

BARBARA PASTUSZEWSKA

*Instytut Fizjologii i Żywienia Zwierząt Polskiej Akademii Nauk
w Jabłonie*

OCENA MĄCZKI KRYŁOWEJ JAKO ŹRÓDŁA BIAŁKA W ŻYWIENIU ZWIERZĄT *

Spośród nowych źródeł białka, z którymi wiąże się nadzieje na złagodzenie kryzysu białkowego skorupiak *Euphausia superba* Dana zwany potocznie kryłem stanowi już nie tylko przedmiot zainteresowania naukowego, lecz od kilku lat jest wykorzystywany do celów gospodarczych. Zainteresowanie kryłem wynika przede wszystkim z ogromnej obfitości tego raczka w wodach Antarktydy, a w ostatnich latach zwiększa się wyraźnie w miarę ograniczania możliwości połowów ryb na wodach szelfowych przez państwa wprowadzające strefy 200-milowe.

Pierwsza polska Ekspedycja Antarktyczna zorganizowana przez Polską Akademię Nauk i Morski Instytut Rybacki na przełomie 1975/76 r. dokonała oceny możliwości połowu i przetwórstwa kryła oraz dostarczyła pierwszych prób mączki kryłowej i kryła do badań niezbędnych do podjęcia decyzji o dalszym zaangażowaniu się Polski w eksploatację zasobów Antarktydy i kierunku ich wykorzystania.

Wyniki wyprawy potwierdziły dotychczasowe informacje o masowym występowaniu kryła w wodach antarktycznych oraz wykazały, że przetwarzanie go na mączkę paszową nie nastęrcza poważniejszych trudności. Przyjęto, że jest to pierwszoplanowy kierunek wykorzystania tego skorupiaka.

Analiza piśmiennictwa światowego dotyczącego wykorzystania kryła wskazuje na wyraźną przewagę badań związanych z zastosowaniem go bezpośrednio w żywieniu ludzi. Publikacje wyników badań nad wykorzystaniem kryła w formie mączki jako paszy dla zwierząt były i są stosunkowo nieliczne i nie miały dotychczas charakteru systematycznej oceny, na której można byłoby oprzeć się przy układaniu dawek paszowych z udziałem mączki kryłowej. Za koniecznością prowadzenia

*) Badania prowadzone w ramach tematu „Ocena zootechniczna mączki kryłowej” w II problemie kierunkowym Programu Rządowego PR-4 „Optymalizacja produkcji i spożycia białka” oraz w ramach tematu „Ocena wartości odżywczej mączki kryłowej w żywieniu zwierząt”, koordynowanych przez Instytut Zootechniki kontynuowane w temacie „Rozpoznanie organizmów zwierzęcych i roślinnych z Antarktydy jako źródła surowców paszowych”, koordynowany przez Instytut Ekologii PAN.

badan własnych przemawiał równiez fakt, ze jakość mączki krylowej ze wzgledu na własciwosci surowca zalezy w duzym stopniu od warunkow procesu produkcyjnego i stad przenoszenie wynikow dowiad-czen żywieniowych bez uwzględniania różnic w metodach produkcji mączek moze być obarczone duzym błędem.

W okresie 2 lat, które upłynęły od otrzymania pierwszych partii mączki przeprowadzono w Polsce wszechstronne badania, obejmujące ocenę jej wartości pokarmowej i możliwości zastosowania w żywieniu różnych gatunków zwierząt. W niniejszym opracowaniu przedstawiono najważniejsze badania prowadzone nad mączką krylową w Instytucie Fizjologii i Żywienia Zwierząt PAN w okresie od VI. 1976 do XII. 1978. Objęto nimi możliwie szeroki zakres zagadnień a uzyskane wyniki upo-ważniają do wyciągnięcia wniosków nadających się do przekazania praktyce żywieniowej, a także stanowiących propozycję kierunku dal-szych badań. Część wyników została opublikowana lub przedstawiona na Sympozjum pt. „Kryl antarktyczny. Przetwórstwo i wykorzystanie” w Gdyni, 23—24.III. 1978 r.

Charakterystyka i skład mączki krylowej

Mączka krylowa z całych raczków produkowana jest w sposób po-dobny, jak mączka z całych ryb. Jest to produkt koloru różowego w odcieniu zróżnicowanym od beżoworóżowego do jasnoczerwonego, za-pachem przypominający mączkę rybną. Wśród cząsteczek, których wiel-kość jest dość zróżnicowana, można wyróżnić fragmenty pancerzyków, przypominających cienką łuskę. Obserwowano znaczne zróżnicowanie wyglądu mączki między poszczególnymi partiami a nawet workami, dlatego oznaczenia wykonano po wymieszaniu większej partii. W więk-szości badań użyto mączkę pochodzącą z I wyprawy.

Porównanie składu chemicznego oraz składu aminokwasowego i wartości odżywczej białka mączki krylowej i mączki z ryb antarktycznych (I wyprawa).

Próbe mączki krylowej pobraną z partii liczącej około 200 kg oraz mączki z ryb antarktycznych, złowionych podczas tej samej wyprawy i wyprodukowanej przy użyciu tych samych urządzeń, analizowano metodami stosowanymi w paszoznawstwie, oznaczono skład aminokwa-sowy, a także wartość odżywczą białka w testach na szczurach [5].

