

PROCESY FERMENTACYJNE W ŻWACZU I ICH WPŁYW NA PRODUKCJĘ ZWIERZĄT

Zofia Fritz

Katedra Żywienia Zwierząt WSR we Wrocławiu

Procesy rozkładu i fermentacji składników pokarmowych w żwaczu są już dość dobrze poznane, natomiast w zagadnieniach ich wykorzystania i wpływu na produkcję zwierząt istnieją jeszcze pewne niejasności dotyczące szczególnie aspektu ilościowego.

Większość prac, których autorzy zajmują się przemianą składników pokarmowych w żwaczu, nastawiona jest na określenie wpływu poszczególnych pasz lub ich zestawów na sam przebieg fermentacji. Zakłada się przy tym, że stężenie produktów fermentacji paszy jest odbiciem stanu dynamicznej równowagi istniejącej między tworzeniem się tych substancji a ich wchłanianiem. Czasem znajduje zastosowanie technika badań izotopowych, stwarzająca możliwość oceny ilościowej i dokładniejszego prześledzenia metabolizmu związków znaczących.

Jeżeli chodzi o ocenę oddziaływania różnych pasz czy dawek pokarmowych na produkcję zwierząt, w pracach z ostatnich lat można zaobserwować znaczne zainteresowanie zagadnieniem wpływu dawek złożonych w różnym procencie z pasz objętościowych i treściwych. Przeprowadzone doświadczenia dotyczą zarówno bydła mlecznego jak i opasowego.

Dla bydła mlecznego konieczność podawania pewnej ilości paszy objętościowej w dawce pokarmowej wydaje się faktem niezaprzeczalnym. Zapewne odgrywa tutaj rolę i forma fizyczna tej paszy — stwierdzono np., że siano granulowane nie wykazuje pełnych własności paszy objętościowej i jego fermentacja w żwaczu przyczynia się do zwiększenia ilości kwasu propionowego. Według badań Stallcupa, ok. 16% włókna surowego w paszy jest ilością zapobiegającą spadkowi procentu tłuszczu w mleku krów, o ile pasza objętościowa nie jest drobno zmielona. Inni autorzy, np. Dyer, uważają 13-14% włókna w dawce za niezbędne minimum.

Rodzaj węglowodanów paszy zmienia wyraźnie ilości i proporcje lotnych kwasów tłuszczowych (LKT) w żwaczu. Bath i Rook (1965) po przebadaniu różnych pasz stwierdzili, że istnieje prostoliniowa zależność między zawartością strukturalnych węglowodanów w dawce, a udziałem kwasu octowego w sumie LKT. Autorzy ci podali równanie regresji

$$y = 57 + 0,39x,$$

gdzie: y = % molarny kwasu octowego, a x = zawartość włókna surowego w dawce.

Zdaniem wymienionych autorów, równanie to sprawdza się zarówno dla pasz objętościowych suchych jak i pasz treściwych. Natomiast wg danych Suttana i Johnsona zależność ta jest prawdziwa, jeżeli udział włókna surowego w dawce przekracza 15⁰/. Poniżej 15⁰/o otrzymane wyniki nie były zgodne z przytoczonym równaniem. Podobnie Eadie, Hobbson i Mann wykazali, że przy skarmianiu pasz zawierających dużo skrobi i przy dawkach z małą ilością siana — zmienność dla tej regresji jest zbyt duża.

Przyjmuje się, że procent tłuszczu w mleku przeżuwaczy pozostaje w związku z zawartością kwasu octowego w żwaczu oraz z ilościową proporcją między kwasem octowym i propionowym. Zmniejszenie stosunku kwasu octowego do propionowego jest możliwe przy wzroście udziału paszy treściwej w dawce i ograniczeniu ilości paszy objętościowej. W tym samym kierunku działa szereg zabiegów, które zmieniają strukturę fizyczną paszy, jak: mielenie, granulowanie siana i pasz treściwych, parowanie ziarna i inne. Wielu autorów podkreśla, że dla osiągnięcia wyraźnego efektu tych zmian, różnice w strukturze paszy muszą być znaczne.

