PROCESOS DIGESTIVOS DE LOS ALIMENTOS

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| La utilización digestiva de los carbohidratos.  En los rumiantes, la digestión de los carbohidratos es más compleja que en monogástricos debido a los procesos fermentativos anaerobios que ocurren en el rumen.   a) La degradación ruminal de los carbohidratos.  Los enzimas microbianos hidrolizan prácticamnte todos los carbohidratos no estructurales (almidón) y buena parte de los carbohidratos estructurales (fibra). Los azúcares producto de esta hidrólisis son utilizados como fuente energética por la flora microbiana, que los cataboliza y produce ácidos grasos volátiles (AGV) que excreta al rumen; la mayor parte de estos ácidos grasos son absorbidos en la pared ruminal y el resto en el abomaso. Los AGV representan de media el 60% de la energía absorbida por el rumiante en su aparato digestivo (y hasta el 80% en caso de raciones forrajeras).  La proporción de AGV formados en el rumen depende del tipo de flora microbiana que se desarrolla según el pH del rumen, que en última instancia depende del tipo de alimento:        - los carbohidratos estructurales poco digestibles (p.e. paja, heno) fermentan lentamente (2-5% por hora) de modo que la velocidad con que se producen AGV es lenta, y por lo tanto el pH del rumen se mantiene alto (pH>6.0), favoreciendo el desarrollo de una flora celulolítica productora de ácido acético        - los carbohidratos de reserva (p.e. almidón de cereales) y algunos subproductos (p.e. salvado) fermentan rapidamente (20-50% por hora), lo que da lugar a una rápida formación de AGV y a una disminución del pH ruminal (pH < 6.0). Además, cuando la inclusión de concentrado en la ración es elevada se mastica poco y por lo tanto la producción de saliva (que mantendría relativamente alto el pH) es escasa. El bajo pH favorece el desarrollo de una flora amilolítica productora de ácidos láctico y propiónico, y dificulta el desarrollo de protozoos y bacterias celulolíticas         - los alimentos con elevado contenido en azúcares solubles (p.e. melazas, pulpa de remolacha, hierba joven) fermentan muy rápidamente (50-100% por hora) y estimulan el desarrollo de protozoos ciliados que almacenan estos azucares, e impiden que sean utilizados como fuente energética por otros microorganismos, lo que limita el desarrollo del resto de la flora; al limitarse la fermentación ruminal se mantiene un pH>6.0, lo que dificulta el desarrollo de una flora amilolítica (y por tanto se reduce la producción de ácido propiónico) y favorece la actividad de las bacterias celulolíticas. Los protozoos ciliados producen cantidades importantes de ácido butírico        - en el rumen, además de AGV, se producen cantidades importantes de metano (CH4). El metano se origina como consecuencia de la fijación por bacterias metanogénicas del exceso de hidrógeno que se produce en el rumen durante la fermentación de los carbohidratos (CO2 + 4 H2  =  CH4 + 2 H2O). El metano formado es expulsado por el eructo y, aunque no sea un trastorno metabólico, significa una pérdida que supone el 5-10% de la energía ingerida. La cantidad de metano formado depende del tipo de fermentación que tenga lugar en el rumen; en efecto, mientras que la formación de ácido acético y ácido butírico lleva asociada la liberación de hidrógeno que es utilizado por las bacterias metanogénicas para producir metano, la formación de ácido láctico y propiónico consume hidrógeno reduciendo su disponibilidad para producir metano. Además, a pH inferior a 5.5 se inhibe el desarrollo de las bacterias metanogénicas. Como las raciones basadas en alimentos concentrados reducen el pH y producen ácido propiónico, originan menos pérdidas en forma de metano que las raciones forrajeras. Por otra parte, algunos antibióticos (monensina sódica y flavofosfolipol; los antibióticos están permitidos en lactoreemplazantes y en el cebo de terneros, pero no en la producción de leche) inhiben el desarrollo de las bacterias metanogénicas, como se estudiará más adelante.    |  | | --- | | EJEMPLO DE LA PROPORCION DE AGV FORMADOS EN EL RUMEN                         Ración forrajera          Ración estandar           Ración intensiva   pH                         6.0-7.0                           5.5-6.0                             4.5-5.5   acético                     70                                   60                                   50   propiónico              15                                   25                                   35   butírico                    15                                   15                                   15 |   b) La digestión postruminal de los carbohidratos.  