Skład chemiczny obu badanych mączek był bardzo zbliżony (tab. 1) z wyjątkiem nieco niższej zawartości białka w mączce krylowej (MK). MK różniła się także od mączki rybnej obecnością frakcji oznaczanej

Tabela 1

Skład chemiczny mączki krylowej i mączki rybnej (w % s. masy)

Mączka	Sucha masa	Białko ogólne	Popiół	Ekstrakt eterowy	Fracja nierozp. w kwasie i ługu
Krylowa	92,6	65,4	14,2	12,0	5,3
Rybna	93,6	70,4	14,0	11,7	nd

w sposób taki sam jak oznacza się włókno surowe i zawierającej chitynę, wchodzącą w skład pancerzyków. Ze względu na znaczną zawartość azotu w tej frakcji (około 6,4% — dane własne) obliczanie zawartości białka w MK na podstawie zawartości azotu ogólnego jest obarczone błędem tym większym, im większa jest zawartość chityny w mączce.

Tabela 2

Zawartość najważniejszych aminokwasów egzogennych w mączce krylowej i mączce rybnej (g/16 g N)

Mączka	Lizyna	Metionina	Cystyna	Tryptofan	N-aminokwasów
Krylowa	7,7	2,6	1,1	1,5	13,20
Rybna	7,9	3,0	1,1	1,5	13,75

Tabela 3

Wskaźniki wartości odżywczej białka mączki krylowej i rybnej

Źródło białka	PER	Wartość biologiczna	Strawność właściwa	NPU	NPV
Mączka krylowa	2,99	79,5	92,0	73,1	47,8
Mączka rybna	3,27	83,7	94,2	78,8	55,4
Kazeina + DL met	3,66	96,4	94,5	91,1	—

Mączka krylowa jako źródło aminokwasów niezbędnych w niewielkim tylko stopniu ustępuje mączce rybnej (tab. 2), niższy udział azotu aminokwasów w azocie ogólnym MK niż MR (odpowiednio 82,5 i 85,9%) wynika z faktu, że część N ogólnego MK stanowi azot chityny.

Wszystkie wskaźniki wartości odżywczej białka oznaczanej na szczurach wskazują na nieco gorszą jakość białka mączki krylowej niż rybnej (tab. 3), różnica ta jednak nie jest większa niż różnice wynikające ze zmienności mączek rybnych produkowanych z różnych surowców. Gorsze wykorzystanie białka MK niż MR może wynikać z nieco niższej zawartości aminokwasów siarkowych (3,7 vs 4,1 g/16 g N), a także z przyjmowania zawartości N ogólnego bez odjęcia azotu chityny jako podstawy obliczania składu diet.

Zróznicowanie składu chemicznego i wartości odżywczej białka mączki krylowej

W celu pełniejszego scharakteryzowania mączki krylowej jako paszy niezbędne jest poznanie zakresu i czynników wpływających na zmienność jej składu chemicznego i wartości odżywczej. W tym celu oznaczono skład chemiczny 37 prób mączki z całego kryła, wyprodukowanej w 1977 r. podczas II Wyprawy Antarktycznej. Próby te były pobrane z 26 partii mączki wyprodukowanej z kryła o znanych cechach biologicznych takich jak dojrzałość, płeć, długość i masa ciała, stopień najedzenia oraz złowionego w określonym miejscu i terminie. Mączki wyprodukowano według 4 nieco różniących się wariantów procesu technologicznego. Ponadto oznaczono skład aminokwasowy czterech mączek różniących się zawartością azotu ogólnego oraz określono wartość odżywczą białka (PER) 17 mączek wyprodukowanych według 3 wariantów technologicznych.

Stwierdzono znaczne zróznicowanie zawartości składników pokarmowych w badanych mączkach. W przeliczeniu na suchą masę zawartość tłuszczu wahała się od 9,6 do 29,1%, azotu od 8,55 do 11,12%, popiołu od 10,3 do 15,9 i chityny od 2,5 do 7,3%. Przyjmując zawartość tłuszczu jako podstawę klasyfikacji mączek, badane próby można podzielić na mączki chude ($n=16$) i tłuste ($n=12$), przy czym mączki chude zawierały nieco większe ilości wszystkich pozostałych składników (tab. 4).

Tabela 4

Skład dwóch rodzajów mączki krylowej, w % suchej masy

Rodzaj mączki	n	N-ogólny	Ekstrakt	Popiół surowy	Chityna	Bezazotowy wyciąg
Chude	16	10,5	11,6	14,2	5,6	5,2
Tłuste	12	9,0	24,8	11,4	4,1	4,7

Z zebranych informacji dotyczących połowu i populacji kryla, z którego wyprodukowano mączki wynika, że czynnikiem różnicującym mączki w sposób najwyraźniejszy była szerokość geograficzna i data połowu oraz masa 100 osobników, lecz żadne z tych kryteriów nie odpowiadało w sposób ścisły podziałowi mączek na dwie w/w grupy, różniące się składem chemicznym.

Skład aminokwasowy białka mączek o niższej i wyższej zawartości azotu był zbliżony, jedynie suma aminokwasów w przeliczeniu na azot ogólny była nieco wyższa w mączkach o niższej zawartości N ogólnego.

Wartość odżywcza białka badanych mączek, wyrażona jako wskaźnik PER wahała się w granicach 2,46 do 3,18 i nie zależała w sposób wyraźny od ich składu chemicznego. Wydaje się jednak, że można mówić o tendencji do dodatniej zależności między wartością odżywczą białka i zawartością azotu i ujemnej z zawartością tłuszczu. Zbyt mała i różna liczebność mączek wyprodukowanych według poszczególnych wariantów technologicznych nie pozwala na wnioskowanie o wpływie stosowanych warunków procesu przetwórczego na wartość odżywczą białka, lecz wydaje się, że nie był on duży.