Przy żywieniu krów mlecznych paszą drobno zmieloną lub granulowaną, obserwuje się przeważnie spadek zawartości tłuszczu w mleku, natomiast u zwierząt opasowych można w tych warunkach liczyć na zwiększone przyrosty ciężaru ciała. Zmiany w żwaczu odbywają się wówczas w kierunku zmniejszenia ilości kwasu octowego i wzrostu kwasu propionowego oraz obniżenia pH treści żwacza. Spadek stężenia kwasu octowego w żwaczu przy skarmianiu pasz zbożowych może być kompensowany zależnie od rodzaju tych pasz — albo przez wzrost kwasu propionowego (np. przy skarmianiu ziarna kukurydzy) lub kwasu masłowego (np. przy skarmianiu ziarna jęczmienia), względnie obydwu wymienionych kwasów (Armstrong 1968).

Powstaje pytanie, czy zawsze taki obraz metabolizmu żwaczowego wpływa wyraźnie i jednoznacznie na wskaźniki produkcji zwierzęcej takie jak procent tłuszczu w mleku lub wysokość przyrostu zwierząt opasowych.

Zmiany w stężeniu poszczególnych LKT w treści żwacza pod wpływem skarmianych pasz mogą być znaczne. Brak szkodliwych objawów przy krótkotrwałych wyraźnych przesunięciach ilościowych w obrębie LKT świadczy o dużej elastyczności procesów fermentacyjnych i zdolności adaptacyjnej mikroorganizmów żwacza. Przykładem szczególnie silnych przesunięć mogą być wyniki otrzymane w doświadczeniu Vidala i wsp. na owcach. W doświadczeniu tym skarmiano dawki pokarmowe różniące się udziałem paszy treściwej (śruta kukurydziana ze śrutą sojową poekstrakcyjną) i objętościowej, którą stanowiło siano.

Zmiany pod wpływem zastąpienia 75⁰/o siana paszą treściwą były w przytoczonym doświadczeniu wyjątkowo duże, rzadko bowiem stwierdza się, że stężenie molarne kwasu propionowego przewyższa stężenie

Zestawienie 1. H.M. Vidal i wsp., J. Anim. Sci. 29, 1969, s. 62-68

LKT w % molarnym	Dawka			
	A 100% siana	B 75% siana 25% paszy treściwej	C 50% siana 50% paszy treściwej	D 25% siana 75% paszy treściwej
Kwas octowy	67,3	63,0	51,2	42,0
Kwas propiono- wy	19,2	31,5	44,3	56,0
Kwas masłowy	13,4	5,5	4,5	2,1

kwasy octowe w tak silnym stopniu. Być może jest to jeden z przykładów specyficznego działania śruty kukurydzianej, o czym wspominają niektórzy autorzy. Drogą interpolacji obliczono, że kwasy octowy i propionowy występowałyby w jednakowym stężeniu molarnym, gdyby ilość siana i paszy treściwej w cytowanym doświadczeniu wynosiła 40 : 60.

Bringe i Schultz (1969) doszli do wniosku, że wyraźny spadek tłuszczu w mleku następuje przy skarmianiu dawek o dużej zawartości pasz treściwych wtedy, gdy proporcja między paszą treściwą i objętościową wynosi więcej niż 3 : 1. Zależy to również od rodzaju paszy objętościowej. W jednym z doświadczeń wymienionych autorów — tłuszcz w mleku krów obniżał się z 3,3 do 1,4% jeżeli paszę objętościową stanowiło siano, a z 3,3 do 2,4% jeżeli paszą objętościową była kiszonka z kukurydzy, która przy fermentacji w żwaczu dawała w porównaniu z sianem wyższy procent molarny kwasu octowego i masłowego, a niższy propionowego.