Al abomaso llegan cantidades importantes de fibra no degradada; en el caso de raciones basadas en maíz, también llegan cantidades apreciables de almidón que escapa a la degradación ruminal:        - el almidón que escapa a la fermentación ruminal es hidrolizado y la glucosa absorbida en el intestino delgado de manera similar a como ocurre en monogástricos. En general, la glucosa representa menos del 1% de la energía absorbida con raciones forrajeras cuyo contenido en almidón es mínimo; con raciones con cebada (que fermenta casi completamente en el rumen) representa menos del 5%; con raciones con maíz la glucosa absorbida en el duodeno puede representar hasta el 15% de la energía absorbida        - la fibra no es digerida en el abomaso ni en el duodeno, pasando directamente al intestino grueso donde es fermentada parcialmente produciendo AGV; con las raciones habituales los AGV absorbidos en el intestino grueso representan menos del 10% de la energía absorbida por el rumiante.   3.- La utilización digestiva de los compuestos nitrogenados.  Los compuestos nitrogenados, igual que los carbohidratos, también sufren una intensa fermentación ruminal; el nitrógeno contenido en los alimentos (tanto nitrógeno no proteico como proteico) es utilizado por la flora ruminal para sintetizar su propia proteína.  Parte de los microorganismos del rumen son arrastrados con el alimento al cuajar; la proteína de estos microorganismos (*proteína microbiana*), junto con la proteína del alimento que no ha sido fermentada en el rumen (*proteína by-pass*), es digerida en el cuajar y duodeno, liberándose y absorbiéndose sus aminoácidos.   a) La degradación ruminal de los compuestos nitrogenados.  Los principales aspectos de la degradación ruminal de los compuestos nitrogenados son:        - el nitrógeno no proteico del alimento (que representa el 20-30% del nitrógeno de los forrajes verdes y raices (p.e. nabos), y hasta el 50% en los forrajes ensilados) es transformado en amoniaco en el rumen por la acción de enzimas bacterianas        - parte de la proteína del alimento (de media las dos terceras partes) es hidrolizada en el rumen por la acción de *proteasas bacterianas*; el resto de la proteína del alimento pasa directamente al abomaso (*proteína by-pass*). Los aminoácidos liberados en la hidrólisis ruminal son desaminados en la luz ruminal por acción de *desaminasas bacterianas*, formándose amoniaco y cadenas carbonatadas        - alrededor del 75% del amoniaco formado en el rumen es tomado por la flora para sintetizar sus propios aminoácidos (*proteína microbiana*); las cadenas carbonatadas necesarias para la síntesis de estos aminoácidos las obtiene la flora a partir de cadenas carbonatadas procedentes de azúcares y aminoácidos. Es importante enfatizar que, en general, los microorganismos no insertan los aminoácidos de las proteínas alimentarias tal cual son liberados en la hidrólisis ruminal, sino que los desaminan y realizan una neoformación de aminoácidos. Por este motivo, la composición de la proteína microbiana que llega al duodeno de los rumiantes difiere considerablemente de la proteína original de la ración, siendo el contenido en aminoácidos de la proteína microbiana relativamente constante e independiente del regimen alimenticio        - el resto del amoniaco producido se absorbe a través del epitelio ruminal, y en el hígado es transformado en urea; la urea (que puede proceder del amoniaco absorbido en el rumen, ó de la desaminación orgánica de aminoácidos) puede ser eliminada por la orina ó puede ser reciclada al rumen por medio de la saliva ó por las venas ruminales.  Es importante considerar que las raciones que aportan mucho nitrógeno y poca energía pueden provocar una toxicidad amoniacal debido a que:        - en el rumen existe un alto contenido en NH3 debido al alto contenido proteico        - la actividad de la flora ruminal es poco intensa debido a una carencia de energía, por lo que la síntesis de proteína microbiana está limitada y por lo tanto se produce una acumulación ruminal de amoniaco        - el exceso de NH3 es absorbido en el rumen, pudiendo sobrepasar la capacidad detoxificadora del hígado.  