Tabela 5

Strawność i wykorzystanie azotu przez prosięta

Źródło białka	Procent białka w diecie	Okres I		Okres II	
		strawność białka %	wykorzystanie N strawionego, %	strawność białka %	wykorzystanie N strawionego, %
Mleko chude	10,5	91,7	78,6	92,2	83,0
Mączka krylowa	10,5	86,7	65,0	86,8	71,0
Mączka krylowa	12,5	86,0	65,8	87,9	72,9

Przeprowadzone badania stanowią jedynie wstępne rozpoznanie zakresu zmienności mączki krylowej z jakim może spotkać się układający dawki z jej udziałem. Wobec znacznego zróżnicowania składu chemicznego mączek i trudnych do zinterpretowania zależności między chemiami surowca, tj. kryla a składem wyprodukowanej z niego mączki wydaje się, że temat ten zasługuje na dalszą kontynuację. Istotne znaczenie może mieć zwłaszcza porównanie wpływu skarmiania mączki o różnej zawartości tłuszczu na jakość produktów zwierzęcych.

Zastosowanie mączki krylowej w żywieniu zwierząt

Zastosowanie mączki w żywieniu trzody chlewnej

Ocena mączki jako źródła białka dla prosiąt. Prosięta—knurki odsadzone w wieku 6 tygodni żywiono przez 20 dni dietami, zawierającymi jako jedyne źródło białka mączkę krylową w ilości odpowiadającej 10,5 lub 12,5% białka ogólnego. Grupa kontrolna otrzymywała jako źródło białka mleko chude w ilości odpowiadającej 10,5%. [5].

Przyrosty ciężaru ciała prosiąt otrzymujących diety krylowe były niższe niż prosiąt kontrolnych jedynie w okresie pierwszych 10 dni, a następnie nie różniły się w sposób istotny.

Białko mączki krylowej było wprawdzie wykorzystywane przez prosięta gorzej niż białko mleka (tab. 5), jednak zarówno współczynniki strawności jak i wykorzystania azotu strawionego świadczą o wysokiej wartości odżywczej mączki krylowej jako źródła białka dla prosiąt.

Ocena mączki krylowej w żywieniu świń rosnących i tuczników oraz jej wpływ na jakość produktu poubojowego. Głównym celem badań było określenie wpływu skarmiania MK w dawkach dla zwierząt w okresie intensywnej syntezy białka, określenie optymalnego dla przebiegu i wyników tuczu jej udziału w dawkach oraz ustalenie, jakie wysokobiałkowe pasze pochodzenia roślinnego tworzą najkorzystniejszy zestaw pokarmowy z MK. Przeprowadzono także szczegółową charakterystykę rzeźną tuszy, tłuszczu, jakości mięsa oraz analizę niektórych składników krwi zwierząt [2].

Wykonano 5 doświadczeń na 320 rosnących knurkach i 288 tucznikach [3, 4]. Mączką krylową zastępowano koncentrat pasz treściwych Prowit w ilościach od 0 do 20% lub mączkę rybną, stosowaną jako uzupełnienie śrut zbożowych. Jako kryteria oceny MK w tuczu przyjmowano przyrostyienne, grubość słoniny, zużycie paszy na przyrost, oznaczono także współczynniki strawności składników dawek pokarmowych. W żywieniu rosnących knurków syntetyczne kryterium stanowił indeks selekcyjny.

We wszystkich doświadczeniach (tab. 6) stwierdzono korzystny wpływ stosowania niewielkiego udziału MK w dawkach, zawierających zboże i mieszankę treściwą Prowit, jednak wyniki uzyskane przy stosowaniu MK były gorsze, niż przy stosowaniu mączki rybnej. Zwiększenie ilości MK do 8 lub 10% dało wynik dodatni w dwóch doświadczeniach a ujemny — w jednym, natomiast zwiększenie jej poziomu do 20% miało wpływ zdecydowanie niekorzystny. W większości do-

świadczeń obserwowano obniżenie spożycia paszy ze wzrostem ilości MK w dawce.

Tabela 6

Zestawienie wyników uzyskanych w tuczu

Doświadczenie	Pasze uzupełniające zboża w %	Średni przyrost dzienny w g	Zużycie paszy kg/kg	Średnia grubość słoniny w mm
I	Prowit, 20	725	3,45	18,8
	Prowit, 15			
	Mączka krylowa, 5	743	3,36	19,7
	Prowit, 10			
	Mączka krylowa, 10	604	3,40	19,0
	Mączka krylowa, 20	599	3,29	19,2
II	Prowit, 16	688	3,64	19,2
	Prowit, 8			
	Mączka krylowa, 4	762	3,28	17,7
	Mączka krylowa, 8	758	3,20	18,0
	Mączka rybna, 7	801	3,12	16,9
III	Prowit, 15	611	4,69	33,2
	Prowit, 10			
	Mączka krylowa, 5	657	4,36	37,4
	Prowit, 5			
	Mączka krylowa, 10	748	4,01	37,6

Spośród mieszanek zawierających MK i różne śrutę poekstrakcyjną lub Prowit najlepsze wyniki dała mieszanka zawierająca śrutę sojową, bądź śrutę sojową i arachidową, najgorzej natomiast mieszanka zawierająca tylko śrutę arachidową.

Analiza produktu poubojowego wykazała, że stosowanie MK powoduje zwiększenie otłuszczenia tuszy, przy czym wycofanie jej na około 6 tyg. przed ubojem zmniejszyło otłuszczenie.

