¿Como obtienen las bacterias y las vacas su energía de los alimentos?

RESPIRACION Y FERMENTACION

En los animales complejos, la energía se obtiene de la respiración. Se puede considerar la respiración como el inverso de la fotosíntesis: la energía se libere de un nutriente cuando se realiza la combustión oxígeno" y se convierte de nuevo en bióxido de carbón y de agua. Algunas especies de bacterias, como las que viven en el rumen de la vaca, obtienen la energía que necesitan para el crecimiento a través de la fermentación (vida en la ausencia de oxígeno).

Las protozoos y bacterias obtienen la energía que necesitan para crecer al convertir los carbohidratos en glucosas, y luego de fermentar la glucosa para formar metano, bióxido de carbón, agua y ácidos grasos volátiles (AGV). Los principales AGV producidos en el rumen son el ácido acético (vinagre), ácido propiónico y ácido butírico que contienen respectivamente, 2, 3 y 4 unidades de carbón. Los AGV son los productos finales de la fermentación bacteriana, y son muy importantes para la nutrición de la vaca. Los AGV contienen la mayor parte de la energía que contenía la glucosa original y por lo tanto son utilizados por las vacas como su fuente de energía (Figura 3.1).

CARBOHIDRATOS COMO FUENTES DE ENERGIA

Celulosa y hemilcelulosa

Aproximadamente 30 a 50% de la celulosa y la hemilcelulosa ingerida por la vaca fermenta lentamente en el rumen. Típicamente esos carbohidratos fibrosos se queden en partículas grandes que se retienen en el rumen por largos períodos (24 a 48 horas). Esas partículas grandes no pueden salir del rumen en la misma forma. Una vez en el rumen, las bacterias se pegan a las partículas y comienzan a fermentar los carbohidratos.

El tamaño de estas partículas se va reduciéndose progresivamente durante la rumia. Las partículas pueden rumiarse más de una vez, y los carbohidratos así expuestos son continuamente fermentados por las bacterias. Eventualmente, las partículas se vuelven muy pequeñas y con un contenido reducido de carbohidratos, pero mantienen un alto contenido de lignina (que no es afectada por la fermentación ruminal). Al salir del rumen, pasan a los intestinos donde las enzimas digestivas tienen muy poco efecto en ellas. Eventualmente, se eliminan con las heces.

Una ración rica en fibra es baja en energía, dado que la fibra tiene una densidad baja de energía (es decir un bajo contenido de energía por unidad de peso). Así, los rumiantes tienen que comer mucha fibra para llenar sus necesidades de energía. Es por esta razón que los rumiantes tienen un rumen grande. Sin embargo, debido al efecto del relleno de la fibra, la ingestión de energía por la vaca puede ser limitada a menos de la cantidad necesaria.

Almidón

Entre 60 y 100 % de la cantidad de almidón ingerida se fermenta en el rumen. Esta depende de la cantidad alimentada y el tiempo que tardan pasar por el tracto digestivo. En comparación con los carbohidratos fibrosos, los almidones se digieren más rápidamente, no necesitan tanto espacio en el rumen, y no estimulan los reflejos de la rumia. Cuando producen los reflejos de la rumia, los diferentes almidones se digieren a ritmos diferentes. El almidón que se escapa del rumen, y así la fermentación, puede ser digerido por las enzimas en el intestino delgado. Los azúcares resultantes se absorben en la sangre. Si se queda algún almidón, puede que se fermente en el intestino grueso. Sin embargo, ésta fermentación secundariatiene poco beneficio para la vaca. Si una cantidad de almidón llega hasta el intestino grueso, puede producir un desequilibrio de agua y resultar en diarrea.