Inni autorzy, jak np. Kellog (1970) podają, że już przy skarmianiu dawek o zawartości 30% ziarna zbóż notuje się spadek ilości tłuszczu w mleku. Wpływ niewielkich zmian w składzie dawki pokarmowej na końcowe produkty fermentacji w żwaczu i na produkcję zwierząt jest nie zawsze łatwy do uchwycenia. Przyczyną tego jest złożoność i kompleksowość czynników, które oddziałują na aktywność mikroorganizmów żwacza.

W celu wyjaśnienia wpływu ilości kwasu octowego w żwaczu na procentową zawartość tłuszczu w mleku, wykonano dotychczas cały szereg badań. Ustalono, że procent tłuszczu jest wyraźniej skorelowany z proporcją między kwasem octowym i propionowym, aniżeli z ogólną zawartością kwasu octowego.

Wydaje się, że określenie proporcji istniejących między poszczególnymi LKT w żwaczu lepiej charakteryzuje rodzaj odbywających się przemian niż oznaczenie LKT w jednostce objętości. Bez zmierzenia bowiem objętości treści żwacza nie można stwierdzić, w jakim stopniu zmiany tej objętości są odpowiedzialne za zmiany w ogólnym stężeniu lotnych kwasów tłuszczowych.

W doświadczeniach przeprowadzonych metodą rozcieńczeń izotopowych, Davis (1967) starał się wykazać, że przy skarmianiu dawek o wysokiej zawartości pasz treściwych, przy jednocześnie zmniejszonym udziale paszy objętościowej — bezwzględna dobowa ilość kwasu octowego tworzącego się w żwaczu, nie jest odpowiedzialna za depresję tłuszczu w mleku krów.

Zestawienie 2. C.L. Davis, J. Dairy Sci. 10, 1967, s. 1621-1625

Dawka paszy	Siano kg	Pasza treściwa kg	Średnia wydajność mleka kg	Procent tłuszczu w mleku	Ilość kwasu octowego w molach na 24 godz.	Proporcja molarna C ₂ /C ₃ w treści żwacza
I	8,20	10,9	20,3	3,20	29,3	3,32
II	2,27	15,0	20,3	1,56 ^{xx}	28,1	1,27 ^{xx}

xx — różnica statystycznie wysoko istotna $P < 0,01$.

Przy obniżeniu ilości siana z lucerny w dawce pokarmowej z ok. 8 do ok. 2 kg, stwierdzono nieistotną różnicę w ilości kwasu octowego tworzącego się w żwaczu w przeciągu 24 godz. Również wydajność mleczna krów pozostała bez zmian. Można sądzić, że w warunkach tego doświadczenia zmniejszała się ilość kwasu octowego dochodzącego do gruczołu mlecznego; zapewne kwas ten był przez organizm wykorzystywany również w inny sposób. Wyniki zaprzeczają wcześniejszym teoriom, że bezwzględna ilość kwasu octowego, powstająca w czasie fermentacji w żwaczu, decyduje o procencie tłuszczu w mleku.

Liczni autorzy (np. Rock i Storry 1966, Sutton 1969) stwierdzili jednak, że w warunkach skarmiania małej ilości pasz objętościowych w dawce, zastosowanie dozwaczowej infuzji kwasu octowego może po kilku dniach podwyższyć procent tłuszczu w mleku. Po ok. 4 dniach, licząc od zmiany dawki zawierającej mało paszy objętościowej na dawkę z dużą jej ilością — następuje w żwaczu zmiana w proporcji kwasu octowego i propionowego i proporcja ta osiąga wartość ok. 3 : 1. Natomiast ilość tłuszczu w mleku wraca do normy po zmianie paszy dopiero po ok. 2-3 tygodniach. Infuzja dozwaczowa kwasu octowego lub octanu sodu wywołuje wzrost tłuszczu w mleku w ilości wyrównującej zaledwie ok. 1/4 depresji spowodowanej wycofaniem większej ilości paszy objętościowej z dawki i wprowadzeniem w to miejsce paszy treściwej (Rook, Storry 1966). Wydaje się, że wyjaśnienie dla tych zjawisk można znaleźć raczej w energetycznym wykorzystaniu LKT wchłoniętych ze żwacza, a nie tylko w zmianach proporcji kwasów.