Zawartość nienasyconych kwasów tłuszczowych w tłuszczu podskórnym świń żywionych MK wzrosła lecz nie przekroczyła norm przyjętych dla słoniny wieprzowej. Stosowanie dodatku MK nie wpłynęło w wyraźny sposób na jakość mięsa ocenianą metodami chemicznymi i fizycznymi, natomiast ocena sensoryczna jakości mięsa pieczonego, gotowanego oraz rosołu wykazała wyraźne obniżenie cech smakowych i zapachowych w wyniku skarmiania 10% MK. Zaprzestanie skarmiania mączki na 6 tyg. przed ubojem zmniejszyło do pewnego stopnia jej niekorzystny wpływ na cechy sensoryczne.

Skarmianie MK wpłynęło w sposób istotny na zwiększenie poziomu tyroksyny w osoczu krwi a w niewielkim stopniu na ciężar żołądka (w % tuszy) i bezwzględny ciężar nerek.

Na podstawie przeprowadzonych badań wyciągnięto wniosek, że udział MK w dawkach paszowych dla rosnących świń nie powinien przekraczać 5—6%, a w koncentratkach 30%. W związku ze stwierdzonym w innych naszych badaniach znacznym różnicowaniem zawartości tłuszczu w mączkach należy się spodziewać, że ich wpływ na smak i zapach mięsa i tłuszczu świń może być także różny.

Zastosowanie mączki kryłowej w żywieniu rosnących kurcząt i w tuczu brojlerów

Celem badań było określenie możliwości stosowania MK jako składnika mieszanki dla kurcząt, ocena wpływu jej zwiększającego się udziału w dawce na przebieg wzrostu i spożycie paszy, a także określenie wpływu zastąpienia mączki rybnej izoazotową ilością MK na wyniki tuczu brojlerów i ocenę sensoryczną mięsa gotowanego, pieczonego oraz rosołu.

Wyniki doświadczenia klatkowego, w którym badano wpływ częściowego i całkowitego zastępowania MK mączki rybnej w połączeniu ze śrutą kukurydzianą świadczą o niekorzystnym wpływie wprowadzenia dużej ilości MK (20%) do dawki dla kurcząt w okresie od 7 do 28 dnia życia. Obniżenie przyrostów w grupach żywionych z dodatkiem MK było spowodowane głównie niższym spożyciem paszy, wykorzystanie paszy na przyrost różnicowało się wprawdzie w niewielkim stopniu, jednakże najniższe było w grupie otrzymującej największą ilość MK.

W tuczu brojlerów porównywano MK i MR, których udział w mieszance starter wynosił odpowiednio 6,7 i 6,0%, a w mieszance finisher 4,5 i 4,0%. W wieku 8 tygodni ciężar kurcząt żywionych MK był o około 5—6% niższy od ciężaru ptaków kontrolnych (tab. 7), przy czym różnica ta była spowodowana niemal wyłącznie mniejszym spożyciem paszy, podczas gdy zużycie paszy na przyrost niemal się nie różniło (2,16 w grupie MK i 2,14 w kontrolnej). Analiza sensoryczna nie wykazała różnic w ocenie zapachu i smakowości mięsa i rosołu.

W doświadczeniu klatkowym obserwowano występowanie kula-wizny, szczególnie nasilające się w grupach otrzymujących mączkę kryłową. W tuczu w grupie otrzymującej MK zanotowano nieco wyższy procent upadków, a na kościach i chrząstkach ptaków poddanych ocenie organoleptycznej stwierdzono obecność szkarłatnoczerwonych plam, nie będących wybroczynami.

Tabela 7

Ciężary kurcząt brojlerów

Ciężar w wieku g	Kogutki		Kurki	
	mączka rybna	mączka krylowa	mączka rybna	mączka krylowa
4 tygodni	576	529	518	472
8 tygodni	1833	1724	1536	1462

Przeprowadzone badania wskazują na możliwość zastępowania mączki rybnej mączką krylową w paszy dla kurcząt rosnących i w tuczu brojlerów, ilość stosowanej mączki krylowej nie powinna jednak przekraczać poziomu 4—5%.

Wpływ stosowania mączki krylowej w żywieniu szczurów na wyniki rozrodu i stan zdrowia zwierząt

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu stosowania mączki krylowej w żywieniu zwierząt hodowlanych na ich płodność oraz rozwój potomstwa. Wydaje się, że ten rodzaj badań jest niezbędny do oceny bezpieczeństwa wprowadzania nowych pasz do żywienia zwierząt hodowlanych a doświadczenia na szczurach są cenne z tego względu, że w krótkim okresie czasu dostarczają wstępnych informacji, obejmujących kilka pokoleń.

Przeprowadzono dwa doświadczenia, którymi objęto łącznie 772 zwierzęta [7, 9]. Grupę doświadczalną i grupę kontrolną stanowiło w każdym doświadczeniu 20 samic i 10 samców oraz ich potomstwo. W doświadczeniach tych zwierzęta z pokolenia wyjściowego pozostawały od odsadzenia w wieku 21 dni do ukończenia przez samice 1 laktacji, ich potomstwo zaś od urodzenia do wieku około 16 tygodni. Grupy kontrolne żywiono granulowaną paszą hodowlaną o składzie wzorowanym na składzie przemysłowej paszy dla szczurów Murigran (dośw. 1) bądź Murigranem z dodatkiem 14,5% mączki rybnej (dośw. 2), grupy doświadczalne otrzymywały Murigran, w którym mleko chude i mączkę rybną zastąpiono mączką krylową (dośw. 1) lub Murigranem z dodatkiem 16% mączki krylowej (dośw. 2).

Prowadzono obserwacje nad wzrostem i stanem zdrowia zwierząt a następnie nad liczebnością i rozwojem młodych urodzonych ze skojarzenia pokolenia wyjściowego w obrębie każdej grupy żywieniowej.