Figura 3.1: En la vaca, la energía de los carbohidratos se libere por un proceso de dos etapas: 1) La fermentación ruminal libera alguna energía para el crecimiento de las bacterias con la formación de los ácidos grasos volátiles. 2) La energía en los ácidos luego se libera dentro del cuerpo de la vaca cuando esta realiza la combustión con O2

Azucares sencillos

Los azucares sencillos se fermentan rápidamente en el rumen. Su fermentación está completa y los AGV producidos son los mismos generados por la fermentación de celulosa, hemilcelulosa y almidón.

La importancia de los AGV formados en el rumen para la síntesis de la leche
La vaca derive aproximadamente 70% de su energía de los AGV producidos en el rumen. Una vez que se absorben, los AGV proveen el combustible (energía) para el mantenimiento, el crecimiento de músculos, la producción de leche y la reproducción de la vaca. Además, los AGV proveen la energía para la síntesis de las proteínas de leche, y los precursores de la lactosa y las grasas en la leche. Por ejemplo, después de la absorción en el rumen, el ácido propiónico se utiliza en el hígado para sintetizar glucosa. las glándulas mamarias utilicen una gran cantidad de glucosa, no solamente como una fuente de energía, sino también en la formación de lactosa, la forma de azúcar que se encuentra en la leche. La concentración de lactosa en la leche es relativamente constante (4.5%). Así, mientras más alta la cantidad de lactosa se pueda sintetizar cada día, más leche se produce cada día. Como resultado, la cantidad de glucosa sintetizada por el hígado de ácido propiónico es un determinante importante en el rendimiento diario de leche. Se puede calcular que una vaca que produce 20 kg de leche por día, tiene un hígado que sintetiza aproximadamente 2 kg de glucosa por día, y todo tiene su origen en el ácido propiónico producido en el rumen.

El ácido acético y ácido butírico también los utilizan las glándulas mamarias como fuentes de energía. También, son precursores en la formación de grasa en la leche. Aproximadamente la mitad de la grasa encontrada en la leche viene principalmente del ácido acético y secundariamente del ácido butírico.

Efectos de concentrados en la producción de AGV en el rumen, en el rendimiento de leche y la composición de leche

Los concentrados afectan la cantidad total y el porcentaje de los tres AGV principales producidos en el rumen. Cuando se alimentan con pequeñas cantidades de concentrados, la formación de ácido acético es predominante (60 a 70% del total), con un porcentaje menor de ácido propiónico (15 a 20%) y butírico (5 a 15%). Las vacas que están rumiando de 5 a 8 horas al día, producen grandes cantidades de saliva, lo cual ayuda a mantener un pH neutro en el rumen y una población bacteriana que se adapta bien a la digestión de celulosa. En este caso, el suministro de ácido acético puede ser adecuado para llevar al máximo la producción de grasa en la leche. Sin embargo, un suministro limitado de ácido propiónico puede limitar la síntesis de glucosa y, así, la síntesis total de leche por día. Mientras se le agregan concentrados a la dieta, los carbohidratos fibrosos se reemplazan por carbohidratos no estructurales que se digieren más rápidamente y más completamente (Cuadro 3.1).

Como resultado, la producción total de AGV aumenta la relación entre los ácidos acético y propiónico. La fermentación de los carbohidratos no estructurales (almidones y azúcares sencillos) típicamente lleva a un porcentaje más bajo de ácido acético y a un porcentaje más alto de ácido propiónico. Así, la adición de una pequeña cantidad de concentrados a la dieta, cuando se compone solamente de forrajes, puede mejorar la producción de leche considerablemente.

La adición de algunos concentrados a una dieta de forrajes puros aumentaría la producción de leche.
Alimentación con grandes cantidades de concentrados con un alto contenido de almidón reducirá el porcentaje de grasa en la leche.

Figura 3.2: Efectos de la relación de forraje a concentrados en los parámetros del rumen, el rendimiento y la composición de leche. Un incremento de concentrado en la dieta reduce el pH del rumen y cambia la proporción de los AGV en el rumen. Con más ácido propiónico se produce más glucosa y eventualmente un mayor rendimiento de leche. Una disponibilidad reducida de ácido acético reduce la concentración de grasa en la leche.