Przyczyny wspomnianego opóźnienia w powrocie do normy obniżonego procentu tłuszczu w mleku niektórzy autorzy doszukują się w zmia-

nach, jakie następują w lipidach krwi, a także w aktywności enzymów znajdujących się w tkance tłuszczowej i w gruczole mlecznym zwierząt.

Zmiany adaptacyjne w treści żwacza, polegające na wzmożonej działalności celulolitycznej mikroorganizmów i ustalaniu się określonych proporcji LKT typowych dla nowej dawki paszy o większej ilości pasz objętościowych, trwają około tygodnia. Zmiany odbywające się we krwi są wolniejsze i osiągnięcie stanu stałego wymaga ok. 10 dni. Przy zmianie dawki zawierającej małą ilość paszy objętościowej na dawkę o wysokiej zawartości tej paszy, Storry i Sutton (1969) stwierdzili wzrost trójglicerydów nasyconych kwasów tłuszczowych we krwi zwierząt. Dotyczyło to kwasów o długości łańcucha węglowego C_{12} — C_{18} przy równocześnie notowanym spadku kwasów nienasyconych o 18 atomach węgla. We krwi wzrastała ilość kwasu octowego i β -hydroksoctowego.

Chalupa i wsp. (1967), badając skład treści żwacza i populację pierwotniaków u krów mlecznych wykazujących obniżony procent tłuszczu w mleku, stwierdzili nie tylko niższy procent molarny kwasu octowego i masłowego oraz wzrost procentu molarnego kwasu propionowego i walerianowego w żwaczu, lecz również prawie całkowity brak pierwotniaków. Autorzy ci sądzą, że z uwagi na procesy biologicznego uwodorniania, przeprowadzane przez pierwotniaki, ich mała ilość w treści żwacza może wyjaśnić fakt, że przy niskiej zawartości tłuszczu w mleku wzrasta w nim ilość kwasów nienasyconych (olejowego i linolowego), a spada zawartość kwasu palmitynowego i mirystynowego.

Zdaniem Opstvedta i wsp. (1967) oraz Baldwina i Chenga (1968), do zespołu objawów towarzyszących zmianom w zawartości tłuszczu w mleku, a spowodowanych różnicowaniem ilości pasz objętościowych i treściwych w dawce, należałoby zaliczyć: przesunięcie w proporcjach LKT w żwaczu, zmiany w lipidach krwi oraz zmiany w aktywności enzymów uczestniczących w tworzeniu się tłuszczu mleka i odkładaniu tłuszczu ciała u zwierząt przeżuujących.

Istnieją dane wskazujące, że przy obniżonym udziale paszy objętościowej w dawce, wyraźniejszemu spadkowi procentu tłuszczu w mleku krów można zapobiec poprzez stosowanie dodatku MgO lub Na_2CO_3 , a także innych węglanów. Świadczą o tym między innymi wyniki podane przez Meyersa i Loosli, uzyskane przy skarmianiu krowami mlecznymi dawek złożonych z paszy treściwej i różnych ilości siana.

W zestawieniu tym podobnie jak i w pozostałych, podana jest jedynie część wyników opublikowanych przez cytowanych autorów.