W celu określenia, czy długotrwałe skarmianie MK wywołuje zmiany w budowie narządów zwierząt porównano ciężar wątroby, nerek, jąder, śledziony i tarczycy oraz budowę histologiczną wątroby, nerek, jąder i jelita grubego młodych dorosłych samców z pokolenia F_1 .

W obu pokoleniach — wyjściowym i F_1 — zwierzęta żywione paszą zawierającą MK rosły wolniej niż zwierzęta kontrolne. Różnica w ciężarach była większa w pokoleniu potomnym niż w wyjściowym i większa u samców niż u samic. U samic doświadczalnych w ostatnich 2 tygodniach laktacji stwierdzono znaczny spadek ciężaru ciała dochodzący u kilku zwierząt do 90 g. Przyczyną wychudzenia był przerost i nieprawidłowy kształt górnych siekaczy, uniemożliwiający pobieranie paszy granulowanej. Zmiany w kolorze, długości i kształcie siekaczy stwierdzono u wszystkich samic i samców szczurów a później także u myszy linii CFW, żywionych paszą zawierającą MK, przy czym nasilenie tych zmian wykazywało dużą zmienność indywidualną.

Liczba samczyków urodzonych i odchowanych w miocie była średnio o ponad 1 szt. mniejsza w grupie doświadczalnej, różnica w liczbie samiczek była niewielka.

Ciężar wątroby i jąder w przeliczeniu na 100 g ciężaru ciała był większy u szczurów doświadczalnych. Badania histologiczne wykazały zróżnicowanie budowy jąder i nieco mniejszą liczbę plemników w kanalikach jąder szczurów doświadczalnych, a także różnice w rzeźbie powierzchni i ukształtowaniu fałd jelita grubego.

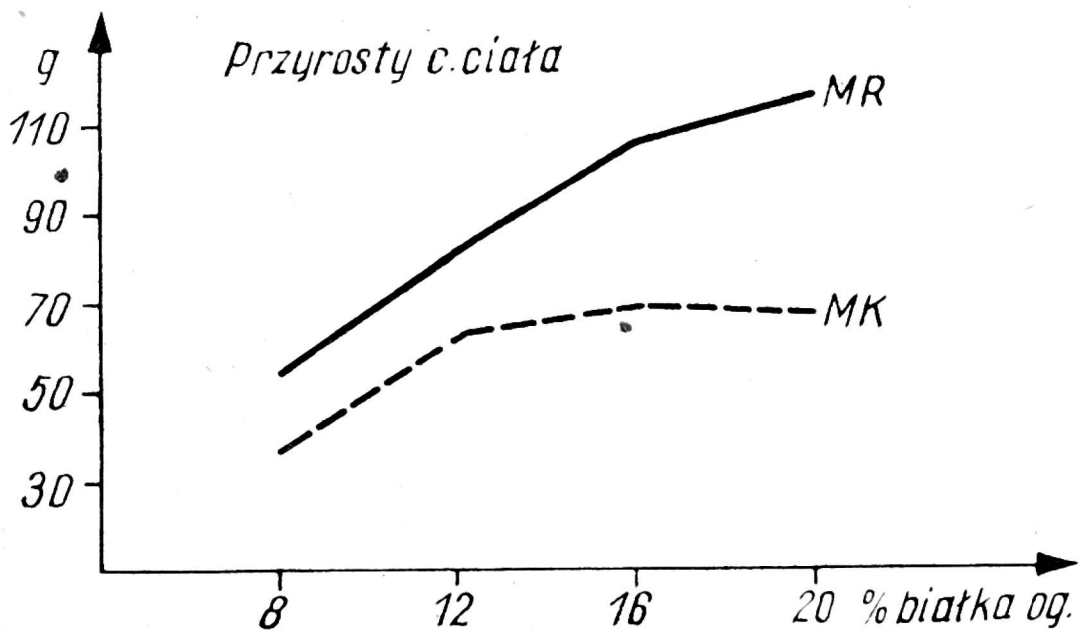
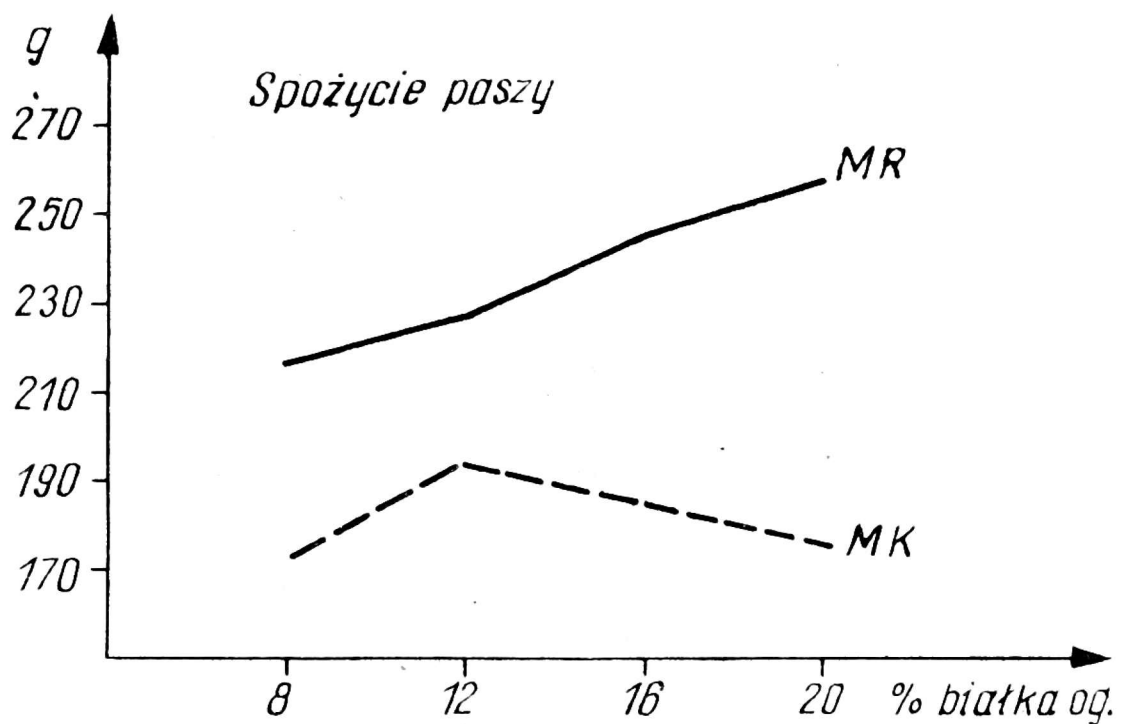
Uzyskane wyniki świadczą, że stosowanie dużej ilości MK w żywieniu zwierząt hodowlanych wywiera ujemny wpływ zarówno na wyniki rozrodu jak i na powstawanie szeregu zmian patologicznych. Badań na dalszych pokoleniach nie prowadzono ze względu na nasilanie się deformacji uzębienia w miarę przedłużania okresu żywienia MK.

