

MARIAN WÓJCIAK, JAN CHUDY

## BADANIA NAD KERATYNAMI

STRAWNOŚĆ I PRYSWAJALNOŚĆ HYDROLIZATU KERATYNOWEGO  
ORAZ MAĆZKI ROGOWEJ PRZEZ NORKI

Z Katedry Żywienia Zwierząt Wyższej Szkoły Rolniczej w Olsztynie

Kierownik: prof. dr J. Dubiski

i z Katedry Fizjologii Zwierząt Wyższej Szkoły Rolniczej w Olsztynie

Kierownik: doc. dr W. Minakowski

W dotychczasowej literaturze w większości wypadków przyjmuje się, że keratyna nie może być źródłem białka dla organizmu zwierzęcego, ponieważ nie ulega działaniu enzymów trawiennych. Zagadnieniem wykorzystania tych związków dla celów żywieniowych zajmowano się od początku bieżącego stulecia.

*Morgen* i współpr. [9] przeprowadzili badania nad strawnością keratyn rogu przez owce. Otrzymane przez nich współczynniki strawności dla ciał azotowych substancji rogowej wyrażały się liczbami 15,5 i 5%. Wobec dużej rozbieżności otrzymanych wyników autorzy nie wypowiedzieli się co do możliwości zastosowania keratyn rogu w żywieniu zwierząt. Również *Mangold* i *Dubiski* badali strawność keratyn *in vitro* oraz w doświadczeniach na kocie, psie, szczurach i sowie. Jako substancji keratynowej użyli oni chorągiewek piór. Przeprowadzone badania wykazały daleko posunięte mechaniczne trawienie tej keratyny. Nie stwierdzono jednak, aby keratyna była trawiona chemicznie w przewodzie pokarmowym wymienionych zwierząt. W doświadczeniu na szczurach, otrzymujących diety syntetyczne ubogie w cystynę, próbowano zastąpić ten aminokwas dodatkiem zmielonych piór. Okazało się, że cystyna zawarta w nich była niedostępna dla organizmu zwierzęcego.

Jedynym zwierzęciem, u którego bezsprzecznie stwierdzono ferment keratolityczny, jest mol odzieżowy. *Linderstrom-Lang* i *Duspiva* wyosobnili z jelita mola odzieżowego ferment keratolityczny, który optimum działania w badaniach *in vitro* wykazuje przy pH 9—10.

W roku 1944 *Wagner* i *Elvehjen* przeprowadzili badania nad możliwością zastąpienia białka kazeiny białkiem ze sproszkowanych racic. Na pod-

stawie otrzymanych wyników stwierdzili, że szczury i kurczęta są zdolne do wykorzystania protein ze sproszkowanych racic świńskich. Ich zdaniem kurczęta lepiej wykorzystują ten rodzaj białka niż szczury.

W ostatnich latach wykonano szereg prac [4, 11 i 15], w których zastępowano, w praktycznym żywieniu kur, część białka dawki dziennej białkiem sproszkowanych keratyn, otrzymując pozytywne wyniki.

Sprzeczne i często niezadowolające wyniki stosowania keratyn w stanie naturalnym spowodowały zainteresowanie się badaczy produktem hydrolizy substancji keratynowej. Między innymi *Morgen* i współpr. [10] badali na skopach strawność hydrolizatu keratynowego. Otrzymane współczynniki strawności dla ciał azotowych wyrażały się liczbami 83,2 i 85%, gdy za paszę podstawową służyło siano łąkowe. Natomiast przy paszy podstawowej, składającej się wyłącznie ze słomy żytniej, otrzymane współczynniki strawności wyrażały się liczbami 37,2 i 37,5%.

Również *Hanson* przeprowadził niepełną hydrolizę alkaliczną włosów i otrzymany produkt poddał trawieniu *in vitro* i w doświadczeniach na szczurach. Badania strawności tego hydrolizatu *in vitro* wypadły pozytywnie, natomiast próby zastosowania go w żywieniu szczurów dały wynik ujemny.

Dotychczasowe przekonanie o nierozpuszczalności keratyn w wodzie i sokach trawiennych zostało poważnie zachwiane przez prace *Routha* i *Lewisa* oraz *Beatrice* i *Routha*. Autorzy ci badając wpływ rozdrobnienia keratyn na ich rozpuszczalność w wodzie wykazali, że zawartość cystyny w poddanych zmieleniu włosach ludzkich, wełnie oraz piórach ptaków zmniejszała się w miarę przedłużania czasu mielenia. Natomiast wyciągi wodne odpowiednio do rozdrobnienia zawierały wzrastające ilości azotu i cystyny. Również *Wójciak* [17] ekstrahując drobno zmieloną mączkę rogową wodą destylowaną stwierdził przechodzenie azotu do wyciągu wodnego. Metodą chromatografii bibułowej stwierdził obecność dziesięciu wolnych aminokwasów w wyciągach wodnych sproszkowanych keratyn.