Finalmente, algunos aminoácidos ramificados (p.e. isoleucina) dan lugar a la formación de AGV ramificados denominados *isoácidos*: los isoácidos son ingeridos por las bacterias y utilizados como sustratos energéticos.   b) La digestión postruminal de las proteínas.  La digestibilidad de la proteína que llega al abomaso es del 80-90%; con las raciones habituales, dos tercios de los aminoácidos absorbidos en el duodeno de los rumiantes son de origen microbiano y el tercio restante de origen alimentario.  Igual que en el caso de monogástricos, los compuestos nitrogenados no absorbidos en el rumen ni en el duodeno llegan al intestino grueso, donde pueden ser utilizados por la flora intestinal para sintetizar proteína microbiana. No obstante, la síntesis de proteína microbiana en el intestino grueso está muy limitada por el escaso aporte tanto nitrogenado como energético; además, la proteína microbiana sintetizada en el ciego no tiene utilidad para el animal ya que está muy limitada su hidrólisis a aminoácidos absorbibles.   4.- La utilización digestiva de las grasas.  Respecto a la utilización ruminal de la grasa, es conveniente tener presentes los siguientes aspectos:        - la flora ruminal no produce lipasas, y por lo tanto en el rumen no se digiere la grasa de los alimentos; por otra parte, la flora ruminal no utiliza grasa como sustrato energético ya que la metabolización de la grasa requiere oxígeno        - la mayor parte de la grasa insaturada se satura en el rumen (-CH=CH-  +  H2   =>   -CH2-CH2-), utilizando el hidrógeno liberado en la fermentación de los carbohidratos        - la flora ruminal transforma en grasa saturada (*grasa microbiana*) parte de los nutrientes captados; por este motivo, la cantidad de grasa que sale del rumen es mayor que la cantidad de grasa aportada por la ración.  Por otra parte, la grasa de la ración (particularmente los ácidos grasos insaturados) interfiere la fermentación de los alimentos, ya que la grasa se adhiere a las partículas, dificultando el ataque de las enzimas microbianas.  Los ácidos grasos que pasan al abomaso y al duodeno de los rumiantes son de dos orígenes: ácidos grasos procedentes de la ración (*grasa by-pass*, en su mayor parte insaturada que no ha sido saturada en el rumen) y ácidos grasos contenidos en los microorganismos (*grasa microbiana*, saturada). En el duodeno de los rumiantes se produce una hidrólisis y una absorción similar a la que ocurre en los monogástricos, absorbiéndose la glicerina y los ácidos grasos de la ración y de los microorganismos.   5.- Los métodos para determinar la degradabilidad ruminal de los nutrientes.  Para determinar la degradabilidad de los alimentos se puede utilizar el método de las bolsas de nylon ó métodos in vitro.   a) El método de las bolsas de nylon.  El método de las bolsas de nylon (ó de Mehrez-Orskov) utiliza animales con una fistula ruminal por la que se introducen bolsas de nylon con el alimento. Las bolsas permanecen en el rumen 2-3 días, y los nutrientes degradados escapan por los poros de la bolsa. Finalmente se sacan las bolsas y se calcula la degradabilidad ruminal por diferencia entre la cantidad introducida y el residuo que queda en la bolsa.  La degradabilidad de cada nutriente es función de la solubilidad de ese nutriente (fracción A), de la velocidad c de degradación de la fración insoluble (fracción B), y del tiempo de permanencia del nutriente en el rumen (que es inversamente proporcional a la velocidad k de tránsito ruminal); la degradabilidad real ó efectiva (De) de cada nutriente se calcula como De = A + B x c/(c + k).  MODELIZACION DE LA DEGRADABILIDAD RUMINAL   |  |  |  | | --- | --- | --- | | |  | | --- | | http://www.webs.ulpgc.es/nutranim/tema22c.jpg |   Curva de degradación:   Degradabilidad tras t horas de incubación =  A + B (1 - e-ct)   A es el porcentaje de nutriente soluble   A+B es el porcentaje de nutriente degradado en 72 horas   t es el tiempo de permanencia en el rumen   c es la velocidad de degradación  Cálculo de la degradabilidad efectiva:   De = A + B x c/(c + k)   k es la velocidad de tránsito ruminal, y oscila entre el 3-6% a la hora | Ejemplo  Determinar la cantidad de proteína degradable y la cantidad de proteína by-pass de una muestra de heno de alfalfa:        - el heno de alfalfa se analiza y se determina que contiene un 15% de PB        - se determina que el 30% de la PB del heno es soluble en agua        - se realiza una prueba con bolsas de nylon y se determina que la degradabilidad máxima (a las 72 h de incubación ruminal) de la PB del heno es del 80%        - la degradabilidad ruminal se ajusta con un ordenador a una curva de degradación, y se obtiene la curva: D = 30 + 50 (1 - e-0.06 t)        - la curva indica que la velocidad de degradación de la fracción insoluble es el 6% a la hora  Asumiendo una velocidad de tránsito ruminal del 5% a la hora, se determina que la degradabilidad efectiva es:    De = 30 + 50 x 0.06/(0.06 + 0.05) = 60% de la PB del heno.  