Pasze skarmiano w ilościach zalecanych przez normy NRC. Dodatek węglanu zapobiegał silniejszemu spadkowi tłuszczu w mleku przy skarmianiu dawki B z obniżoną ilością paszy objętościowej. Dodatek węglanu wyrównywał prawdopodobnie zmniejszoną ilość związków alkalicznych w ślinie. Jak wiadomo, wzrost zawartości paszy treściwej w dawce pokarmowej obniża ogólną ilość śliny wydzielanej przez zwierzę. We-

Zestawienie 3. G.S. Meyers, J.K. Loosli, J.M. Elliot, Feedstuffs 11, 40, 1968 s. 48

	Dawka pokarmowa			
	A	B	C	D
	jęczmień + 0,5 funta siana na 100 funtów wagi żywej	dawka A + 1 funt Na ₂ CO ₃ dziennie	jęczmień + 2 funty siana na 100 funtów wagi żywej	mieszanka treściwa + 2 funty siana na 100 funtów wagi żywej
Ilość mleka w funtach	35,3	34,3	35,5	36,1
Sucha masa mleka w %	11,86 ^x	12,36	12,5	12,70
Tłuszcz mleka w %	2,58 ^x	3,22	3,35	3,50
Białko mleka w %	3,59 ^x	3,44	3,43	3,44
Energia w Kcal/funt mleka	283 ^x	318	317	320

x — P < 0,05 od innych średnich w tym samym rzędzie.

dług Emery i Browna (1965), węglany oraz tlenki metali alkalicznych zapobiegają depresji tłuszczu w mleku przez obniżanie procentu molarnego kwasu propionowego w żwaczu. Równocześnie dodatki te zmniejszają smakowitość paszy, co obniża chęć zwierzęcia do pobierania paszy treściwej — i w ten sposób oddziałują również pośrednio w kierunku zmniejszenia ilości kwasu propionowego w żwaczu.

Działanie węglanów na podtrzymanie procentu tłuszczu w mleku przy większej ilości pasz treściwych w dawce jest zależne także od rodzaju paszy objętościowej. Na przykład dodatek węglanu wapnia do kiszonki z kukurydzy wg badań Byersa i wsp. (1964), Simkinsa i wsp. (1965) i in. nie wywierał korzystnego wpływu na procent tłuszczu w mleku.

Opierając się na wynikach van Soesta (1963) oraz danych Ørskova, Flatta i wsp. (1968), należałoby łączyć zagadnienie ilości tłuszczu w mleku nie tylko ze stopniem fermentacji w żwaczu ale i z szybkością przejścia paszy przez przewód pokarmowy oraz tzw. wydajnością energetyczną glikoneogenezy, tj. zależnością między energią absorbowaną jako kwas octowy i masłowy, a energią absorbowaną jako kwas propionowy i glikoza.

Stwierdzono, że wzrost poziomu żywienia, wzrost ilości paszy treściwej w dawce i połączone z tym zmniejszenie się wielkości cząstek paszy powoduje obniżenie stopnia fermentacji w żwaczu i przyspieszenie szybkości przejścia treści pokarmowej ze żwacza do dalszych odcinków przewodu pokarmowego. W tych warunkach pewna część skrobi nie podlega fermentacji w żwaczu i jest absorbowana jako glikoza w jelicie cienkim.

Zaobserwowane przez wielu autorów działanie węglanów na podtrzy-

manie procentu tłuszczu w mleku krów jest zapewne związane również z wpływem tych związków na szybkość fermentacji zwaczowej.

Wyniki szeregu doświadczeń wskazują na zależność między proporcjami LKT w zwaczu, a efektami produkcyjnymi uzyskanymi u bydła opasowego. Między innymi Weiss i wsp. (1967) wykonali badania na trzech grupach młodego bydła opasowego, otrzymującego paszę treściwą i objętościową w różnych proporcjach. Paszę treściwą stanowiła mieszanka złożona głównie ze śruty kukurydzianej i śruty sojowej poekstrakcyjnej. Jako paszę objętościową stosowano susz z lucerny.