Bardzo podobne zmiany w uzębieniu szczurów żywionych przez dłuższy czas dietami zawierającymi nadmiar fluoru zostały opisane przez Schulza [10] i uznane za typowy objaw toksyczności fluoru. U zwierząt tych obserwowano również zaburzenia w rozrodzie. Zawartość fluoru w stosowanych mączkach krylowych nie była wprawdzie oznaczana, jednak ze względu na podobieństwo objawów można sądzić, że obserwowane nieprawidłowości mogły powstać na tle nadmiaru tego pierwiastka w mączce.

Czynniki wpływające na wykorzystanie mączki krylowej

Ze składu aminokwasowego i przeprowadzonych testów biologicznych wynika, że białko MK w niewielkim tylko stopniu ustępuje biał-

ku bardzo dobrej mączki rybnej. W doświadczeniach żywieniowych na trzodzie chlewnej i drobiu obserwowano jednak wyraźne pogarszanie się wyników w miarę wzrostu udziału MK w paszy i wzrostu stopnia zastępowania MR mączką kryłową. Ten niekorzystny wpływ mogą wywierać czynniki nie związane ze składem i wartością białka jak np. tłuszcz kryła o składzie odmiennym od tłuszczu rybiego, drobnocząsteczkowe związki azotowe typu amin, mogące powstawać w procesie przetwarzania kryła na mączkę, bądź chityna wchodząca w skład pancerzyków raczków.



Rys. 1. Wpływ wzrastającego udziału mączki rybnej (MR) lub mączki kryłowej (MK) w diecie na spożycie paszy i przyrosty ciężaru ciała szczurów.

W celu wyjaśnienia tego zagadnienia przeprowadzono serię doświadczeń na rosnących szczurach, w których próbowano określić wpływ różnych czynników na spożycie paszy, wzrost zwierząt i wykorzystanie białka MK bądź kryła w porównaniu z MR.

Porównanie wpływu wzrastającego udziału MK i MR na spożycie paszy i wzrost szczurów.

W doświadczeniach na zwierzętach gospodarskich z reguły stosowano układ, w którym zwiększał się stopień zastąpienia Prowitu lub MR mączką krylową, nie porównano natomiast wpływu wzrastającego udziału obu mączek. Doświadczenie takie przeprowadzono na odsadzonych szczurach, których podawano do woli diety zawierające MR lub MK w ilościach odpowiadających 8, 12, 16 i 20% białka ogólnego [6]. Uzyskane wyniki (rys. 1) świadczą o odmiennej reakcji zwierząt na wzrost udziału porównywanych pasz. Zwiększanie ilości MR do poziomu białka 20% powodowało stały wzrost spożycia paszy i przyrostów c. ciała, natomiast wzrost ilości MK spowodował wzrost spożycia i przyrostów jedynie przy skarmianiu diety zawierającej 12% białka ogólnego w porównaniu z dietą 8%-wą. Różnice między MK i MR na niekorzyść MK zaznaczały się tym wyraźniej im wyższy był udział tych pasz w dietach. Niższe przyrosty zwierząt żywionych MK spowodowane były przede wszystkim niższym spożyciem a w mniejszym stopniu gorszym wykorzystaniem paszy.

Próba określenia frakcji wpływającej na wartość odżywcza MK lub kryła oraz spożycie paszy i wzrost zwierząt

Wyniki uzyskane w omówionym poprzednio doświadczeniu zadecydowały o układzie następnych doświadczeń, w których badano wpływ różnych zabiegów nie tylko na wykorzystanie białka w warunkach ograniczonego udziału MK (10% białka ogólnego w diecie) i spożycia diety (11 g/szt dziennie), stosowanych w metodzie oznaczenia wartości biologicznej wg Thomasa-Mitchella, lecz także w niektórych przypadkach określano reakcję zwierząt (wielkość spożycia i przyrosty) na zróżnicowany udział mączki lub produktów krylowych [6]. Grupy kontrolne otrzymywały MR w ilościach izoazotowych w stosunku do MK.

Celem serii doświadczeń bilansowych i wzrostowych była próba określenia jaka frakcja MK ma ujemny wpływ na wykorzystanie mącz-

czki przez zwierzęta oraz stwierdzenie, czy czynniki wpływające niekorzystnie powstają w trakcie przerobu kryła na mączkę, czy też występują już w niemal nieprzetworzonym surowcu. Wyniki doświadczenia bilansowego podano w tabeli 8.