Por lo tanto, el heno de alfalfa contiene:       150 g/kg MS x 60% = 90 g de proteína degradable por kg MS, y       150 - 90 = 60 g de proteína by-pass por kg MS |   b) Los métodos in vitro.  Debido a la duración de las pruebas in vivo y al efecto traumático que para el animal supone una fístula, en algunas ocasiones se sustituye el método de las bolsas de nylon por los métodos de laboratorio basados en la incubación anaeróbica a 40 ºC durante 2-3 días de la muestra a estudiar:        - la solubilidad de los nutrientes en una solución tampón de fosfatos-carbonatos (*saliva artificial*) estima la solubilidad de los nutrientes de los alimentos en el rumen (fracción A); una simplificación de este método es la solubilidad de los nutrientes del alimento en agua         - la solubilidad de los nutrientes en líquido ruminal obtenido de animales fistulizados estima la degradabilidad de los alimentos (fracciones A+B); una variación es la determinación de la degradabilidad de la FND del alimento en una solución tampón a la que se añaden celulasas obtenidas de hongos ó bacterias.   6.- Los métodos para determinar la cantidad de proteína microbiana sintetizada en el rumen.  La cantidad de proteína microbiana sintetizada en el rumen depende de la disponibilidad de cadenas carbonatadas y de nitrogéno; la mayoría de los sitemas de alimentación de rumiantes estiman la cantidad de proteína microbiana sintetizada a partir de la energía y de la proteína del alimento que ha sido fermentado en el rumen, como se estudia con detalle más adelante.  Otro método de estimación de la cantidad de proteína microbiana sintetizada en el rumen es la determinación de la cantidad de bases púricas y sus derivados excretados en la orina:        - las células que forman los alimentos poseen ácidos nucleicos que contienen bases púricas        - todas las bases púricas de las células que forman los alimentos se transforman en amoniaco el rumen       - este amoniaco es captado por la flora ruminal para formar nuevos microorganismos       - estos microorganoismos formados, que a su vez contienen bases púricas, pasan al duodeno; por lo tanto, la cantidad de microorganismos o proteína microbiana formada se puede estimar determinando la cantidad de bases púricas que pasan al duodeno       - mediante marcadores indigestibles y cánulas duodenales se puede determinar el flujo de bases púricas al duodeno, y por tanto conocer la síntesis ruminal de proteína microbiana        - las bases púricas son absorbidas en el duodeno: una parte de estas bases púricas son excretadas directamente en la orina, y otra parte se metabolizan a xantina, hipoxantina, ácido úrico y alantoína; estos productos también se excretan en la orina. Por lo tanto, analizando la cantidad de bases púricas y de productos de su metabolismo excretados en la orina también se puede estimar la cantidad de bases púricas que han pasado al duodeno.   7.- Los métodos para determinar la digestibilidad de los nutrientes.  Para determinar la digestibilidad de los alimentos se emplean, igual que en monogástricos, métodos in vivo e in vitro.  a) Los métodos in vivo.  Los métodos in vivo más utilizados son el método directo para evaluar forrajes y raciones completas, y el método de sustitución para valorar concentrados; además, se pueden utilizar cánulas para determinar la digestibilidad de los alimentos en los diferentes tramos del aparato digestivo. Un inconveniente importante de la aplicación de estos métodos en rumiantes es su larga duración y la elevada cantidad de alimento necesario: en efecto, habitualmente se precisan unas dos semanas de periodo pre-experimental para la adaptación ruminal al alimento, y finalmente un periodo experimental de una semana.  