W Polsce zastosowaniem hydrolizatu keratynowego i keratyny w żywieniu zwierząt zajęto się niedawno. Pierwszą pracę nad hydrolizatem keratynowym wykonali *Siebierzanka* i *Wójcik* badając wpływ hydrolizatu keratynowego na bilans azotowy skopów. Stwierdzili oni, że hydrolizat keratynowy jest źródłem N dla organizmu zwierzęcego. Badania *Gauguscha* i współpr. na myszach, gołębiach i kurach wykazały, że produkt ten nie wpływa toksycznie na organizm badanych zwierząt.

W Zakładzie Hodowli Drobiu WSR Olsztyn [18] przeprowadzone zostało doświadczenie na rosnących kurczętach. Jednej grupie zastępowano 20% białka strawnego dawki pokarmowej związkami azotowymi hydrolizatu keratynowego, a w drugiej — mączką rogową. Nie stwierdzono wpływu dodatków na szybkość opierzania się kurcząt ani na przyrosty wa-

gowe. Nie zaobserwowano również ujemnego działania dodatków na organizm kurcząt. Także *Wójciak* [19, 22] badał strawność i przyswajalność azotu hydrolizatu keratynowego na skopach stwierdzając, że ciała azotowe tego produktu są trawione w 62% oraz przyswajalne przez organizm tych zwierząt. W innym doświadczeniu stwierdził on [20, 23], że również ciała azotowe mączki rogowej są trawione przez skopy w 52,1% i że azot może być przyswajalny przez organizm przeżuwaczy. Badania przeprowadzone [21] nad wpływem mączki rogowej na owłosienie potomstwa poprzez żywienie ciężarnych samic wykazały, że mączka rogowa nie wywiera żadnego wpływu na gęstość okrywy włosowej. Na podstawie wyników naszych doświadczeń z żywieniem nerek [2] należy wnioskować, że skarmianie substancji keratynowych nie wywiera również wpływu na okrywę włosową zwierząt futerkowych, natomiast jeśli chodzi o strawność i przyswajalność tych substancji, to zagadnienie to stanowi temat niniejszej pracy.

Dla zbadania wartości pokarmowej keratyn i hydrolizatu keratynowego przeprowadzono doświadczenie na 4 dorosłych norkach. Do doświadczeń użyto hydrolizatu keratynowego dostarczonego przez Rejonowe Przedsiębiorstwo Przetwórcze Odpadków Zwierzęcych i Roślinnych w Krakowie. Według informacji producenta jest to produkt niepełnej hydrolizy alkalicznej mączki rogowej, przeprowadzonej za pomocą wodorotlenku wapnia. Produkt ten ma postać delikatnego żółtego proszku o zapachu przypalonego rogu; w wodzie jest całkowicie rozpuszczalny. Wykonana przez nas analiza chemiczna wykazała zawartość 11% wody, 73,1% ciał azotowych ( $N \times 6,25$ ), 13,1% surowego popiołu i 1,07% siarki. Siarkę oznaczono metodą wagową opisaną przez *Wolfa* i *Österberga*. Mączka rogowa, pochodząca z tego samego źródła, produkowana była przez mielenie oczyszczonych kopyt i rogów. Otrzymany w ten sposób produkt o zapachu rogu miał postać drobnoziarnistego proszku o granulacji od 0,12 do 0,3 mm. W wodzie był nierozpuszczalny. Wykonana analiza chemiczna wykazała zawartość 10,8% wody, 2,4% surowego popiołu, 79,3% ciał azotowych ( $N \times 6,25$ ) i 2,2% siarki.

