

сравнили с количеством Na, K и Ca в траве из этого пастбища. В сыворотке телок уровень Na, K и Ca был почти тот же перед началом выпаса (апрель) как и после его окончания (октябрь). В июне в сыворотке телок установлено повышенные уровни K и понижение Ca, хотя существенных изменений в траве пастбища не обнаружено. В сыворотке телок откармливаемых на пастбище удобряемом дождеванием сточными водами установили уровень Na, K и Ca более низкий чем у телок из пастбищ не орошаемых, а также это представляют в научной литературе.

Wachnik Z. — **Investigations on the health of cattle grazed on a pasture drained by sewage waters. III. The level of Na, K, and Ca in the serum of heifers.**

Investigations were carried out on the level of Na, K, and Ca in the serum of 20 heifers aged about 20 months, grazing on a pasture drained by municipal sewage. The results obtained were compared with the levels of Na, K, and Ca in the grass of this pasture. In the serum of the heifers the level of Na, K, and Ca was almost identical before the beginning of grazing (April) to that found at the end of grazing (October). A rise in the level of K and a decrease of Ca in the serum of the heifers occurred in July, although there were no obvious changes in the level of these elements in the grass of the pasture. In the heifers grazed on pasture drained by municipal sewage there was found a lower level of Na, K, and Ca than in heifers from pastures not watered and also lower values than these given in the literature.

Wachnik Z. — **Investigations sur l'état de santé d'animaux, menés au pâturage arrosé à l'aide d'eau des égouts. III. Le niveau de Na, K, et Ca dans le sérum des génisses.**

Les auteurs firent des investigations sur le niveau de Na, K et Ca dans le sérum de 20 génisses âgées

d'environ 20 mois, qui paissaient dans un pâturage arrosé à l'aide d'égouts d'une ville. Les résultats obtenus furent comparés au contenu du Na, K et Ca dans l'herbe du pâturage. Le niveau du Na, K et Ca dans le sérum des génisses était presque le même avant la saison du pâturage (en avril) et après sa terminaison (octobre). Une hausse du niveau de K et une baisse du niveau de Ca survint au mois de juillet, malgré que le niveau de ces matières n'était pas distinctement changé dans l'herbe du pâturage. Chez les génisses qui paissaient au pâturage arrosé à l'aide d'eau des égouts on constata des valeurs moins élevées de Na, K et Ca que chez les génisses des terrains non arrosés. Les valeurs de Na, K et Ca chez ces génisses étaient de même moins élevés que dans les données de la littérature.

Wachnik Z.: **Gesundheitszustand der auf mit Abwässern befluteten Weiden geweideten Tiere. III. Na, K und Ca Spiegel im Färsenserum.**

Die Untersuchungen über den Na, K und Ca Spiegel betreffen 20 Färsensera im Alter der Tiere von ca 20 Monate, welche auf einer mit städtischen Abwässern heimgesuchten Regenweide geweidet wurden. Die Ergebnisse sind mit Inhalt an Na, K und Ca im Gras dieser Weide verglichen worden. Im Färsenserum Na, K und Ca Spiegel gestaltete sich fast identisch wie vor dem Beginn der Weidezeit (April) wie auch nach seinem Abschluss. Eine Steigerung des K Spiegels und Senkung des Ca erfolgte im Färsenserum im Juli ohne deutliche Veränderungen im bisherigen Niveau dieser Komponente im Weidegras. Bei auf mit Abwässern auf Regenweiden geweideten Färsen wurden niedrigere Werte an Na, K und Ca wahrgenommen als bei Färsen von nicht befluteten Weiden wie auch niedrigere Werte von den in der Literatur angegebenen.

## FIZJOLOGIA I FIZJOPATOLOGIA

MARIAN PYTASZ

Lublin

### Fizjologia przedżołądków a problemy żywienia u przeżuwaczy — rozkład substancji pokarmowych w żwaczu

Zwierzęta przeżuwające w porównaniu z innymi gatunkami potrafią lepiej wykorzystywać pokarm roślinny, głównie dzięki lepszej możliwości rozkładania celulozy. W ten sposób użytkowany jest nie tylko sam błonnik, ale polepsza się wykorzystanie innych węglowodanów, również białek i tłuszczów uwalnianych z wnętrza komórek roślinnych i udostępnianych działaniu enzymów trawiennych przewodu pokarmowego. Zwierzęta roślinożerne nie wytwarzają enzymów trawiących celulozy, a korzystają z enzymów bakterii żyjących w ich przewodach pokarmowych. Powstały u tych zwierząt specjalne komory fermentacyjne, w których bakterie znajdują sprzyjające warunki bytowania i rozwoju. Komory te umieszczone są albo w początkowym odcinku przewodu pokarmowego (przeżuwacze), albo w odcinku końcowym — jelicie ślepych i okrężnicy (jednokopytne i gryzonie). Aby komory fermentacyjne mogły dobrze spełniać swoją rolę, mu-