Una estimación relativamente rápida de la digestibilidad de los alimentos también se obtiene incubando durante 7 días en el rumen bolsas de nylon con muestras del alimento; los nutrientes no fermentados durante este tiempo se consideran indigestibles  La determinación de la digestibilidad de los pastos presenta ciertas dificultades debido a que es difícil conocer con precisión la cantidad de alimento ingerido y la cantidad de heces excretadas. La digestibilidad de los pastos se puede determinar utilizando marcadores indigestibles internos, esto es, sustancias indigestibles contenidas en el pasto, por ejemplo, lignina ácido detergente, nitrógeno ligado a la FAD, cenizas insolubles en ácido, ó alcanos (son ceras de cadena impar presentes en los forrajes).    |  | | --- | | UTILIZACION DE MARCADORES EN PASTOREO  Se desea conocer la digestibilidad de unos pastos que contienen un 20% de MS y un 0.005% sobre MS de alcano C33. Se mantienen 3 vacas pastando y se recogen varias muestras de heces durante 10 días que se analizan, resultando que contienen un 0.02% de alcano  C33 sobre MS.  Cantidad de marcador ingerido = Cantidad de MS ingerida (I) x Porcentaje de marcador en la MS ingerida (%MI)   Cantidad de marcador excretado (que coincide con el ingerido) = Cantidad de MS excretada (H) x Porcentaje de marcador en la MS de las heces (%MH)   Por lo tanto:  I x %MI = H x %MH  La digestibilidad de la MS es:        DMS = 1 - MSheces/MSingerida = 1 - H/I = 1 - %MI/%MH, esto es, DMS = 1 - 0.005/0.02 = 75% |   b) Los métodos in vitro.  Los métodos in vitro consisten en solubilizar anaeróbicamente el alimento en el laboratorio (preferiblemente tras la extracción de la grasa con eter de petróleo):             - el *método de Tilley-Terry* consiste en digerir el alimento con una solución tampón con carbonatos y fosfatos (saliva artificial), líquido ruminal (que contiene amilasas, celulasas y proteasas, y se obtiene a través de una cánula en animales fistulizados) y una solución de pepsina; después de 48 h de incubación anaerobia se determina la cantidad de nutrientes solubilizados              - el *método de la pepsina-celulasa* consiste en digerir al alimento con saliva artificial y una solución que contiene pepsina y celulasa (obtenidas en laboratorio a partir de microorganismos)             - el *método de Van Soest* consiste en digerir el alimento con saliva artificial, líquido ruminal y solución neutro-detergente.   8.- Los factores que determinan la degradabilidad y digestibilidad de los nutrientes.  La degradabilidad y digestibilidad de cada materia prima incluída en la ración de los rumiantes depende no sólo de su composición química, sino también de la composición de los demás ingredientes de la ración, debido al efecto asociativo entre ingredientes.  Por otra parte, la digestibilidad de los alimentos de buena calidad es similar en vacas, ovejas y cabras; sin embargo, la capacidad de las cabras para digerir la fibra de forrajes de mala calidad es algo superior (no muy superior) a la de ovejas y vacas.  Finalmente, los cambios bruscos de ración suelen tener efectos nefastos en los rumiantes debido a la falta de adaptación de la flora ruminal, y se suelen manifestar en forma de diarreas intensas, acidosis ruminal, meteorismo e incluso enterotoxemias que pueden provocar la muerte de los animales.   a) La degradabilidad y digestibilidad de la fibra.  La digestibilidad de la fibra es función de su degradabilidad ruminal, y en menor medida de su degradabilidad en el intestino grueso. La degradabilidad media de la FND contenida en los forrajes habituales es de un 60% (alrededor del 50% se degrada en el rumen y el otro 10% en el intestino grueso); en todo caso, las pectinas de la pared celular son totalmente degradadas en el rumen.  Los principales factores que determinan la intensidad de la degradación ruminal de la fibra son su lignificación y el aporte de concentrado en la ración:       - respecto al efecto de la lignina, además de no ser degradable, reduce la degradabilidad del resto de componentes de la fibra, de tal manera que los lignocarbohidratos (suma de lignina y carbohidratos asociados a la lignina, que se estiman como 2.4 x LAD) se consideran totalmente indegradables. La degradabilidad ruminal de los carbohidratos de la pared celular no ligados a la lignina oscila entre el 50-75%, y en el intestino grueso se degradan alrededor del 20% de los carbohidratos estructurales no degradados en el rumen.        - respecto a la influencia del aporte de concentrado en la degradabilidad ruminal de la fibra es conveniente tener presente que los microorganismos del rumen utilizan rapidamente el almidón de los cereales, provocando un descenso del pH ruminal a menos de 6.0; el bajo pH deprime el desarrollo de las bacterias celulolíticas, esto es, al aumentar la inclusión de concentrado en las raciones de los rumiantes se reduce la degradabilidad de la fibra. Aunque la combinación óptima para un correcto funcionamiento ruminal se sitúa en alrededor del 65% de la energía aportada como concentrado y el 35% como forraje, habitualmente son necesarias inclusiones de concentrado superiores al 70% de la ración para mantener una alta producción de leche, por lo que los forrajes no se degradan bien en el rumen; no obstante, la redución de la degradabilidad de la fibra debido a las altas inclusiones de concentrado no es tan acentuada cuando los forrajes de la ración son de buena calidad, se utilizan tampones ruminales, ó se realiza alimentación integral:                 - la fibra de los forrajes de buena calidad es facilmente degradada por las enzimas producidas por la flora celulolítica, por lo que, aunque la actividad de esta flora esté deprimida debido al alto aporte de concentrado, su producción de enzimas es aún suficiente para degradar altos porcentajes de la fibra de los forrajes de buena calidad                  - los tampones ruminales (bicarbonato sódico, óxido de magnesio) evitan la disminución drástica del pH ruminal debido a una alta inclusión de concentrado, por lo que la actividad de la flora celulolítica no está excesivamente deprimida                  - la alimentación integral permite una estabilización de las fermentaciones ruminales, como se verá más adelante        - sin embargo, en determinadas circunstancias, el aporte de concentrado no reduce la degradabilidad de la fibra, sino que la mejora. En particular, la adición de concentrado (hasta un 20% de la ración) a forrajes de baja calidad (p.e. paja, henos mediocres) aporta energía y nitrógeno facilmente utilizable por la flora ruminal, facilitando su desarrollo y una mayor degradabilidad del material fibroso.  Otros factores que condicionan la degradabilidad ruminal de la fibra son:        - cantidad de alimento ingerido: la degradabilidad de la ración depende del tiempo de permanencia del alimento en el aparato digestivo, y esto es particularmente cierto referido a la permanencia del forraje en el rumen; al aumentar la cantidad ingerida de alimento aumenta la velocidad del tránsito digestivo, y por tanto se reduce la degradabilidad de los forrajes. La redución de la degradabilidad debida al aumento de la ingestión no es muy importante cuando los forrajes son de buena calidad, pero sí es considerable para forrajes de mala calidad. Así, los animales muy productivos, que precisan una elevada ingestión de alimento, digieren peor los forrajes de lenta degradación que aquellos animales que ingieren menos alimento (por ejemplo, animales en mantenimiento)        - cantidad de grasa en la ración: la alta inclusión de grasa (inclusiones superiores al 5%) interfiere el desarrollo microbiano del rumen, reduciendo la digestibilidad de la fibra de la ración; esto es particularmente cierto cuando se incorporan a la ración grasas con un porcentaje importante de ácidos grasos insaturados        - tamaño del forraje: el picado de los forrajes provoca un aumento de la velocidad de tránsito intestinal, lo que se manifiesta por un lado en un aumento de la ingestión del forraje, y por otra en una disminución de su degradabilidad; es aconsejable el picado de los forrajes groseros (p.e. paja, heno) porque el efecto beneficioso sobre el consumo es superior al efecto negativo sobre la degradabilidad; por el contrario, no se aconseja picar los forrajes frescos porque no se mejora mucho el consumo pero se reduce bastante la degradabilidad        - la degradabilidad de los forrajes conservados es menor que la de los forrajes frescos; no obstante, esta disminución es mínima en el caso de ensilados bien realizados        - la utilización de ciertos aditivos (levaduras, hongos blancos, bacterias celulolíticas activas a pH bajos, etc) también permite mejorar la degradabilidad ruminal de la fibra.  b) La degradabilidad y digestibilidad de los compuestos nitrogenados.  El porcentaje de proteína alimentaria que es degradada en el rumen varía entre 40-90% (como media el 65%), dependiendo de cada ingrediente en particular; por otra parte, todo el NNP se degrada en el rumen.  