Zestawienie 4. R.L. Weiss, B.R. Baumgardt, B.R. Barr, V.H. Brungardt, J. Anim. Sci. 26, 1967, s. 389-393

	Procentowy udział paszy treściwej w dawce		
	0	40	80
Przyrost dzienny w kg	0,892	0,853	1,088 ^x
Zużycie pasz w kg/kg przyrostu	10,7	9,2	7,0 ^{xx}
Ciężar tuszy w kg	246	254	280
Zawartość tłuszczu w tuszy w %	23,8	25,9	27,9
Wydajność rzeźna w %	54,1	56,5	57,8 ^{xx}
% molarny LKT w zwaczu:			
kwas octowy	65,0	54,8	40,6 ^{xx}
kwas propionowy	19,3	21,7	37,0 ^{xx}
kwas masłowy	13,2	18,0	15,1
kwas walerianowy	1,1	2,3	4,6 ^{xx}

x — różnica statystycznie istotna przy $P < 0,05$.

xx — różnica statystycznie wysoko istotna przy $P < 0,01$.

Wyniki wskazują na wyraźną zależność między proporcjami LKT w zwaczu a przyrostami ciężaru, zużyciem paszy, wydajnością rzeźną i zawartością tłuszczu w tuszy zwierząt. Wobec wzrastającej ilości pasz treściwych, w dawce kolejnych grup doświadczalnych zwiększyła się również ilość energii strawnej przypadająca na 1 kg paszy: od 2381 Kcal w grupie I do 3318 Kcal w grupie III. Zwierzęta były żywione *ad libitum*, opas trwał przez 5 miesięcy i obejmował zakres ciężaru od ok. 320 do 450 kg wagi żywej. Wydajność rzeźna i ciężar tuszy były odwrotnie proporcjonalne do stosunku kwasu octowego i propionowego. Istotna negatywna korelacja istniała również między proporcją wymienionych kwasów a przyrostami dziennymi, ale tylko przy wysokim udziale 80% pasz treściwych w dawce pokarmowej. Wydaje się, że istniejące różnice w przyrostach, ciężarze tuszy i procencie tłuszczu w tuszy można tłumaczyć rosnącą wartością energetyczną dawek od I do III. Wyniki innych badań wskazują też na lepsze wykorzystanie energii paszy przy podwyższonej ilości kwasu propionowego w zwaczu zwierząt (Armstrong, Blaxter 1957).

Baldwin i wsp. (1969) oraz Opstvedt i wsp. (1967) wykazali, że przy skarmianiu dawek bogatych w paszę treściwą, a więc stymulujących tworzenie się kwasu propionowego w żwaczu, aktywność enzymów związanych z syntezą kwasów tłuszczowych i ekstryfikacją przeprowadzaną w tkance tłuszczowej — wzrasta kilkakrotnie. Rośnie też w tych tkankach zawartość α -glicerofosforanu, którego prekursorem jest kwas propionowy. Tą drogą kwas propionowy tworzący się w żwaczu może przyczyniać się do lepszego wykorzystania energetycznego paszy treściwej i stymulacji przyrostów u przeżuwaczy. Zdaniem autorów, stwierdzenie, że tak jest na pewno, wymaga jeszcze dalszych badań.

Wpływ proporcji kwasu octowego i propionowego lub ilości tych kwasów w żwaczu, na wielkość przyrostów u zwierząt, nie zawsze jest tak wyraźny. Znane są doświadczenia, w których dodatek paszy treściwej do objętościowej, nawet w znacznej ilości, dawał wprawdzie zwyżkę przyrostów, ale nie we wszystkich przypadkach zwięźnienie stosunku kwasów C_2/C_3 i największa ilość kwasu propionowego w żwaczu powodowała istotnie lepszy przyrost dzienny. Poutiainen i wsp. (1969) wykonali badania na byczkach opasowych, które żywiono przez ok. 2 miesiące paszą objętościową brykietowaną (uprzednio pociętą lub zmieloną) z dodatkiem 50% płatkowanego ziarna jęczmienia lub bez tego dodatku. W kolejnym zestawieniu podane są wyniki doświadczenia.