Esto se debe al incremento de precursores de leche, especialmente a la glucosa, sin un efecto adverso en el suministro de ácido acético para la glándula mamaria (y así el porcentaje de grasa en la leche). Cuando se le agregan grandes cantidades de concentrado a la dieta, el nivel de ácido acético puede reducirse a 40%, mientras que el contenido de ácido propiónico puede subir hasta 40% (Cuadro 3.2). Así el ácido acético puede ser relativamente insuficiente. La falta de ácido acético generalmente se asocia con una reducción en el concentrado de grasa en la leche y la producción total de grasa. También, cuando hay una alta proporción de ácido propiónico en los AGV producidos en el rumen, las vacas tienden a utilizar la energía disponible para depositar grasa (aumentar el peso del cuerpo) en lugar de sintetizar la leche.

Además, el exceso de concentrados en la dieta puede parar completamente la actividad ruminal. Como resultado, la producción de saliva se reduce drásticamente y la falta de un amortiguador en el rumen lleva a una reducción adicional del pH (aumento de acidez). La digestión de la celulosa se reduce porque las bacterias que digieren las celulosas son

sensibles a un pH ruminal bajo. Sin embargo, las bacterias que producen ácido láctico, que es un ácido fuerte, resultan predominantes. Este aumento de acidez en el rumen resulta en una baja eficiencia del crecimiento bacteriano y desordenes en el apetito de la vaca. Ser expuesto a largo plazo a esta condición lleva a problemas de los pies debido a laminitis.

Cuadro 3.1: Clase de carbohidrato, digestibilidad y el ritmo de digestión de alimentos comunes.

Alimento

Clase principal

de carbohidrato Dig* Ritmo de digestión (horas) .....Forrajes..... Paja Cel + hemilcel.**40 45 a 55 Heno pobre Cel + hemilcel.**55 30 a 40 Trébol bueno Cel + hemilcel.**70 12 a 18 Gramínea buena Cel + hemilcel.**70 18 a 24 .....Concentrados..... Cereales Almidón 80 12 a 14 Remolacha Pectina ***85 2 a 6 Melaza Azúcares sencillos 95 0.5

* Digestibilidad.

** Celulosas y hemilcelulosas.

*** Pectina es un carbohidrato no fibroso; las remolachas también son ricas en celulosa y hemilcelulosa no- lignificados

En resumen, el tipo de ración que una vaca come, y específicamente la cantidad de grano en la dieta, influye en el pH, la cantidad total de AGV que se produce en el rumen y las características de los AGV (Figura 3.2). A su vez, la cantidad total y la relación de los AGV producidos en el rumen tienen un gran efecto en:

- La cantidad de leche producida
- El porcentaje de grasa en la leche
- La eficiencia de conversión de alimentos hacia la leche
- El valor relativo de la ración de una producción de leche en contraste con el crecimiento y engorde.

Control de la acidez del rumen

Como se ha discutido antes, el sistema digestivo del rumiante ha evolucionado para poder digerir la celulosa eficientemente. Así, el animal trata de mantener las condiciones óptimas para la digestión de celulosa en el rumen.

Las bacterias que digieren celulosa son sensibles a los niveles de acidez en su ambiente. La acidez típicamente se mide según la escala de pH (Figura 3.3). Las vacas y otros rumiantes tratan de mantener el pH del rumen alrededor de 6 a 7 con la secreción de saliva, que es alcalina, y tiende a contra balancear la acidez producida por la fermentación de carbohidratos por las bacterias. Los ácidos producidos en el rumen salen por la absorción a la sangre (después de ser neutralizados). Esto ayuda a mantener el pH del rumen cerca a la neutralidad.

Figura 3.3: La escala de pH y el pH óptimo para mantener la digestión de la celulosa.

