalar que en estas vacas el nivel de proteína metabolizable era deficiente a propósito y que las mejoras observadas podrían atribuirse al efecto positivo que la adición de histidina tuvo sobre la ingestión voluntaria de alimentos.

El hecho es que en un reciente trabajo de nuestro instituto sí se ha demostrado cómo el comienzo de la lactación conlleva una marcada caída de la disponibilidad de varios aminoácidos a nivel hemático, en particular de metionina, cisteína, histidina, valina, treonina e isoleucina (figura 2). La bajada de algunos de ellos, como la isoleucina y la treonina, son significativamente más marcadas en las vacas que presentan procesos inflamatorios más graves en el periparto, medidos como el índice de funcionalidad hepática (del inglés Liver Functionality Index). Debido a que estos aminoácidos están implicados en la respuesta inmunológica, estas variaciones su-

Figura 2. Concentración plasmática (media + error estándar medio) de los aminoácidos Treonina (Thr), Isoleucina (Ile) y Valina (Val) durante el periparto de vacas lecheras, previamente agrupadas en sujetos con alto (HLFI) o bajo (LLFI) índice de funcionalidad hepática (LFI) (Zho y col., 2016)



gieren que podrían agravar las condiciones típicas del periparto caracterizado por fenómenos de desregularización del sistema inmune (como la fuerte respuesta inflamatoria post-parto y la caída de la fagocitosis) asociados al aumento de las patologías típicas del comienzo de la lactación (cetosis, hígado graso) y a la reducción del rendimiento (producción de leche y fertilidad).

Obviamente, estos resultados requieren más estudios, pero confirman que la optimización de los componentes nitrogenados de la dieta de las vacas lecheras deberá seguir tanto en términos de valoración de los alimentos y su degradación ruminal como de los efectos metabólicos de determinados aminoácidos esenciales, que pueden afectar a la salud y al rendimiento en las fases más delicadas de la vida del animal.