Jak wynika z przytoczonych danych, obniżenie proporcji kwasu octowego do propionowego do wartości 3,3 nie zapewniło najwyższych przyrostów w tym doświadczeniu. Efekt produkcyjny przy skarmianiu dawki

Zestawienie 5. E.K. Poutiainen, C.R. Lonsdale, J.C. Tayler, Proc. Nutr. Soc. 2, 28, 1969, s. 61A

	Dawka pokarmowa			
	A	B	C	D
	susz	susz	susz	susz
	z rajgrasu	z rajgrasu	z rajgrasu	z rajgrasu
	pociętego	pociętego	mielonego	mielonego
	bez dodatku	+ jęczmień	bez dodatku	+ jęczmień
Pobrana sucha masa paszy				
w kg/dzień	4,76	4,80	4,95	5,02
Strawność suchej masy w %	74,6	75,0	73,4	72,7
Przyrost dzienny w kg	1,01	1,08	1,06	1,16
LKT w żwaczu w % mo-				
larnych:				
kwas octowy	70,9	65,8	67,3	65,5
kwas propionowy	17,7	18,2	20,2	18,2
kwas n-masłowy				
i izomasłowy	9,9	13,8	10,5	14,1
kwas n-walerianowy				
i izowalerianowy	1,5	2,2	2,0	2,2
Proporcja C_2/C_3	4,0	3,6	3,3	3,6

oznaczonej jako A był najniższy, jednak różnice w przyrostach między grupami doświadczalnymi okazały się statystycznie nieistotne.

Brak większych zmian w procencie molowym kwasu propionowego w żwaczu przy dodatku 50% parowanego i płatkowanego jęczmienia oraz niezbyt silne zwięzienie proporcji kwasu octowego i propionowego mogło być w tym przypadku związane z ilością i rodzajem skarmianej paszy, zarówno treściwej jak i objętościowej. Na przykład w doświadczeniach Ponikiewskiej (1968) dodatek 2,5 kg śruty jęczmiennej do skarmianej *ad libitum* zielonki z rajgrasu angielskiego nie powodował u krów wyraźniejszych zmian w stężeniu molarnym kwasu propionowego w żwaczu, następował natomiast niewielki spadek stężenia kwasu octowego.

W badaniach Tivenda i Journeta (1968) skarmiana dawka pokarmowa z dużym udziałem śruty jęczmiennej powodowała niewielkie zmiany w fermentacji żwaczowej, dopóki udział paszy treściwej w dawce nie przekraczał 60%. Od tego momentu notowano gwałtowny wzrost aktywności amylolitycznej treści żwacza i wzrost ilości LKT. W tych warunkach ilość skrobi dochodzącej do jelita cienkiego zwierząt była niewielka i wynosiła 3-8% ilości pobranej. Wzrost udziału jęczmienia w dawce pokarmowej zmniejszał ilość skrobi nie podlegającej fermentacji w żwaczu.

Istnieje szereg danych wskazujących, że wzrost zawartości pasz treściwych w dawce pokarmowej prowadzi do zwiększenia ilości węglowodanów, które unikają fermentacji w żwaczu. Świadczą o tym wyniki badań takich autorów jak Karr i Little (1966) oraz Tucker, Mitchell i wsp. (1968), chociaż nie brak i danych, które tego nie potwierdzają. Na przykład Nicholson i Sutton (1969) uzależniają stopień żwaczego trawienia skrobi nie od ilości paszy treściwej, ale od jej formy fizycznej i od poziomu żywienia, a nie zawsze od proporcji między paszą objętościową i treściwą w dawce pokarmowej.

Poszczególne pasze, nawet bardzo zbliżone składem, mogą dawać, jak wiadomo, różne ilości końcowych produktów fermentacji, między innymi różne proporcje LKT w żwaczu. Znana jest szczególnie zdolność ziarna kukurydzy do stymulowania tworzenia się kwasu propionowego, nawet w ilościach względnych przewyższających kwas octowy. Różnice w rozkładzie węglowodanów w żwaczu, istniejące między ziarnami zbóż, zachęciły Armstronga i Beerera do porównania strawności dawek, w których skład wchodziły głównie jęczmień lub śruta kukurydziana. Autorzy ci wykazali, że przy bardzo bliskich współczynnikach strawności skrobi obydwu pasz, wynoszących ponad 90%, skrobia z dawki zawierającej kukurydzą w znacznym stopniu unika fermentacji w żwaczu i ok. 32% skrobi kukurydzianej trawione jest w dalszych odcinkach przewodu pokarmowego. Przyczynia się to zapewne do efektywniejszego jej wykorzystania dzięki niższym stratom energetycznym w procesie trawienia.