szą mieć odpowiednią temperaturę wnętrza, możliwie dużą pojemność, ich motoryka nie powinna być zbyt ożywiona, błona śluzowa wyścielająca ściany nie może produkować soków trawiennych, które mogłyby niszczyć florę bakteryjną. Problem umiejscowienia komory posiada istotne znaczenie. Dobre przystosowanie do wykorzystywania pokarmu roślinnego zawdzięczają przeżuwacze przede wszystkim temu, że ich komory fermentacyjne umieszczone są w początkowym odcinku tworząc przedżołądki. Dzięki temu spełniają one także rolę zbiorników szybko pobieranej i nie dość dokładnie mechanicznie rozdrobnionej karmy. Produkty zaś fermentacji powstałe w procesach bakteryjnego rozkładu lub syntezy, o ile nie są wchłaniane na miejscu, wędrują do dalszych odcinków przewodu pokarmowego, w których bardzo żywe jest trawienie i wchłanianie (żołądek i jelito cienkie). Szanse wykorzystania substancji pokarmowych produkowa-



nych w przedżołądkach stają się znacznie większe niż u zwierząt, u których przemiany bakteryjne dokonują się w jelicie grubym.

Problem wykorzystywania przez zwierzęta produktów bakteryjnej syntezy, przede wszystkim białka, posiada kapitalne znaczenie nie tylko teoretyczne, ale i gospodarcze. Jest sprawą powszechnie znaną, że deficyt białkowy występujący w żywieniu ludzi i w hodowli zwierząt w niektórych częściach naszego globu już obecnie jest znaczący i będzie się pogłębiał w związku z szybkim przyrostem ludności, o ile odpowiednio szybko nie wzrosnie produkcja białka, zwłaszcza pełnowartościowego białka zwierzęcego.

Produkcowanie zaś białek zwierzęcych z białek roślinnych, które mogą być bezpośrednio spożywane przez ludzi, połączone jest ze stratami i z punktu widzenia ekonomicznego nie jest uzasadnione. Jeśli czyni się to jeszcze obecnie, decydują przyzwyczajenia, walory smakowe, ustalony wiekami sposób odżywiania itd, a więc czynniki pozaekonomiczne. Hodowla zwierząt jest sensowna ekonomicznie wtedy, gdy przy jej pomocy da się wytwarzać wysokowartościowe białko zwierzęce, albo z białek przez człowieka w ogóle nie wykorzystywanych (mączki kostne, rybne, otręby, odpady przemysłowe), albo jeszcze lepiej z substancji azotowych — produktów przemysłowej syntezy. Zwierzętami, które najlepiej potrafią te właśnie substancje pokarmowe zużytkować, tak jak żaden inny gatunek zwierząt hodowlanych, są właśnie przeżuwacze, zwłaszcza bydło mleczne.

Warto zwrócić uwagę jeszcze na jeden moment, który decyduje o wysokich walorach hodowlanych bydła. Im większa jest masa ciała zwierzęcia, tym większa jest jego waga w przeliczeniu na jednostkę powierzchni, a podstawowa przemiana materii, służąca podtrzymaniu procesów życiowych mniejsza. U świń opasowych przemiana podstawowa w przeliczeniu na 1 kg wagi ciała wynosi na dobę 19,5 Kal, u owiec 33,5 Kal, u drobiu 55—75 Kal, a u bydła tylko 13,5 Kal, jest więc w porównaniu z trzodą chlewną o ok. 50% mniejsza; o tyle więc mniejsze są straty energetyczne. Można by jedynie uczynić zastrzeżenie, że trzoda chlewna wymaga wprawdzie więcej energii dla podtrzymania własnych przemian, ale za to łatwiej i lepiej wykorzystuje łatwostrawne substancje pokarmowe trawione w żołądku i jelicie, bez uciekania się do pośrednictwa drobnoustrojów. Jednak te łatwo rozpuszczalne i strawne substancje pokarmowe, przynajmniej spora ich ilość, mogą być równie dobrze trawione bezpośrednio przez człowieka.

Swe hodowlane zalety zawdzięczają przeżuwacze procesom, które odbywają się w przedżołądkach, zwłaszcza w żwaczu. Warto więc te procesy dokładniej omówić. Możemy je podzielić na dwie grupy: a) rozpadu i b) syntezy. Poza nimi ważne są też losy powstających w

żwaczu substancji. Na temat fizjologii przedżołądków, w szczególności żwacza, ukazuje się cały szereg prac i artykułów coraz lepiej zjawiska te oświetlających. W niniejszym referacie będę opierał się, poza pracami oryginalnymi, głównie na opracowaniach referatowych zebranych w materiałach z sympozjum poświęconego fizjologii przedżołądków, które odbyło się w r. 1963 w Giessen (4). Do tych też opracowań odsyłam czytelnika, który bliżej zainteresuje się problemami omówionymi w niniejszym referacie zbyt powierzchownie, z uwagi na jego ograniczoną objętość. Poza tym opracowania referatowe mogą być cennym źródłem literatury.