#### METODYKA

Badań strawności hydrolizatu keratynowego i mączki rogowej oraz ich wpływu na bilans N dokonano metodą bilansową przy pomocy podwójnych doświadczeń. Dokładny opis metody podają *Dubiski* i współpr. Doświadczenie obejmowało trzy 10-dniowe okresy główne, z których każdy poprzedzony był okresem wstępnym. W pierwszym okresie głównym współczynniki strawności i bilans azotowy zostały określone przy żywieniu paszą podstawową składającą się wyłącznie z poubojowych odpadków mięsnych (wątroba, narządy płciowe, płuca i inne). W drugim okresie głównym 25,4% azotu paszy podstawowej zastąpiono hydrolizatem keratynowym,

wreszcie w trzecim okresie głównym 28,3% azotu paszy podstawowej zastąpiono przez mączkę rogową. We wszystkich tych okresach zbierano kał i mocz do analizy, karma była zadawana ilościowo. W każdym okresie wstępnym zwierzęta karmione były tak samo, jak w następującym po nim okresie głównym, pasza podstawowa przez cały czas trwania doświadczenia miała ten sam skład jakościowy.

Zwierzęta umieszczone były w klatkach o wymiarach 1×0,5 m z podłogą z siatki drucianej, przez którą swobodnie wypadał kał, natomiast mocz spływał do butli z płynem konserwującym. Kał zbierany był trzy razy dziennie. Zebrany kał konserwowano kwasem siarkowym w butli z doszlifowanym korkiem. Po skończonym okresie doprowadzano go do masy powietrznej suchej i poddawano analizie chemicznej na zawartość N. Azot oznaczano metodą Kjeldahla. Mocz konserwowano kwasem siarkowym z niewielkim dodatkiem toluenu, z którego pobierano próbę średnią i analizowano na zawartość N.

### WYNIKI

Otrzymane współczynniki strawności dla związków azotowych całej dawki pokarmowej i dodatków zestawione są w tabeli 1.

Tabela 1. Współczynniki strawności związków azotowych całej dawki, hydrolizatu keratynowego i mączki rogowej (w procentach).

Table 1. Digestability coefficients of the complete (total) dosis, keratin hydrolyzate, and horn meal (in per cent).

Rodzaj karmy 1)	Numery nerek 2)			
	1	2	3	4
Dawka podstawowa 3)	89,2	90,5	90,3	89,3
Dawka podstawowa + 10 g hydrolizatu keratynowego 4)	82,5	83,0	81,3	81,7
Hydrolizat przy dawce 10 g 5)	50,3	46,9	46,1	49,9
Dawka podstawowa + 10 g mączki rogowej 6)	85,6	81,5	81,8	84,2
Mączka rogowa przy dawce 10 g 7)	60,6	51,5	50,3	61,8

Type of feed 1); mink No. 2); basic dosis 3); basic feed (dosis) + 10 g keratin hydrolyzate 4); hydrolyzate at 10 g dosage 5); basic dosis + 10 g of horn meal 6); horn meal at 10 g dosage 7).

Dodatek hydrolizatu keratynowego do paszy podstawowej wpłynął w niewielkim stopniu na obniżenie współczynników strawności całej dawki pokarmowej; to samo stwierdzono przy dodatku mączki rogowej. Na podstawie wyników pierwszego okresu, w którym określono współczynniki strawności dla paszy podstawowej i drugiego okresu, w którym określono strawność mieszanki paszy podstawowej z dodatkiem hydrolizatu keratynowego, wyliczono współczynniki strawności dla hydrolizatu. Z wyników



otrzymanych w okresie pierwszym i trzecim wyliczono współczynniki strawności dla mączki rogowej.

Otrzymane współczynniki strawności dla hydrolizatu keratynowego wyrażają się liczbami od 46,1 do 50,3%. W przeliczeniu na produkt w stanie naturalnym 1 kg hydrolizatu keratynowego zawiera od 337 do 367 g związków azotowych strawnych. Otrzymane współczynniki strawności dla mączki rogowej wyrażają się liczbami od 50,3 do 61,8%. W przeliczeniu na produkt w stanie naturalnym 1 kg mączki rogowej zawiera od 399 do 490 g związków azotowych strawnych.

Jak wynika z przeprowadzonych doświadczeń, keratyna jest trawiona w przewodzie pokarmowym ssaków, chociaż dotychczas nie udało się stwierdzić u tych zwierząt fermentu keratolitycznego. Również dotychczas nie został wyjaśniony mechanizm trawienia keratyn przez ssaki i ptaki.

Dodatkowo przy określaniu współczynników strawności zbadano bilans azotowy. Otrzymane wyniki podaje tabela 2. Jak widzimy, jest on we wszystkich przypadkach dodatni. Najwyższe ilości N osadziły się w orga-

Tabela 2. Bilans azotowy w gramach.

Table 2. Nitrogen balance in grams.

