

Anatomía y Fisiología Digestiva de la Cabra

Silvia Elena Buntinx Dios
Sergio C. Ángeles Campos
Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica
FMVZ-UNAM

ANATOMÍA

Los rumiantes muestran variaciones anatómicas resultado de la evolución que favoreció la selectividad por alimentos específicos. Esto llevó a Hofmann (1988) a clasificarlos en tres *tipos morfofisiológicos de alimentación*: los *seleccionadores de concentrados (SC)*, los *consumidores de forraje (CF)* y los *intermedios*.

Los SC evolucionaron temprano y se adaptaron a las plantas antes de que se desarrollaran los pastos. Seleccionan plantas o partes de plantas ricas en contenidos celulares altamente digestibles y nutritivos y tienen una capacidad muy limitada para digerir la pared celular (fibra). Ej.: venado cola blanca, duikers, kudus, jirafas. Su rumen es simple.

Los rumiantes CF evolucionaron más tarde y dependen de los pastos y otros materiales vegetativos fibrosos, aunque pueden manejar más o menos bien los contenidos celulares de rápida fermentación. Ej.: bovinos, borregos. Su rumen es muy avanzado. Los rumiantes intermedios, como la cabra, consumen una dieta mixta y algunos, como el caribú, son muy flexibles. Su rumen es avanzado.

- **Órganos de prensión**

Están conformados por los labios, la lengua, los incisivos inferiores y el cojinete dental. Hay una gran diversificación entre los tres grupos, pero la cabra se caracteriza por poseer una lengua larga y móvil y labios muy flexibles. La fórmula dentaria de la cabra es la siguiente: $2 (I 0/4 C 0/0 P 3/3 M 3/3) = 32$.

- **Estómago**

Muestra el mayor grado de desarrollo evolutivo de todos los mamíferos y está formado por el retículo, el rumen, el omaso y el abomaso. Los tres primeros se

consideran pre-estómagos y tienen la siguientes funciones:

- almacenan y retrasan el pasaje del alimento ingerido
- son el sitio de la fermentación microbiana anaeróbica del material vegetal y de la absorción de los productos de la fermentación

En las cabras, el rumen es el órgano más grande, seguido del abomaso, del retículo y del omaso. La capacidad ruminoreticular de la cabra es de 9-18 L y la del abomaso, de 2 L.

Los pre-estómagos están recubiertos por epitelio escamoso estratificado, que tiene una función importante en la absorción de ácidos grasos volátiles, en el balance de agua y en el metabolismo del nitrógeno y de los minerales. El abomaso tiene una mucosa glandular cubierta por epitelio columnar simple.

Las papilas ruminales son órganos de absorción, cuya distribución, tamaño y número están altamente relacionados con los hábitos alimenticios y la disponibilidad y digestibilidad del forraje. Los cambios estacionales son más pronunciados en los rumiantes intermedios, como la cabra.

El orificio retículo-omasal regula el paso de alimento del rumenretículo y la cabra puede regular el tamaño de este orificio. Esto limita el consumo de nuevo alimento. Las amplias superficies laminares de la mucosa omasal absorben agua y minerales. La mucosa abomasal es gástrica glandular, similar a la de otros mamíferos.

- **Intestino**

La relación longitud corporal : longitud intestinal en la cabra es 1:15-20. La longitud total intestinal aumenta en relación con el tamaño corporal y con el aumento en la habilidad del rumiante para digerir la fibra.

FISIOLOGÍA DIGESTIVA

Los pre-estómagos son cámaras de fermentación. La fermentación se refiere al metabolismo microbiano en ausencia de oxígeno y le brinda a los rumiantes las siguientes ventajas:

- Permite el consumo de alimentos muy fibrosos
- Confiere habilidad para degradar la celulosa
- Permite la síntesis de proteína microbiana de alto valor biológico a partir de:
 - proteína vegetal de bajo valor biológico
 - nitrógeno no proteico de la dieta
 - reciclaje de productos metabólicos de desecho (urea)
- Provee todas la vitaminas del complejo B

Sin embargo, la fermentación también tiene desventajas para el animal:

Cerca de 8 horas al día deben dedicarse a la rumia

Debe haber acceso a alimento adecuado a intervalos regulares

Se necesitan mecanismos complicados para mantener al rumen trabajando adecuadamente:

- Adición regular de grandes cantidades de saliva
- Movimientos de mezclado poderosos en los compartimentos pregástricos
- Mecanismos para:
 - La eliminación de los gases de la fermentación (eructo)
 - La regurgitación (rumia)
 - La absorción de los productos finales de la fermentación
 - El paso hacia el omaso de partículas no digeridas
- Las rutas en el metabolismo intermediario deben ser capaces de utilizar a los productos finales de la fermentación: los ácidos grasos volátiles (AGV)
- La fermentación pregástrica no es un proceso eficiente energéticamente porque la energía que las bacterias gastan para su mantenimiento aparece como calor y es energía que el animal pierde

Características del ambiente ruminal

El rumen es un sistema de fermentación más o menos continuo, que requiere de un equilibrio entre las sustancias que entren vía dieta o saliva y las que se producen por fermentación. Un buen ambiente ruminal debe reunir las siguientes características:

1. Potencial de óxido-reducción bajo
2. pH entre 5.5 y 7.0
3. Osmolalidad dentro de límites estrechos
4. Gases: CO₂, CH₄, N₂ y O₂
5. Población mixta e interdependiente de bacterias, protozoarios y levaduras:
 - a. Bacterias primarias: celulolíticas y amilolíticas
 - b. Bacterias secundarias: utilizadoras de lactato y metanogénicas
 - c. Protozoarios, que se alimentan de las bacterias, de gránulos de almidón y de ácidos grasos poliinsaturados

Fermentación de carbohidratos

La fermentación de celulosa, hemicelulosa, fructosanos y pectinas la realizan las bacterias celulolíticas y es lenta porque las bacterias celulolíticas tienen una tasa metabólica baja (sus números se duplican cada 18 horas). La fermentación de almidón y azúcares simples la realizan las bacterias amilolíticas y es más rápida porque estas bacterias se duplican cada 0.25 a 4 horas.

Los productos de esta actividad fermentativa son ácidos orgánicos de cadena corta, CO₂, metano e hidrógeno. Los principales ácidos orgánicos son acético, propiónico y butírico, cuya concentración total varía entre 60 y 120 mmol/L. Estos AGVs proporcionan 70% o más de la energía requerida por bovinos adultos.

Los AGVs se absorben a través del epitelio ruminal. El ácido butírico se metaboliza en el epitelio ruminal o en el hígado, transformándose en β-hidroxibutirato. Cerca del 30% del ácido propiónico se transforma en ácido láctico en la pared ruminal; el resto es metabolizado a glucosa en el hígado. La mayor parte del ácido acético llega al hígado y de ahí a los tejidos, que lo utilizan para formar acetil CoA.

Fermentación y síntesis de proteína

Las bacterias proteolíticas representan 12 a 38% de las bacterias ruminales totales. Pueden convertir a la proteína y a los compuestos no proteicos en proteína

microbiana y este proceso permite la conservación de nitrógeno y del agua que se hubiera necesitado para la excreción urinaria de urea. Sin embargo, el exceso de proteína en la dieta puede conducir a una sobreproducción de amoníaco, lo que aumenta el riesgo de una intoxicación.

Fermentación de lípidos

Los microorganismos ruminales rápidamente hidrolizan a los lípidos en la dieta, saturando en gran medida a los ácidos grasos insaturados. Valores por arriba de 5% de lípidos en la dieta afectan de manera adversa la palatabilidad del alimento y la actividad celulolítica.

REFERENCIAS

Hofmann, R.R. Anatomy of the gastro-intestinal tract. En: D.C. Church (ed), The Ruminant Animal, Prentice Hall, New Jersey, 1988, pp. 14-13.

Leek, B.F. Digestion in the ruminant stomach. En: M.J. Swenson and W.O. Reece (eds.), Duke's Physiology of Domestic Animals, 11th ed., Comstock Publishing Associates, 1993, pp. 387-416.