Wśród procesów rozpadu na pierwszy plan wybijają się te, które są związane z rozkładem błonnika. Dokonuje się on zasadniczo dzięki przemianom bakteryjnym, bowiem rola pierwotniaków żyjących w żwaczu obok bakterii nie jest do dziś dokładniej poznana. Nie zdołano, jak dotąd, wykazać rozkładu celulozy w żwaczu, o ile nie była z tym związana pewna aktywność bakteryjna (Oxford — 1956).

Trawienie celulozy odbywa się w trzech zasadniczych etapach (Phillipson i Cuthberston — 1956 — za 19) — ryc. 1.

1. Depolimeryzacja błonnika z utworzeniem niewielkich fragmentów, które są jeszcze nierozpuszczalne (celotriozy, celotrozy?), ale łatwiej ulegają dalszemu rozkładowi.

2. Rozpad nierozpuszczalnych fragmentów do oligosacharydów i celobiozy dokonywany przez enzym podobny do amylazy, ale atakujący wiązanie  $\beta$ , tzw.  $\beta$ -celulazę. Celobioza jest następnie rozkładana do glikozy przez celobiazę.

3. Fermentacja glikozy i innych cukrów prostych do lotnych kwasów tłuszczowych, przede wszystkim do kwasu propionowego, octowego, masłowego, pyrogronowego, mlekowego i niewielkich ilości kwasu mrówkowego. Kwas mrówkowy jest m. in. źródłem  $\text{CO}_2$ , z którego przez redukcję może powstawać metan. W procesach fermentacji powstają też gazy, poza metanem głównie  $\text{CO}_2$  i wodór.

Obok celulozy bakterie żwacza rozkładają również hemicelulozy, na pierwszym miejscu pospolicie występujący w słomie i otrębach ksylan (Bryant — 1959 — za 11). Z ksylanu powstaje ksyloza oraz niewielka ilość arabinozy, dających ostatecznie lotne kwasy tłuszczowe. Rozkład ksylanu odgrywa w bilansie energetycznym zwierzęcia pewną rolę, gdyż ten wielocukier może stanowić 16 do 20% suchej masy rośliny, np. trawy i siana, a łączna ilość hemicelulozy może dochodzić do 40% (słoma, otręby). Poza ksylanem w młodej trawie występują też fruktozany, będące polimerami fruktozy. One także są rozkładane dzięki fermentom bakteryjnym do lotnych kwasów tłuszczowych. Etapy tej reakcji nie są jeszcze dobrze znane, przyjmuje się jednak, że musi się to odbywać przez stadium fruktozy (Lewis — 11). Z innych substancji węglowodanowych rozkładanych w żwaczu należy wzmienić jeszcze pektyny, których stopień strawności jest bardzo duży i sięga 75 do 90% (Michaux — 1951). Wspólnie z celulozą wstępują w roślinach lignina o odmiennej budowie chemicznej. Jej podstawowymi związkami są alkohole posiadające pierścień aromatyczny — alkohol koniferylowy, synapinowy i p-kumarowy. Lignina wzmacnia mechaniczną odporność rośliny i należy do tzw. substancji inkrustujących. Jej ilość zależy od stadium wzrostu roślin. Stosunkowo mało ligniny jest w roślinach młodych, znacznie więcej w roślinach starzych, tak że ostatecznie w drewnie drzew może dochodzić do 22—27% suchej masy, a w słomie od 16% (żyto) do 32% (owies). Występując jako substancja kitowa łącznie z celulozą, lignina utrudnia bakteryjny roz-



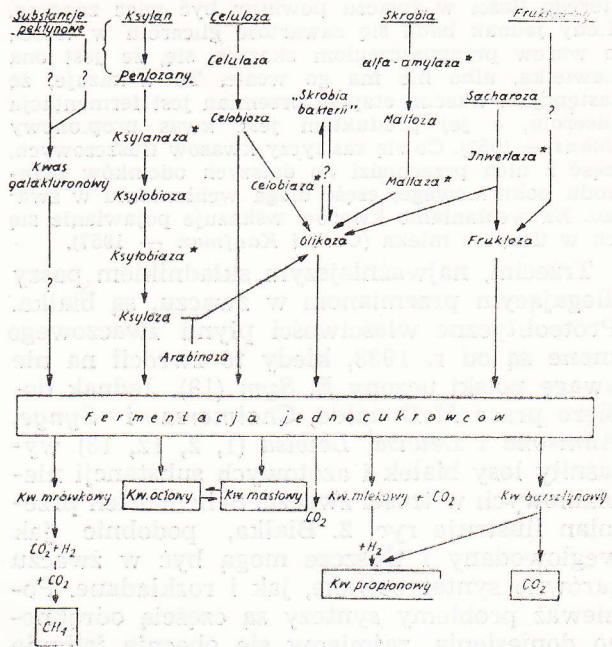
kład celulozy (Laube — 1960). Dlatego uważana jest nie tylko za substancję niestrawną, ale stwarzając barierę między bakteriami żwacza a wielocukrami pogarsza trawienie celulozy, hemicelulozy, pektyn (Denority i wsp. — 5).