Źródła przychodu i rozchodu azotu 1)	Norka Nr 1 2)			Norka Nr 2			Norka Nr 3			Norka Nr 4		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Karma podstawowa 3)	3,87	2,98	2,85	4,01	2,86	3,16	4,69	3,12	2,99	4,19	3,04	3,11
Hydrolizat keratynowy 4)	—	1,02	—	—	0,97	—	—	1,06	—	—	1,03	—
Mączka rogową 5)	—	—	1,13	—	—	1,25	—	—	1,18	—	—	1,23
Razem przychód 6)	3,87	4,00	3,98	4,01	3,83	4,41	4,69	4,18	4,17	4,19	4,07	4,34
Kał 7)	0,42	0,70	0,57	0,38	0,65	0,81	0,46	0,78	0,75	0,45	0,74	0,68
Mocz 8)	2,33	2,66	2,91	2,49	2,53	2,78	3,14	2,87	3,19	1,82	2,19	2,81
Razem wydaliny 9)	2,75	3,36	3,48	2,87	3,18	3,59	3,60	3,65	3,94	2,27	2,93	3,49
Dobowa retencja 10)	1,12	0,64	0,50	1,14	0,65	0,82	1,09	0,53	0,23	1,92	1,14	0,85
Azot zatrzymany w stosunku do pobranego w % 11)	28,94	16,00	12,56	28,42	16,97	18,59	23,24	12,67	5,51	45,82	28,00	19,58

Nitrogen source and elimination 1); mink No. 2); basic feed 3); keratin hydrolyzate 4); horn meal 5); total intake 6); faeces 7); urine 8); total excreted 9); diurnal nitrogen retention 10); nitrogen retention in % of intake 11).

nizmie w okresie pierwszym, kiedy zwierzęta otrzymywały tylko paszę podstawową. Przy zastąpieniu części azotu dawki podstawowej azotem hydrolizatu keratynowego obserwujemy spadek ilości N zatrzymanego w organizmie. To samo stwierdzamy w okresie trzecim, kiedy część N dawki podstawowej zastąpiono azotem mączki rogowej.

Wyrażając azot zatrzymany w procentach do pobranego, co zostało przedstawione w tabeli 2 dochodzimy do wniosku, że dodatki keratynowe wpłynęły obniżająco na retencję azotu. Pomimo, że statystycznie nie można wykazać istotnych różnic w retencji azotu pomiędzy poszczególnymi okresami, to jednak widzimy wyraźny spadek w retencji azotu w okresie drugim i trzecim. Średnie ilości azotu zatrzymanego w stosunku do pobranego wyrażają się liczbą: w okresie pierwszym 31,60%, w drugim — 18,41% i w trzecim — 14,06%. Widzimy, że różnica w wykorzystaniu azotu między okresem pierwszym a drugim wyraża się liczbą 13,19, natomiast między drugim i trzecim 4,35. Różnicę między grupą pierwszą i drugą należy uznać za wyraźną, natomiast między okresem drugim i trzecim różnica ta jest niewielka, tym bardziej, że w jednym wypadku (norka nr 2) mamy wyższą retencję azotu w okresie trzecim. Dla dokładniejszego stwierdzenia wpływu keratyn na bilans azotowy należałoby przeprowadzić doświadczenie w nieco innym układzie, wprowadzając jeszcze jeden okres, w którym zwierzęta otrzymywałyby dawkę podstawową zmniejszoną o tę ilość paszy, jaka została zastąpiona dodatkami, jednak ze względu na możliwości techniczne nie byliśmy tego w stanie wykonać.

Otrzymane różnice pomiędzy okresem pierwszym a drugim i trzecim przypuszczalnie należałoby tłumaczyć wartością pokarmową keratyn, na co zwrócił uwagę *Wagner* i *Elvehjen*, jak również zjawisko to zostało zaobserwowane w naszych doświadczeniach, które będzie przedstawione w osobnej publikacji.

Należy podkreślić, że mimo gorszego wykorzystania azotu w okresie drugim i trzecim, to azot hydrolizatu keratynowego oraz mączki rogowej jest częściowo dostępny dla organizmu zwierząt.

#### WNIOSKI

1. Hydrolizat keratynowy jest trawiony przez norki i może być źródłem azotu dla organizmu zwierząt.
2. Mączka rogową jest trawiona przez norki i może być źródłem azotu dla organizmu zwierząt.
3. Niska strawność białka keratyn przez norki, jak i obniżający ich wpływ na wykorzystanie azotu nasuwa przypuszczenie, że nie ma potrzeby i uzasadnienia wprowadzania ich do dawek pokarmowych tych zwierząt.