La digestibilidad de la proteína by-pass depende de cada ingrediente en particular, siendo de media del 80%; de hecho se considera que toda la proteína by-pass se digiere postruminalmente, excepto la ligada a la fibra (proteína de la pared celular). Respecto a la proteína microbiana sistetizada en el rumen (se considera que el 80% de la proteína microbiana es proteína verdadera y el resto NNP) su digestibilidad postruminal es también de alrededor del 80%.   c) La degradabilidad y digestibilidad de otros nutrientes.  La degradabilidad ruminal del almidón contenido en los alimentos es prácticamente total; no obstante, en el caso del maíz, alrededor del 15% de su almidón pasa sin degradar al abomaso. El almidón que escapa a la fermentación ruminal se digiere completamente en el intestino delgado:        - debido a que los tratamientos térmicos gelatinizan el almidón de los cereales (y en particular el almidón del maíz), aumentando su degradación ruminal, los piensos de rumiantes (en particular los de hembras lecheras) no se suelen granular, ya que es deseable que la degradación ruminal del almidón sea lo más baja posible para conseguir una alta absorción de glucosa a nivel intestinal.        - los cereales no se suelen moler finamente ya que la molienda fina, además de provocar que prácticamente todo el almidón del maíz se degrade en el rumen, da lugar a un rápido descenso del pH ruminal, lo que suele traducirse en acidosis ruminal. En la práctica, los cereales para las vacas se parten groseramente ó se aplastan, ya que los cereales enteros son mal digeridos y aparecen en las heces; los cereales para las ovejas y cabras no se muelen ya que estas especies regurgitan los granos y los rumian sin dificultad.  Respecto a la utilización digestiva de los lípidos, aunque estos no se degradan en el rumen, se considera que se digieren totalmente en el intestino delgado.  Finalmente, la flora ruminal produce fitasas, por lo que la digestibilidad del fósforo vegetal es mayor en rumiantes que en monogástricos.   d) La alimentación integral.  Tradicionalmente los rumiantes se alimentaban con forrajes ad libitum y concentrado dos veces al día. Tras la ingestión de concentrado hay una elevada producción de ácidos grasos volátiles que provocan un acusado descenso del pH; el pH vuelve a aumentar en los momentos en que se consumen forrajes; se provocan por lo tanto cuatro fermentaciones: dos a base de concentrado y otras dos a base de forraje.  Sin embargo, la ración es mejor consumida, y sobre todo la fibra es mejor fermentada, cuando la fermentación en el rumen se realiza con un pH estable. El método de la *alimentación integral ó unifeed* consiste en mezclar el concentrado con el forraje y distribuirlo ad libitum a los animales; este sistema permite la estabilización de las fermentaciones ruminales, mejorándose la ingestión y degradabilidad de la fibra, y reduciéndose el riesgo de enfermedades digestivas (en particular acidosis ruminal); además, la alimentación ad libitum provoca un aumento de la ingestión de materia seca, así como una mayor producción de saliva que amortigua la caida del pH. Un sistema con resultados similares al unifeed consiste en el suministro del concentrado en pequeñas cantidades (250-300 g de cada vez) varias veces al día mediante el uso de *collares magnéticos*.    |  | | --- | | OSCILACIONES DIARIAS DEL pH RUMINAL SEGUN EL METODO DE ALIMENTACION  http://www.webs.ulpgc.es/nutranim/tema22d.jpg | |
| AUTOEVALUACION  ([Solución de los problemas](http://www.webs.ulpgc.es/nutranim/auto6.htm))  La cantidad y calidad de leche producida por las hembras rumiantes depende en buena medida del tipo de AGV absorbidos en el rumen. Usted conoce los factores que determinan la formación de los diferentes AGV y metano.   El desarrollo de enzimas que mejoren la digestibilidad de algunos alimentos es una de las líneas de investigación actuales en alimentación animal. Una empresa que comercializa fitasas y ß-glucanasas envía información sobre estas enzimas a la fábrica de piensos de la cooperativa de vacuno en la que usted trabaja. Usted fácilmente valora el ínterés que estos aditivos pueden tener para la fábrica de piensos.   Usted sabe que la utilización digestiva de los nutrientes ingeridos por los rumiantes depende de numerosos factores. En un curso de formación de ganaderos usted enfatiza el efecto del aporte de concentrado en la degradabilidad y digestibilidad de los nutrientes de la ración.   