Jeanakże i lignina, przynajmniej niektórych roślin, ulega w żwaczu u przeżuwaczy i w jelicie grubym u świń częściowemu rozkładowi. Procent jej strawności, normalnie bardzo niewielki może czasami się zwiększać, jak stwierdził to u owiec Badway i wsp. (1958), a u świń Laurentowska (10).

Obok rozkładu substancji trudno rozpuszczalnych, dzięki czemu przeżuwacze wykorzystują pasze dla innych zwierząt mało albo wcale nie użyteczne, odbywa się w żwaczu także rozkład cukrów łatwo rozpuszczalnych i łatwo strawnych w jelitach. Odnosi się to przede wszystkim do skroci i dwucukrów (sacharozy, laktozy, maltozy). Skrobia rozkładana jest w żwaczu przez bakteryjną  $\alpha$ -amylazę atakującą połączenia glikozydowe w położeniu  $\alpha$ . Powstaje przy tym duża ilość fragmentów 6—9 węglowych,  $\alpha$ -D-ekstrynu, dzięki czemu skrobia jest upłynniama, jej zabarwienie z jodem znika, a pojawiają się własności redukujące. W dalszym ciągu dekstryny rozkładane są do maltozy, ta zaś dzięki maltazie do glikozy, ulegającej normalnie dalszej fermentacji do lotnych kwasów. Część maltozy może być polimeryzowana i odkładana w ciałach bakteryjnych w postaci tzw. „skroci bakteryjnej”, na którą składają się przypuszczalnie amylopektyny. Skrobia bakteryjna jednak nie służy gospodarzowi jako uzupełnienie jego węglowodanowych zapasów, wydaje się być raczej rezerwuarem energii dla samych bakterii. Opisany rozkład cukrów łatwo rozpuszczalnych odbywa się w żwaczu wolniej niż przebiegają odpowiednie procesy enzymatyczne w jelitach. Nie jest on zjawiskiem korzystnym dla organizmu gospodarza, ponieważ powoduje straty energetyczne większe niż przy enzymatycznej hydrolizie węglowodanów.\*) Te procesy nie są jednak całkiem bezużyteczne, gdyż dostarczają, jak wspomniano, energii mikroorganizmom żwacza, koniecznej dla ich rozwoju. Dlatego dodatek pewnej ilości łatwostrawnych węglowodanów w paszy jest nieodzowny. Należy tylko przy tym pamiętać, że ich nadmiar może być równie szkodliwy jak ich brak. Intensywne bowiem karmienie łatwo rozpuszczalnymi węglowodanami prowadzi do namnażania się tylko niektórych rodzajów bakterii, głównie streptokoków, tak że np. *Streptococcus lactis*, czy *Clostridium butyricum* mogą dominować w treści żwacza, powodując bardzo jednostronne procesy fermentacyjne. Powstają duże ilości kwasu mlekowego, obniża się pH treści poniżej fizjologicznej granicy z wszystkimi związanymi z tym konsekwencjami. Natomiast żywienie paszą zawierającą surowe włókno z dodatkiem tylko pewnej ilości łatwo strawnych węglowodanów, poza korzystnym wpływem na motoryczną i sekrecyjną czynność całego przewodu pokarmowego, daje bardzo zróżnicowaną florę bakteryjną, wywiera korzystne działanie na jej skład, rozwój i celulolityczną aktywność. Odpowiednim żywieniem możemy więc wpływać na kierunek rozwoju flory bakteryjnej, intensywność procesów rozkładu poszczególnych węglowodanów i zmianę oddziaływania treści żwacza. Warto przy tym zwrócić uwagę, że optimum działania dla amylazy rozkładającej skrobię jest niższe (pH ok. 6) niż dla celulozy rozkładającej celulozę (pH ok. 7).

Ostatecznym efektem rozkładu wszystkich węglowodanów, celulozy, ksylozy, pektyn, fruktozanów, skrobi i innych łatwo rozpuszczalnych cukrów jest

powstanie w żwaczu lotnych kwasów tłuszczowych i gazów w różnych proporcjach, zależnie od aktualnego żywienia. Cały schemat tych przemian ilustruje rycina 1, podana za Howardem (1959 — za 19).



Ryc. 1. Schemat rozkładu węglowodanów w żwaczu (wg Howarda). Ważniejsze składniki pokarmowe zostały podkreślone, enzymy oznaczone gwiazdką, a produkty rozkładu obramowano.