La saliva se produce principalmente mientras la vaca está comiendo o rumiando. Así, la cantidad de saliva producida depende en gran parte del tiempo que un animal pasa comiendo y rumiando (masticando). A su vez, el tiempo que la vaca pasa masticando depende en gran parte dela estructura física de los alimentos. Las partículas largas de forrajes eligen o provocan la rumia, pero los concentrados no tienen este efecto. Así, mientras más concentrados se le agregan a la dieta, menos saliva se produce.

Por otro lado, la cantidad de ácido producido, está en proporción directa a la digestibilidad de los alimentos. Como se ve en el Cuadro 3.1, los concentrados son más digestibles que los forrajes. Más o menos el doble del ácido se produce en la fermentación de granos de cereales, en comparación con el mismo peso de paja (Figura 3.4). Como los concentrados resultan en menos masticación, la vaca produce menos saliva por unidad de peso de concentrados en comparación con forraje; cuando idealmente debería producir más.

Así, como la cantidad de concentrados en la dieta se aumenta, se producen más ácidos en el rumen y menos saliva, y el pH del rumen se reduce (se vuelve ácido). En una dieta con un alto contenido de concentrados, el pH del rumen puede bajar hasta 5.0 o 5.5, mientras que con una dieta de alto contenido de forrajes, el pH del rumen típicamente está entre 6.5 a 7.0.

Figura 3.4: Cantidades iguales de forrajes y concentrados ocupan volúmenes muy diferentes. En comparación con concentrados, los forrajes contienen menos energía y resulta menos la producción de ácido en el rumen, pero estimulan la producción de saliva para mantener un pH neutro del rumen.

Los métodos de alimentación pueden cambiar las condiciones en el rumen

En general, mientras más alta la cantidad de concentrados, más bajo resulta el pH del rumen (Figura 3.5). El ritmo al que se producen los ácidos en el rumen determina el perfil del cambio del pH del rumen. Cuando el concentrado se ofrece dos veces al día, la acidez máxima (pH mínimo) se logra 2 a 3 horas después de la alimentación. Sin embargo, la alimentación de la misma cantidad de concentrado en porciones más pequeñas a través del día minimiza el cambio del pH del rumen. Aumentar la frecuencia de alimentar con concentrados, o mejor todavía, mezclar el concentrado totalmente con el forraje, reduce el ritmo de producción de ácido en el rumen y ayuda a estabilizar el pH del rumen (Figura 3.5). El pH del rumen varía solamente con la frecuencia de ingestión. Aunque la comida está disponible todo el tiempo, la vaca no siempre está comiendo.

Con bajos niveles de concentrado, el pH del rumen puede reducirse a menos de 6 por un tiempo después de la alimentación (Figura 3.5). La ingestión y la digestión de celulosa probablemente se reducen cuando hay un horario de alimentación de concentrados de dos veces al día, pero no cuando el concentrado y los forrajes se mezclan (Figura 3.5a).

Con altos niveles de concentrados y con dos alimentaciones al día, el pH cae bajo 6 durante períodos más largos. Cuando los concentrados y los forrajes se mezclan, hay poca digestión de celulosas a pesar de un pH que es estable, pero demasiado bajo en el rumen (Figura 3.5b).

Figura 3.5: Para prevenir la reducción de ingestión y de la digestión de celulosa, el pH del rumen no debe caer bajo 6 durante períodos extendidos de tiempo. El problema es menos severo cuando hay un bajo nivel que cuando hay un alto nivel de concentrados.

LAS GRASAS COMO FUENTE DE ENERGIA Y CARBON

Muy pequeñas cantidades de ácidos grasos volátiles son productos de la grasa en el rumen. La mayoría de la digestión y absorción de grasa ocurre en el intestino delgado. Sin embargo, los microbios del rumen pueden cambiar las estructuras de las grasas no saturadas, agregándoles átomos de hidrógeno para saturarlas. Como se indicó antes, más o menos la mitad de la grasa de la leche resulta de los ácidos acéticos y butíricos, producidos por la fermentación de carbohidratos en el rumen. La otra mitad viene de los ácidos grasos que se absorben del intestino delgado. Los ácidos grasos de larga cadena se utilizan en la glándula mamaria para sintetizar las triglicéridos que se encuentran en la grasa de la leche.