Tabela 8

Wartość odżywcza białka różnych preparatów krylowych

Testowane białko	Strawność rzeczywista	Wartość biologiczna	NPU
Mączka rybna	94,1	84,2	79,2
Mączka krylowa (MK)	92,0	82,2	75,7
MK + DL—metionina	92,2	86,5	79,7
MK ekstrahowana wodą	90,4	89,2	80,6
MK ekstrahowana eterem	90,8	79,9	72,5
Krył cały	95,9	82,9	79,3
Krył bez pancerzyków	97,2	84,8	82,4

Usunięcie z MK tłuszczu przez ekstrakcję eterową nie tylko nie poprawiło jej wykorzystania, lecz obniżyło nieco strawność białka i spożycie paszy, co pozwala sądzić, że tłuszcz kryła nie jest przyczyną gorszego wykorzystania MK niż MR. Usunięcie z MK związków rozpuszczalnych w wodzie istotnie zwiększyło wykorzystanie białka (WB, NPU) i przyrosty zwierząt żywionych dietą z niedużym udziałem mączki ekstrahowanej. Jednak ekstrakcja wodna nie przeciwdziałała obniżeniu spożycia diety zawierającej dwukrotnie więcej mączki, a przyrosty zwierząt zwiększyły się w stopniu znacznie niższym niż przy analogicznym wzroście udziału MR. Pozwoliło to na sformułowanie wniosku, że czynnikiem powodującym obniżenie spożycia MK nie są drobnocząsteczkowe związki azotowe i inne, mogące powstawać w wyniku autolizy lub innych przemian zachodzących podczas procesu produkcji.

O wpływie procesu przetwarzania kryła na mączkę na zmiany wartości odżywczej białka można wnioskować jedynie w sposób pośredni, ponieważ badana MK była wyprodukowana z innej partii kryła, niż użyty do doświadczenia (w formie ugotowanej i zamrożonej a następnie wysuszonej w temperaturze 60°C). Wyniki przedstawione w tab. 8 świadczą o niewielkim wpływie technologii produkcji mączki na wykorzystanie białka; nie różniło się również spożycie paszy i przyrosty zwierząt otrzymujących jako źródło białka krył lub MK, a zwiększenie udziału całego kryła w diecie wpłynęło na spożycie i przyrosty w sposób podobny jak zwiększenie ilości MK. Pozwala to sądzić, że czynnik powo-

dujący obniżenie spożycia MK nie powstaje w trakcie produkcji mączki, lecz jest obecny również w materiale nie poddanym zabiegom technologicznym.

Częściowe usunięcie pancerzyków i chitynowych partii odnoży kryła spowodowało poprawę wykorzystania białka (NPU) kryła do poziomu wyższego niż NPU mączki rybnej. Brak dostatecznej ilości tego materiału nie pozwolił na ocenę wpływu zwiększenia ilości kryła pozbawionego pancerza na spożycie i przyrosty, natomiast wzrost udziału mączki niskochitynowej wyprodukowanej z koagulatu (informacje z MIR) obniżyło wprawdzie nieco spożycie, lecz zwiększyło przyrosty do poziomu porównywalnego z MR. Wartość odżywcza białka mączki niskochitynowej przewyższała znacznie wartość normalnej MK a nawet MR, przy czym trudno jest powiedzieć z całą pewnością, czy przyczyną tej różnicy jest, wobec odmiennego systemu jej produkcji z koagulatu, jedynie niska zawartość chityny.

Przeprowadzone badania pozwalają sądzić, że czynnikiem, który powoduje gorsze wykorzystanie MK niż MR nie jest tłuszcz kryłowy ani frakcja rozpuszczalna w wodzie. Czynnikiem ten jest obecny zarówno w krylu całym, tj. w surowcu jak i w MK, a więc najprawdopodobniej nie powstaje w trakcie przetwarzania kryła. Najwyraźniejszy wpływ dodatni na wykorzystanie białka kryła i na przyrosty zwierząt miało usunięcie pancerza z całych raczków, bądź stosowanie mączki niskochitynowej.

Wydaje się, że badania nad identyfikacją frakcji lub związku, będącego przyczyną obniżania spożycia produktów kryłowych, powinny być kontynuowane, przy czym należałoby również uwzględnić w nich powstawanie najważniejszych zmian patologicznych obserwowanych w doświadczeniach długotrwałych.

Trawienie i wchłanianie związków azotowych MK w przewodzie pokarmowym świń

Celem doświadczenia było uzyskanie informacji o stopniu uwalniania i wchłaniania aminokwasów MK w jelicie cienkim świń, warunkującym ich dalsze wykorzystanie do syntezy białka [1]. Jako białko kontrolne zastosowano mączkę rybną. Strawność pozorną azotu ogólnego MK oznaczona w końcowym odcinku jelita cienkiego była niższa niż MR (77,9 vs 83,7%), niższa była również nieco strawność aminokwasów niezbędnych i półniezbędnych. Różnica w strawności N ogólnego między MK i MR była nieco większa w końcu jelita cienkiego niż strawność całkowita. Świadczy to o tym, że procesy dezaminacyjne w jelicie grubym

zachodzą nieco intensywniej u zwierząt żywionych MK. Badania uwzględniające przyswajalność poszczególnych aminokwasów mają w przypadku MK większe znaczenie ze względu na to, że część białka ogólnego stanowi N chityny.