W pokarmie roślinnym przeżuwacze spożywają także pewną ilość lipidów, których zawartość w paszach waha się w szerokich granicach, od ułamka procenta, jak np. w ziemiakach i okopowych, do kilku (w zielonkach, słomie, plewach), kilkunastu, czy nawet kilkudziesięciu procent (ziarna zbóż, rośliny oleiste, nieodtłuszczone makuchy). Przyjmuje się, że pasąca się krowa spożywa łącznie ok. 500 g lipidów dziennie. Ponieważ składają się one głównie z tłuszczów pochodzenia roślinnego, występują w nich przeważnie nienasycone kwasy tłuszczowe, których ilość, np. w trawie, może dochodzić do 80% wszystkich kwasów tłuszczowych (Garton — 1960 — 11), przy czym najwięcej jest kwasu linolenowego o trzech podwójnych wiązaniach.

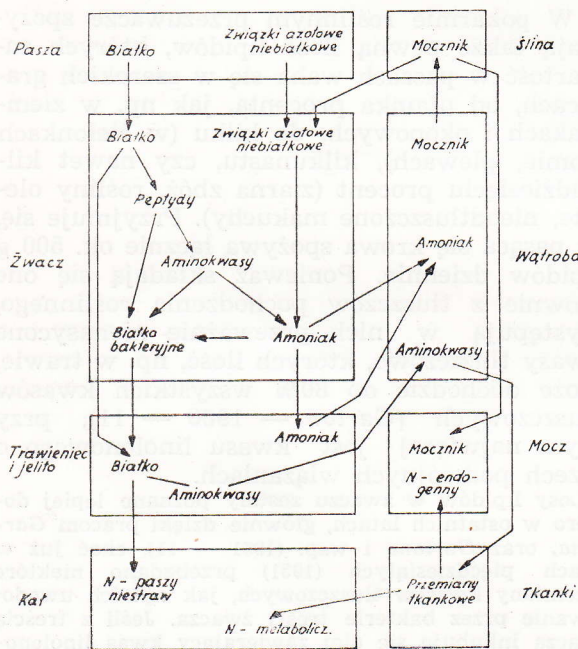
Losy lipidów w żwaczu zostały poznane lepiej dopiero w ostatnich latach, głównie dzięki pracom Gartona, oraz Gartona i wsp. (1961 — 11), choć już w latach pięćdziesiątych (1951) przebadano niektóre przemiany kwasów tłuszczowych, jak np. ich uwodornianie przez bakterie treści żwacza. Jeśli z treścią żwacza inkubuje się olej zawierający kwas linolenowy, to kwas ten bardzo szybko znika, a pojawiają się wzrastające ilości kwasu linolenowego o mniejszej ilości podwójnych wiązań. Jedno z wiązań nienasyconych zostaje wysyczone (Reiser — 1951). W doświadczeniach Schorlanda (1955) uwodorniane było ponad 50% kwasu linolenowego do kwasu stearynowego nie posiadającego w ogóle wiązań podwójnych. Uwodornianie kwasów tłuszczowych jest wg poglądów Gartona pierwszym etapem przemian tłuszczowców w żwaczu i odbywa się dzięki działaniu bakterii, choć niewykluczony jest przy tym udział pierwotniaków (Oxford — 1958). Można przypuszczać, że w tych procesach donatorem wodoru jest wytwarzany w żwaczu kwas mrońkowy. Następnym etapem przemian tłuszczowców

\*) Jeśli jest mowa o enzymatycznej hydrolizie, to pod tym pojęciem rozumiemy hydrolizę odbywającą się pod wpływem enzymów wydzielanych w gruczołach przewodu pokarmowego zwierzęcia. Hydroliza w żwaczu dokonywana przez bakterie ostatecznie jest także hydrolizą enzymatyczną, ale enzymy te nie są produkowane przez organizm gospodarza. Termin „enzymatyczna hydroliza” nie jest więc ścisły i ma znaczenie czysto umowne.



jest ich bakteryjna hydroliza. O tym, że proces ten ma rzeczywiście charakter bakteryjny świadczy fakt, iż przygotowanie treści żwacza niweczy jej lipolityczne właściwości (Garton i wsp. — 1958, Dawson — 1959). Tłuszcz rozpadają się na kwasy tłuszczowe i glicerol, którego ilości w żwaczu powinny być więc znaczne. Kiedy jednak bada się zawartość glicerolu w treści, to wbrew przypuszczeniom okazuje się, że jest ona niewielka, albo nie ma go wcale. To wskazuje, że następnym, trzecim etapem przemian jest fermentacja glicerolu, a jej produktem jest kwas propionowy (Johns — 1953). Co się zaś tyczy kwasów tłuszczowych, część z nich przechodzi do dalszych odcinków przewodu pokarmowego, część ulega wchłanianiu w żwaczu. Na wchłanianie kwasów wskazuje pojawianie się ich w tłuszczu mleka (Orth i Kaufman — 1957).