Las raciones para las vacas lecheras típicamente no incluyen más de 5% de grasas o lípidos y no deberían contener más de 8% de grasa. La alimentación de grandes cantidades de ácidos grasos que no son saturados puede ser tóxica para las bacterias del rumen, y puede reducir la digestión de fibra y el pH del rumen. Esta interferencia puede producir una reducción en el porcentaje de grasa en la leche.

PROTEINA COMO FUENTE DE ENERGIA

El papel principal de la proteína es de proveer nitrógeno al animal (ver la siguiente sección sobre el metabolismo de nitrógeno). Sin embargo, es importante tener en cuenta que los compuestos de proteína también contienen energía (simplemente porque también contienen carbón). Aunque la cantidad de energía total en proteína (5.1 Kcal/gr) es un poco

más alta que la energía de carbohidratos (4.1 Kcal/gr), las proteínas rinden aproximadamente la misma cantidad de energía "útil" en el cuerpo del animal. Para calcular la energía "útil" en proteína, cuando se utiliza como fuente de energía, la cantidad de energía requerida para eliminar el exceso de nitrógeno también se tiene que tomar en cuenta y substraerse de la energía total.

¿COMO UTILIZA LA VACA LA ENERGIA DE LOS ALIMENTOS?

En contraste con la mayoría de otros nutrientes que pueden ser fácilmente cuantificados por análisis, y expresados como porcentaje del alimento, no hay un análisis de laboratorio para el contenido de energía en los alimentos. La energía resulta de los carbohidratos, los lípidos y las proteínas en los alimentos. Dentro del cuerpo, los carbohidratos y las proteínas rinden aproximadamente 4.1 Kcal/g y los lípidos aproximadamente 9.2 Kcal/g.

Figura 3.6: Ejemplo de la utilización de la energía en la ración de una vaca lechera con contenido 60% alfalfa y 40% maíz.

Antes de que la energía contenida en un alimento esté a la disposición de las células del cuerpo, el alimento tiene que ser fermentado por los microbios del rumen o digeridos en el intestino delgado, absorbidos, transportados, y a veces convertidos en otras entidades (metabólicas). En cada una de estas etapas, se pierde algo de la energía originalmente contenida en el alimento. Así, la energía en un alimento se puede dividir en:
- Las pérdidas que ocurren durante la digestión y el metabolismo.
- La energía disponible para mantenimiento y producción.

La Figura 3.6 indica esta división de energía. La energía bruta se refiere a la cantidad total de energía en un alimento, determinada por una oxidación completa (combustión con oxígeno) de los alimentos y la medición del calor producido. Los alimentos comunes se parecen bastante en cuanto a su energía total, pero difieren en la energía neta que tienen, debido a las pérdidas variables que resultan de los siguientes procesos:
- La digestión incompleta del alimento en el tracto gastro-intestinal, acompañada por la producción de heces que todavía contienen alguna energía.
- La fermentación ruminal, acompañada por la producción del gas metano, que todavía contiene alguna energía.
- La excreción del nitrógeno de desgaste junto con la excreción de nitrógeno de urea en la orina.
- La producción de calor asociado con la fermentación ruminal y el metabolismo de nutrientes dentro del cuerpo.