*M. Вуйцак, Я. Худы*

## ИССЛЕДОВАНИЯ КЕРАТИНОВ. ПЕРЕВАРЕИМОСТЬ И УСВОЯЕМОСТЬ НОРКАМИ КЕРАТИНОВОГО ГИДРОЛИЗАТА И РОГОВОЙ МУКИ

### *Содержание*

Определялась экспериментально переваримость норками кератинового гидролизата и роговой муки методом баланса, с одновременным означением азотистого баланса. К исследованиям использовано 4 норки. Кератиновым гидролизатом замещали 25,4% азота основных кормов, роговой мукой - 28,3%.

Полученные коэффициенты переваримости сырого белка кератинового гидролизата колеблются в пределах 46,1—50,3%, для роговой муки - 50,3—61,8%.

На основании азотистого баланса установлено, что роговая мука и кератиновый гидролизат могут усваиваться организмом исследуемых животных. Однако использование исследуемых кормов было хуже использования основных кормов, так что прибавление этих веществ к пищевым рационам надо считать ненужным и необоснованным.

*M. Wójciak, J. Chudy*

## STUDIES ON KERATINS. DIGESTABILITY AND ASSIMILABILITY OF KERATIN HYDROLYZATE AND HORN MEAL BY MINKS

### *Summary*

Digestion and assimilation of keratin hydrolyzate and horn meal by minks was determined by the balance method simultaneously with nitrogen balance determination. Four minks were used. Keratin hydrolyzate was substituted for 25.4% of the nitrogen in the basic feed, and horn meal for 28.3%.

Digestibility indices were within the tanges of 46.1—50.3% and 50.3—61.8% for keratin hydrolyzate crude protein and horn meal respectively.

The nitrogen balance showed that horn meal and keratin hydrolyzate can be assimilated by the animals. However, utilization of the feed in question was inferior to that of the basic feed, which suggests that there is no reason for adding these substances to the normal diet of minks.

### PIŚMIENNICTWO

1. *Beatrice E., Routh J. I.*: J. Biol. Chem., 1944, 159, 593.
2. *Chudy J., Wójciak M.*: Med. Wet. w druku.
3. *Dubiski J., Czarnocka K., Siudak F.*: Przewodnik do Ćwiczeń z Żywienia Zwierząt Domowych. Wyd. II, Olsztyn 1957.
4. *Fuller H. I.*: Poultry Sci., 1956, 35, 1143.
5. *Gaugusch Z., Niemczycka-Węgrzyn St., Wideńska T.*: Med. Wet., 1957, 9, 524.
6. *Hanson H.*: Biochem. Z., 1947, 318, 297.
7. *Linderstrom-Lang K., Dispiva F.*: Z. physiol. Chem., 1935, 237, 131.
8. *Mangold E., Dubiski J.*: Wiss. Arch. f. Landw. Abt. B., 1930, 4, 200.
9. *Morgen A., Beger C., Wagner H., Beeren H., Ohlmer E., Michałowski I.*: Landw. Versuchsstat., 1917, 89, 269.

10. *Morgen A., Beger C., Wagner H., Schöler G., Ohlmer E.*: Landw. Versuchsstat., 1919, 92, 57.
11. *Naber E. C., Morgan C. L.*: Poultry Sci., 1956, 35, 888.
12. *Routh J. I., Lewis H. B.*: J. Biol. Chem., 1938, 124, 725.
13. *Siebjerg K., Wójcik K.*: Zesz. Nauk. WSR Kraków, 1957, 3, 75.
14. *Wagner I. R., Elvehjem C. A.*: Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 1942, 51, 349.
15. *Wilder O. H. M., Ostby P. C., Gregory B. R.*: Poultry Sci., 1955, 34, 518.
16. *Wolf C. G. L., Österberg E.*: Biochem. Z., 1910, 29, 427.
17. *Wójciak M.*: w opracowaniu do druku.
18. *Wójciak M.*: Med. Wet., 1958, 10, 606.
19. *Wójciak M.*: Zesz. Nauk. WSR Olsztyn, w druku.
20. *Wójciak M.*: Zesz. Nauk. WSR Olsztyn, w druku.
21. *Wójciak M.*: w opracowaniu do druku.
22. *Wójciak M.*: Zesz. Problem. Post. Nauk Roln. 1960, 22, 185.
23. *Wójciak M.*: Zesz. Problem. Post. Nauk Roln. 1960, 22, 189.

Otrzymano: 10. 12. 1959.