Trzecim, najważniejszym składnikiem paszy ulegającym przemianom w żwaczu, są białka. Proteolityczne właściwości płynu żwaczowego znane są od r. 1938, kiedy to zwrócił na nie uwagę polski uczoney E. Sym (18). Jednak dopiero prace McDonalda, Chalmersa i Synge, Annisona i Lewisa, Lewisa (1, 2, 12, 13) wyjaśniły losy białek i azotowych substancji niebiałkowych w treści żwacza. Schemat ich przemian ilustruje ryc. 2. Białka, podobnie jak węglowodany i tłuszcze mogą być w żwaczu zarówno syntetyzowane, jak i rozkładane. Ponieważ problemy syntezy są częścią odrębnego doniesienia, zajmiemy się obecnie jedynie procesami rozpadu białek i azotowych substancji niebiałkowych.



Ryc. 2. Schemat przemiany białek i związków azotowych u przeżuwaczy (wg Annisona i Lewisa)

Białko, które dostało się do żwacza częściowo przechodzi do trawienia i jelita cienkiego i tutaj podlega enzymatycznej proteolizie, tak samo jak u zwierząt z żołądkiem jednokomorowym. Część ulega w żwaczu bakteryjnemu rozkładowi, który odbywa się w dwóch etapach. Początkowo białko rozkładane jest na stosunkowo duże cząsteczki — polipeptydy, a dopiero te rozbijane są na aminokwasy. Dowodem na istnienie opisanych etapów jest występowanie w treści żwacza zarówno polipeptydów, jak i wolnych amino-

kwasów (Annison — 1956). Barej (3) wyosobnił w treści żwacza 7—14 wolnych aminokwasów, Gutowski 7, a Richardson i Tsien (1963 — 16) zdołali wyosobnić ich z treści żwacza 19. Interesujące jest, że aktywność proteolityczna w żwaczu jest mniej więcej stała i w dużej mierze niezależna od sposobu żywienia (Werner — 1955). Wydaje się więc, że enzymy proteolityczne nie są specyficznie związane z jakimś szczególnym rodzajem bakterii. Nie obserwuje się także istotnych różnic i wybiórczości co do rodzajów białek trawionych w żwaczu. Większy wpływ niż budowa chemiczna wydają się mieć cechy fizyczne białka (8). Poza tym widoczny wpływ na proteolizę wywierają pozabiałkowe składniki karmy, przede wszystkim dodatek węglowodanów (15, 17). Dodawanie węglowodanów proteolizę hamuje, być może na skutek obniżenia się pH treści (Orth i Kaufman 1961), być może na skutek powstawania produktów ją hamujących. Wpływ zakwaszenia środowiska jest bardzo prawdopodobny, jeśli się zważy, że optimum pH dla działania bakteryjnej proteiny wynosi ok. 7. Dodatek pewnej ilości węglowodanów nie dopuszcza do nadmiernego i zbyt szybkiego rozkładu białka, a tym samym do jego strat i dlatego jest w żywieniu przeżuwaczy pożądany.

Aminokwasy powstałe z rozłożonych białek, a także te, które dostały się do żwacza w pokarmie, mogą być wykorzystywane bezpośrednio dla syntezy białek drobnoustrojów, albo też ulegają dalszym przemianom. Wykazano, że mikroorganizmy żwacza w warunkach beztlennych mogą ilościowo rozkładać kazeinę do amoniaku, dwutlenku węgla i lotnych kwasów tłuszczowych (El-Shalzy — 1952 6). To wskazuje, że dalszy rozkład aminokwasów odbywa się przede wszystkim na drodze ich dezaminacji z tworzeniem lotnych kwasów tłuszczowych. Poszczególne aminokwasy dają różne kwasy tłuszczowe, np. z glicyny powstaje kwas octowy, z alaniny seryna, z 1-treoniny kwas propionowy, z asparaginy kwas bursztynowy. Poza procesami dezaminacji odbywają się procesy dekarboksylacji zależne w efekcie aminy, z których część jest dla zwierząt trująca. O tym czy bardziej intensywnie są dezaminacje z wytwarzaniem lotnych kwasów tłuszczowych, czy też dekarboksylacja z wytwarzaniem amin, decyduje pH treści żwacza. Dezaminacje odbywają się bowiem przy pH obojętnym lub lekko alkalicznym, podczas gdy optymalne pH dla działania dekarboksylaz leży między pH 3,0 i 5,5. Podawanie pokarmów zakwaszających treść żwacza, np. nadmiernej ilości łatwo strawnych węglowodanów, wpływa szkodliwie nie tylko na rozwój flory bakteryjnej, prowadzi do wzrostu tylko niektórych szczepów, hamuje proteolizę, ale powoduje też powstawanie znacznych ilości trujących amin.

Poza białkami rozkładane są w żwaczu także azotowe substancje niebiałkowe. Z nich na pierwszym miejscu wymienić należy mocznik. Dzięki działaniu bakteryjnej ureazy powstaje z mocznika amoniak i dwutlenek węgla. Optymalne pH dla działania ureazy leży między 8 a 9, a więc wyraźnie po stronie alkalicznej. O tym warto pamiętać przy żywieniu zwierząt paszami z dodatkiem mocznika. Tak jak szkodliwe jest zbyt niskie pH treści żwacza, hamuje bowiem rozwój flory i prowadzi do zatrucia aminami, tak samo nie należy dopuszczać do znaczniejszego wzrostu pH, gdyż odbywa się wtedy zbyt szybki rozkład mocznika, co prowadzi do zatrucia amoniakiem.