Trabaja usted en una ADS de vacuno de leche, siendo una de sus funciones la de formular raciones para ser elaboradas en la fábrica de piensos que tiene la ADS. Recibe usted una oferta de gluten feed en la que se señala el valor nutritivo de esta materia prima, y se indica que este valor nutritivo se ha determinado utilizando la técnica de las bolsas de nylon. Usted sabe el fundamento de las técnicas utilizadas para determinar la utilización digestiva de los alimentos de rumiantes.   En la alimentación de los rumiantes se considera que los lignocarbohidratos (LC = 2.4 x LAD) no son digeridos en el aparato digestivo. Los carbohidratos estructurales digestibles (CEd) se estiman como FND - LC. Los análisis del laboratorio de dos forrajes que se emplean en las explotaciones de la ADS de caprino en la que usted trabaja señalan que ambos contienen un 45% de FND, pero el contenido en LAD es de un 6% en un forraje y de un 10% en el otro forraje:   a) ¿Cual es el contenido en CE (celulosa + hemicelulosa) de cada forraje?  b) ¿Cual es la digestibilidad de los CE de cada forraje? ¿A que se debe una diferencia tan grande en la digestibilidad?  Usted no tiene dificultades para comentar la veracidad ó no de las siguientes afirmaciones:   - en el rumen se produce la hidrólisis enzimática y absorción de la mayoría de los nutrientes de la ración   - las raciones intensivas provocan un alto pH ruminal   - en la alimentación de los rumiantes se procura intensificar las fermentaciones ruminales   - los rumiantes absorben en su aparato digestivo exclusivamente AGV   - todos los productos del metabolismo ruminal son utilizados como nutrientes por los rumiantes   - el principal sustrato energético de los rumiantes son los AGV   - la producción ruminal de metano es mayor con raciones basadas en cereales que con raciones basadas en forrajes   - la calidad de los aminoácidos absorbidos en el duodeno de los rumiantes es mayor que la calidad de los aminoácidos de la proteína ingerida   - la calidad de los ácidos grasos absorbidos en el duodeno de los rumiantes es similar a la calidad de los ácidos grasos ingeridos   - las raciones intensivas dan lugar a que se produzca más propiónico que acético   - los rumiantes no necesitan ingerir aminoácidos ya que los sintetizan en el rumen   - la inclusión de grasa en las raciones permite un mayor desarrollo de la flora ruminal   - la grasa de los rumiantes es más dura que la de los monogástricos   - la proteína by-pass es de origen alimentario   - la cantidad de grasa que pasa al abomaso es mayor que la cantidad de grasa ingerida   - la cantidad de proteína digerida coincide con la cantidad de aminoácidos absorbidos   - la cantidad de fibra digerida coincide con la cantidad de fibra fermentada en el rumen   - la cantidad de proteína fermentada es mayor que la cantidad de proteína digerida   - la mayor parte de la proteína digerida corresponde a proteína by-pass    - la mayor parte del almidón digerido se absorbe como glucosa  - una forma de aumentar la digestibilidad de la fibra de la ración es incluir más de un 40% de cereales en la ración de los rumiantes   - la alimentación unifeed consiste en suministrar un único alimento a los rumiantes   - la cantidad de nutriente digerido es la suma de la cantidad de nutriente degradado en el rumen, digerido postruminalmente y fermetado en el intestino grueso   - la técnica de las bolsas de nylon se utiliza para determinar la digestibilidad de los nutrientes   - la determinación de las purinas permiten estimar la degradabilidad ruminal de la proteína del alimento   - la cantidad de nutriente solubilizado es mayor con el método Tilley-Terry que con el método de las bolsas de nylon   - la degradabilidad y digestibilidad de la proteína bruta del alimento se puede estimar a partir del contenido en nitrógeno de la FAD   - las pectinas son polisacáridos de la pared celular que forman parte de la FND y se degradan completamente en el rumen   - la inclusión de grasa by-pass en las raciones de los rumiantes mejora la degradabilidad del resto de nutrientes   - el heno de hierba se digiere mejor que la hierba pastada   - la digestibilidad de la proteína by-pass es similar a la de la proteína microbiana   - en las raciones de rumiantes se suelen incluir fitasas   - los piensos de rumiantes se suelen granular   - los métodos in vitro para determinar la digestibilidad de los alimentos son similares en rumiantes y monogástricos |

|  |
| --- |
| [http://www.webs.ulpgc.es/nutranim/iarrib.gif](http://www.webs.ulpgc.es/nutranim/tema22.htm#arriba) |