White i Reynolds (1969) wykonali badania na młodym bydle opasowym, otrzymującym 60-100% paszy treściwej w dawce pokarmowej.

W skład mieszanki treściwej wchodziło głównie ziarno sorga i śruta sojowa poekstrakcyjna. Z paszą treściwą skarmiano w poszczególnych grupach doświadczalnych kilka pasz objętościowych w różnych ilościach. W badaniach określano wysokość przyrostów zwierząt i oznaczano końcowe produkty fermentacji węglowodanów w treści zwacza. Niektóre wyniki doświadczeń podane są w zestawieniu 6.

Zestawienie 6. T.W. White, W.L. Reynolds, J. Anim. Sci. 28, 1969, s.705; T.W. White, W.L. Reynolds, R.H. Klett, J. Anim. Sci. 29, 1969, s. 1001

	Słoma ryżowa			Siano z lucerny			Trawa sudańska
	5%	20%	40%	5%	20%	40%	40%
Pasza pobrana							
w kg/szt./dziennie	7,3	8,9	9,4	6,6	6,7	7,4	8,6
w tym pasza treściwa	6,9	7,2	5,7	6,3	5,4	4,4	5,2
Przyrost dzienny w kg	1,09 ^b	1,23 ^a	1,09 ^b	1,04 ^b	1,10 ^b	0,98 ^b	1,06 ^b
LKT w zwaczu:							
suma LKT w mmolach/ /100 ml treści zwacza	15,65	13,43	9,04	16,53	15,31	13,97	11,17
kwas octowy w % mol.	47,3	57,4	64,9	46,2	44,4	57,60	59,5
kwas propionowy w % mol.	36,1	23,8	17,6	39,8	38,4	26,2	23,7
kwas masłowy w % mol.	11,1	13,3	13,3	9,0	11,9	11,8	13,1
Proporcja C ₂ /C ₃	1,3	2,4	3,7	1,2	2,2	2,2	2,5

Objaśnienie: a, b = wartości średnie oznaczone w tabeli różnymi literami różnią się statystycznie istotnie przy P < 0,05.

Najwyższe przyrosty w przytoczonych doświadczeniach wykazały zwierzęta otrzymujące w dawce 80% mieszanki treściwej i 20% paszy objętościowej w postaci słomy, natomiast przyrosty najniższe miała ta grupa, która pobierała w dawce pokarmowej 40% siana z lucerny. Przy obydwu wynikach produkcyjnych, różniących się w sposób statystycznie istotny, zarówno suma LKT w zwaczu jak i proporcja kwasu octowego i propionowego były zbliżone. Na wysokość przyrostów miała zapewne duży wpływ bezwzględna ilość paszy treściwej pobieranej przez zwierzęta w dawce dziennej. Jednak niewiele mniejsza ilość paszy treściwej pobieranej np. w dawce z zawartością 5% słomy nie tłumaczy istotnie niższych przyrostów w tej grupie żywieniowej w porównaniu z grupą otrzymującą 20% słomy.

Tych kilka przykładów wskazuje, że o ile wpływ rodzaju paszy i jej struktury na procesy fermentacyjne w zwaczu jest łatwiejszy do skorelowania z procentową zawartością tłuszczu w mleku zwierząt przeżuujących, to zestawienie stężeń molarnych LKT w treści zwacza z wysokością produkcji u bydła opasowego — nie zawsze daje wyraźne i jednoznaczne wyniki.