Jeśli chodzi o losy amoniaku, to jego część jest wykorzystywana dla syntezy białek bakteryjnych, część wydalana jest na zewnątrz w akcie odbijania, zaś część wchłania się w żwaczu do krwi, wędruje do wątroby, a tam amoniak znów jest przekształcany w mocznik, który w głównej swej masie wydalany jest do moczu



z tym sposobem jest bezpowrotnie dla organizmu stracony. Jednak pewna ilość mocznika dostaje się z krwią również do gruczołów ślinowych, wydzielana jest do śliny i z nią wraca do żwacza.

Przy okazji omawiania przemian białkowych w żwaczu warto pamiętać, że zapotrzebowanie białkowe i wymagania co do rodzajów białek czy egzogennych aminokwasów są u przeżuwaczy podobne, jak u innych ssaków (Kronfeld — 1964—9). Różnica polega jedynie na tym, że przeżuwacze mogą pośrednio, dzięki swej florze bakteryjnej, wytwarzać te egzogene aminokwasy i ostatecznie biologicznie pełnowartościowe białko.

Na zakończenie rozważań o procesach rozpadu białek jest chyba celowe zastanowienie się nad oceną wartości biologicznej białek podawanych w paszy, porównanie kryteriów tej oceny przy żywieniu przeżuwaczy i innych gatunków zwierząt domowych. Na problem ten zwraca uwagę Jasiorowski (7). Wartość biologiczna pokarmu zależna jest nie tylko od jego składu, ale w dużej mierze związana jest z współczynnikami strawności i przyswajalnością. Im współczynnik strawności jest wyższy, przyswajalność lepsza, tym pasza pod względem żywieniowym jest cenniejsza. Tego rodzaju sposób oceny na ogół słuszny, nie zawsze słuszny jest u przeżuwaczy. Może się bowiem zdarzyć, że bardzo cenne białko, o dużym współczynniku strawności jest przez przeżuwacze wykorzystywane gorzej, niż białko mniej cenne i niższym współczynniku strawności. Powodem gorszego wykorzystania jest zbyt szybki rozkład białek w żwaczu i związane z tym straty azotu w postaci amoniaku lub mocznika. Wspomina o tym Piotrowski (15), wykazał też na przykładzie kazeiny Chalmers i Annison (1), a na przykładzie lucerny i siana łąkowego Jasiorowski (7). Ten ostatni autor stwierdził, że białko lucerny, mimo większej zawartości azotu w tej roślinie i wyższego współczynnika strawności w porównaniu z białkiem traw, jest gorzej wykorzystywane. Zdecydowała tutaj szybkość rozkładu białek w żwaczu, której wraz z większą ilością amoniaku w treści żwacza po karmieniu lucerną w porównaniu z sianem łąkowym. Pewną rolę mogły także odgrywać własne enzymy proteolityczne zawarte w lucernie. W celu obniżenia ilości amoniaku i zahamowania procesu proteolizy stosuje się dodatek do paszy pewnej ilości węglowodanów (17). Ich działanie zależy jednak od rodzaju dodanego cukru. Przy stosowaniu skrobi i sacharozy tylko ta ostatnia wpływała obniżająco na ilość amoniaku w żwaczu, Jasiorowski przypuszcza, że powodem zmniejszenia się ilości amoniaku było nie tyle zahamowanie proteolizy, jak to sugerują inni badacze, ile lepsze wykorzystywanie azotu przez bakterie żwacza, intensywniej na skutek dodatku sacharozy się namnażające i szybciej budujące własne ciała. Twierdzenie to mogłoby jednak być potwierdzone w sposób nie budzący wątpliwości dopiero wtedy, gdyby autor jednocześnie oznaczył przyrost masy bakteryjnej. Jest całkiem możliwe, że amoniak zmniejszał się dzięki obu mechanizmom łącznie, tzn. zwalniała się proteoliza, a równocześnie szybciej namnażała się flora bakteryjna.