La mayor parte de la energía del alimento se absorbe al cuerpo después de la digestión (nota que el tracto digestivo se considera "externo" al cuerpo. Así la energía que se queda en las heces realmente nunca ha entrada el cuerpo). La energía digestible de un alimento es la energía gruesa menos la energía perdida en las heces. Esta pérdida será mayor en alimentos altos en fibra que en los que son bajos en fibra (forraje vs concentrados). Así por la misma cantidad de fibra en un forraje, la perdida será mayor cuando el forraje proviene de una planta más madura y más lignificada. Dentro del rumen se producen bióxido de carbón y metano. Todavía hay energía en el metano pero las vacas no la pueden utilizar y deben eructar estos gases. Aunque la energía digestible se absorbe dentro el cuerpo, algo se pierde, porque se requiere energía para la excreción de los desgastes producidos por el metabolismo de nitrógeno dentro el cuerpo. Así la energía metabolizable se calcula restando la energía perdida en metano y orina de la energía digestible. Durante el proceso de digestión y el metabolismo se produce calor, que durante tiempos fríos, no tiene valor y representa una pérdida de energía. La energía que se queda se llama "energía neta." Esta es la energía de los alimentos que esta disponible para el mantenimiento y la producción. En los cuadros de requisitos y de composición de alimentos típicamente se incluyen tres valores de energía:
- Energía neta para el mantenimiento
- Energía neta para el crecimiento
- Energía neta para el mantenimiento y la lactancia.

Estos valores de energía neta son diferentes porque la energía metabolizable se utiliza de una forma eficaz para el mantenimiento que para el crecimiento. Sin embargo, se parecen las eficiencias de utilización de energía neta por vacas lactantes para mantenimiento y para lactancia se parecen. Así, cuando se balancea una ración para un animal en crecimiento, se necesita utilizar dos valores de energía para cada alimento, la energía neta para mantenimiento y la energía neta para crecimiento. Sin embargo, cuando se balancea una ración para una vaca lactante sólo es necesaria la energía neta para el mantenimiento y la lactancia.

LOS MICROBIOS RUMINALES SON FUENTES EXCELENTES DE PROTEINA PARA LA VACA

En un experimento clásico, realizado en los años 60 en Suecia, se alimentaba las vacas sin proteína, y con solamente

amoniaco como la fuente de nitrógeno. Estas vacas produjeron aproximadamente 5000 kg de leche a través de su lactancia y un promedio de 580 gramos de proteína de leche de alta calidad cada día. La población bacteriana del rumen puede crecer con amoniaco como su única fuente de nitrógeno y eventualmente proveer todos los aminoácidos requeridos para producir proteínas de leche.

La acción de los microbios del rumen en los compuestos nitrogenados en la dieta se demuestra en la Figura 3.7. La mayor parte de la energía en los alimentos se absorbe al cuerpo después de la digestión (Nota: el contenido del tracto digestivo se considera "externo" al cuerpo. Así, la energía que contiene las heces realmente nunca ha entrado al cuerpo). La energía digestible de un alimento es la energía gruesa menos la energía perdida en las heces. Esta pérdida será más alta para alimentos bien fibrosos y baja para los alimentos de baja fibra (forraje en contraste con concentrados). También, para la misma cantidad de fibra en un forraje, la pérdida es mayor cuando el forraje es de una planta madura, que es más lignificada. En el rumen, se produce metano, pero las vacas no pueden utilizar metano y deben eructar este gas. Aunque la mayoría de la energía digestible se absorbe dentro el cuerpo, algo se pierde porque la energía es necesaria para excretar los desgastes producidos por el metabolismo del nitrógeno dentro del cuerpo. Así, la energía que puede ser metabolizada se calcula restando la energía perdida en metano y orina a la energía digestible.