Przy układaniu mieszanek paszowych należy więc zwracać uwagę nie tylko na skład chemiczny paszy, ilość zawartego w niej białka, ale także na jej właściwości fizyko-chemiczne, od których w dużej mierze zależy wykorzystanie składników pokarmowych. Warto poza tym pamiętać o dodatku innych substancji wpływających na rozwój flory bakteryjnej żwacza. Ocena wartości biologicznej paszy stosowanej w żywieniu przeżuwaczy jest, jak widać, o wiele trudniejsza, niż w odniesieniu do innych gatunków zwierząt domowych. Istotny z punktu widzenia hodowlanego jest fakt, że wiele z tych procesów możemy

zmienić i regulować. To też jest celem licznych doświadczeń fizjologicznych i żywieniowych, prowadzonych szczególnie intensywnie w ostatnim dwudziestoleciu. Chodzi przede wszystkim o takie dobranie zestawów paszowych, aby przez dodatek do nich różnych składników osiągnąć najlepsze wyzyskanie pokarmu, zwłaszcza białkowego albo azotowych substancji niebiałkowych. Orth i Kaufman (1961) wykonali szereg doświadczeń, w których do paszy dodawali w różnych proporcjach węglowodany, zmieniając przez to stopień wykorzystania tego samego białka. Otrzymywali np. zestawy pokarmowe, przy których proteoliza w żwaczu była wyraźnie mniejsza od syntezy białek, przy innych zestawach, przy których zwiększało się pH treści żwacza, przeważały procesy rozpadu. Kiedy zaś obniżano pH nadmiernie (przez podaż zbyt dużej ilości węglowodanów) następowało obniżenie proteolizy, ale także niestety i syntezy białek. Opracowania różnego rodzaju zestawów paszowych wymagają wszechstronnego przebadania ich wartości pokarmowych, wpływu na czynność przewodu pokarmowego zwierzęcia, florę bakteryjną żwacza, wymagają więc dokładnego i solidnego opracowania ze strony żywieniowca, dietetyka i fizjologa, zanim zostaną przekazane hodowlanej praktyce. Zbyt pochopne zastosowanie, co się jeszcze u nas czasami niestety zdarza, przynosi więcej szkody niż korzyści.

#### Piśmiennictwo

1. Annison E. F.: Nitrogen metabolism in the sheep. — Protein digestion in the rumen. *Bioch. J.* 64, 1956, 705.
2. Annison E. F., D. Lewis.: Metabolism in the rumen. London 1959.
3. Barej W.: Aminokwasy płynnej treści żwacza owiec żywionych zieloną lucerną. *Acta Physiol. Pol.*, XI, 1960, 647.
4. Brune H.: Physiologie des Pansens. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk.*, 19, 1—2, 1964, 50.
5. Dehority B. A., Johnson R. R., Conrad H. R.: Digestibility of forage hemicellulose and pectin by rumen-bacteria in vitro and the effect of lignification thereon. *J. Dairy Sci.* 45, 4, 1962, 508.
6. El-Shazly: Degradation of protein in the rumen of the sheep. I. Some volatile fatty acids including branched-chain isomers found in vitro. *Bioch. J.* 51, 1952, 640.
7. Jasiorowski K.: Wyniki badań nad wartością białka lucerny i traw w żywieniu przeżuwaczy. *Biul. Zakł. Hod. Dośw. PAN*, 2, 1963, 139.
8. Kaufmann W.: Mikrobielle Futterabbau im Abhängigkeit von Fütterungszeit und Struktur des Futters. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk.*, 19, 1—2, 1964, 66.
9. Kronfeld A. S.: The pattern of ruminant metabolism. *Nordisk veterinær Med.* 16, 3, 1964, 279.
10. Laurentowska C.: Zdolność trawienia składników chemicznych włókna surowego (ligniny, celulozy, pentozanów) przez trzodę chlewną. *Roczn. Nauk Roln.*, 74—B-4, 1959, 567.
11. Lewis D.: Digestive physiology and nutrition of the ruminant. London 1961.
12. Lewis T. R., Emery R. S.: Relative deamination rates of amino acids by rumen microorganisms. *J. Dairy Sci.*, 45, 6, 1962, 765.
13. McDonald I. W.: The extent of conversion of food protein to microbial protein in the rumen of the sheep. *Bioch. J.*, 56, 1954, 120.
14. Müller R.: Zur Frage der zellulolytischen Aktivität der Pansenmikroorganismen in vitro. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk.* 19, 1—2, 1964, 67.
15. Piotrowski J.: Obserwacje nad wykorzystaniem związków azotowych niektórych pasz treściwych przez przeżuwacze. *Biul. Zakł. Hod. Dośw. PAN*, 4, 1963, 65.
16. Richardson D., Tsien W. S.: Quantitative determination of aminoacids content of rumen fluid from twin steers fed soybean oil meal or urea. *J. Anim. Sci.*, 22, 1, 1963, 230.
17. Sobczak K.: Wpływ sacharozy oraz formy jej podawania na dezaminację białka siana łąkowego i siana lucerny w żwaczu owiec. *Biul. Zakł. Hod. Dośw. PAN*, 3, 1963, 143.
18. Sym A. E.: Hydrolasenwirkung des Blindsackinhaltes des Pferdes, und des Panseninhaltes des Rindes. *Acta Biol. Exp.*, 1938, 12.
19. Thorbek G.: Der Abbau der Nahrung im Pansen. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk.*, 19, 1—2, 1964, 50.

Adres autora: doc. dr Marian Pytasz, Lublin, ul. Akademicka 11.