Los cambios en los compuestos de nitrógeno debidos a las acciones de los microbios, se ven en la Figura 3.7. Una gran porción (40 a 75 %) de la proteína ingerida por la vaca se degrada en el rumen en etapas sucesivas. El nivel de separación depende de muchos factores, incluyendo la solubilidad de la proteína, la resistencia a las enzimas bacterianas, el ritmo de pasaje de la digesta a través del rumen y otros factores. Eventualmente, el nitrógeno que estaba en forma de aminoácidos se convierte en amoniaco. Otras fuentes de nitrógeno no proteína en la dieta (urea, nitratos, aminos, etc.) pueden convertirse en amoniaco. El amoniaco es incorporado por muchas especies de bacterias en el rumen, para producir la proteína bacteriana. La cantidad de proteína bacteriana sintetizada cada día está en proporción directa con la energía y el carbón a la disposición de las bacterias (provenientes principalmente de los carbohidratos). Es decir, más fermentación de carbohidratos resulta en más síntesis de proteína bacteriana. Es rara que el amoniaco limite el crecimiento de bacteria en el rumen por dos razones:
- Las bacterias son muy expertas en atrapar amoniaco.
- La vaca ha evolucionado un mecanismo para conservar nitrógeno y reciclarlo en la saliva.

Figura 3.7: Resumen esquemático de la utilización de nitrógeno por la vaca lechera y otros rumiantes (Cortesía del Dr. L.D. Satter).

El amoniaco que escapa de las bacterias se absorbe y se transforma en urea a través de la pared del rumen, y se transporta al hígado. Este exceso de nitrógeno luego puede ser reciclado al rumen a través de la saliva, o excretado en la orina por los riñones. Los investigadores han determinado que aproximadamente 15% del nitrógeno ingerido por la vaca se recicla como urea en la saliva. Este proceso es muy eficiente cuando las raciones son bajas en proteína. Eventualmente, las bacterias que crecen en el rumen entran al abomaso igual que cualquier otra partícula de alimento no degradada. La proteína bacteriana, y las proteínas del alimento que han escapado la degradación bacteriana, son digeridas por los ácidos y enzimas en el tracto pos ruminal (abomaso e intestino delgado). Los ácidos amínicos liberados durante la digestión son absorbidos por el intestino delgado hacia la sangre.

Los aminoácidos absorbidos pueden ser utilizados por muchos órganos dentro del cuerpo. En particular, las glándulas mamarias que producen la leche, utilizan muchos aminoácidos de la sangre para sintetizar la proteína de la leche. En resumen, cuando las vacas se alimentan de alimentos fermentables, la síntesis de proteína bacteriana en el rumen aumenta.

RESUMEN

En contraste con los animales de estómago sencillo, en las vacas la energía y la proteína en la dieta cambian dentro del rumen, debido a las acciones de los microbios.
- Los carbohidratos se fermentan a ácidos grasos volátiles, y son la fuente principal de energía para una vaca.
- La celulosa y otros carbohidratos fibrosos (hemilcelulosa) que provienen de los forrajes, son necesarios en la dieta para mantener una función normal del rumen.
- El almidón y otros carbohidratos no estructurales, que provienen principalmente de los concentrados, se digieren más rápidamente y proveen más energía que los carbohidratos fibrosos.
- Un exceso de granos que contienen grandes cantidades de almidones (maíz y sorgo) puede resultar en:

- Una reducción rápida en la ingestión (un desorden de pérdida de apetito);
- Una producción de leche de bajo porcentaje de grasa.
- La cantidad y el tipo de carbohidrato (carbohidratos fibrosos contra carbohidratos no estructurales) dados a la vaca tienen un efecto considerable en el rendimiento y la composición de la leche. La alimentación con una pequeña cantidad de grano en una dieta basada en forrajes de baja calidad, es un modo muy económico de mejorar la eficiencia del mismo por que:
- Mejora la ingestión de los forrajes de baja calidad;
- Mejora el suministro de energía a la vaca y los precursores de los componentes de la leche (glucosa, ácido acético, etc.) para la glándula mamaria;
- Mejora el síntesis de proteína bacteriana en el rumen y el suministro de aminoácidos para la glándula mamaria.
- Sólo 40% de la proteína ingerida por la vaca llega hasta el intestino delgado sin degradación si hay energía suficiente disponible.

Esta publicación está autorizada por el Instituto Babcock para la Investigación y Desarrollo Internacional de la Industria Lechera de la Universidad de Wisconsin Madison.

Estas tecnologías son responsabilidad de quien las aplique.