Przyczyną niższej strawności MK niż MR może być mniejsza podatność białka na działanie enzymów trawiennych, jednak z posiadanych informacji wiadomo, że warunki produkcji jak temperatura i czas ogrzewania są w przypadku MK łagodniejsze niż w przypadku produkcji MR. Inną przyczyną może być mniej sprawne funkcjonowanie nabłonka jelitowego, o czym może świadczyć zmieniony obraz histologiczny fałd jelita grubego u szczurów żywionych MK. Wydaje się, że celowe byłoby także określenie wpływu żywienia MK na budowę i funkcjonowanie nabłonka jelita cienkiego.

Wpływ czasu i warunków przechowywania mączki krylowej na jej wartość pokarmową

MK różni się od mączki rybnej m. in. wyższą zawartością kwasów tłuszczowych nienasyconych z jednym lub większą liczbą wiązań podwójnych. Można się spodziewać że jej podatność na procesy oksydacyjne zachodzące podczas przechowywania jest duża.

Przeprowadzono badania [8], w których partię mączki zawierającą 12% ekstraktu eterowego przechowywano przez 18 miesięcy od momentu dostarczenia do Instytutu (co odpowiadało około 20—21 miesięcy od momentu jej wyprodukowania na statku), oznaczając okresowo liczbę kwasową i nadtlenkową, lizynę dostępną, wskaźnik PER na szczurach oraz wpływ na przyrosty kurcząt. MK niezabezpieczoną lub zabezpieczoną przed utlenianiem butylovym hydroksytoluenem (BHT) w ilości 10 g/100 kg mączki przechowywano w chłodni w temperaturze ok. $+5 \pm 1^\circ\text{C}$ lub w pokoju nieogrzewanym, w którym temperatura w lecie przekraczała 20°C . W okresie 1,5 roku nie zaobserwowano żadnych zmian w cechach organoleptycznych, świadczących o psuciu się mączki, natomiast po ok. 6 mies. przechowywania w pomieszczeniu z dostępem światła dziennego wyraźnie zmniejszyło się natężenie charakterystycznego zapachu i zabarwienia. Po 5 miesiącach przechowywania liczba kwasowa mączki wzrosła z średnio 6,4 do 7,1 a następnie nie uległa istotnym zmianom. Po 18 mies. przechowywania w żadnej z prób nie stwierdzono obecności nadtlenków. Wskaźnik PER mączki przechowywanej z dodatkiem BHT był po 13 mies. nieco wyższy niż mączki bez przeciwutleniacza, jednak nie stwierdzono systematycznego obniżania się wykorzystania białka w miarę przedłużania się okresu przechowywania.

Nie stwierdzono również wpływu sposobu przechowywania na przyrosty i zużycie paszy przez kurczęta otrzymujące 6% MK w diecie.

Przeprowadzone badania świadczą o małej podatności tłuszczu MK na procesy oksydacyjne i dużej trwałości MK jako źródła białka, jednak uogólnienie uzyskanych wyników nie jest możliwe, ponieważ dotyczą one mączki o stosunkowo niskiej zawartości tłuszczu. Wobec stwierdzonej bardzo dużej zmienności zawartości tego składnika dalsze prace powinny pójść w kierunku ustalenia czy istnieje zależność między ilością tłuszczu w mączce a jej trwałością.

Podsumowanie

Na podstawie składu chemicznego, a zwłaszcza zawartości aminokwasów mączkę krylową można sklasyfikować jako paszę o wartości pokarmowej zbliżonej do wartości mączki rybnej. Zmienność zawartości tłuszczu w MK jest większa a popiołu mniejsza niż w MR. Pod względem zawartości tłuszczu mączki krylowe można podzielić na chude o średniej zawartości ekstraktu eterowego ok. 11% suchej masy i tłuste zawierające około 25% ekstraktu. Nie udało się stwierdzić w sposób jednoznaczny jakie cechy populacji kryla i parametry połowu decydują o zawartości tłuszczu i azotu w mączce.

Część azotu ogólnego MK stanowi azot chityny, stanowiącej składnik pancerza kryla. Zawartość chityny w MK, oznaczonej metodą stosowaną w analizie weendeńskiej do oznaczania włókna surowego wahała się od 2,5 do 7,3% suchej masy. Wydaje się, że przy obliczaniu zawartości białka w MK i jej wartości pokarmowej konieczne jest odejmowanie od azotu ogólnego azotu chityny. Rola samej chityny — stopień jej przyswajania przez organizm zwierzęcy i wpływ na strawność pozostałych składników pokarmowych paszy nie są zupełnie zbadane. Z przeprowadzonych doświadczeń wynika, że usunięcie pancerzyków z całego kryla powoduje poprawę wykorzystania białka a wartość odżywcza białka mączki niskochitynowej przewyższa wartość odżywcza MK z całego kryla a nawet mączki rybnej.

Wyniki doświadczeń żywieniowych świadczą o istnieniu różnicy między wykorzystaniem przez zwierzęta MK i dobrej MR, przy czym różnica ta jest tym większa im wyższy jest udział MK w dawce lub stopień zastąpienia przez nią MR. Typowym objawem towarzyszącym skarmianiu większej ilości MK było obniżenie spożycia paszy. W praktycznym żywieniu, w którym stosuje się niewielkie ilości mączek zwierzęcych, różnica między mączką krylową i rybą może w ogóle nie wystąpić, tym bardziej, że w obrębie obu rodzajów mączek istnieje pewna zmienność składu i wartości odżywczej białka. Wydaje się jednak, że

identyfikacja czynnika lub czynników, powodujących gorsze wykorzystanie MK niż MR ma istotne znaczenie dla racjonalnego i bezpiecznego stosowania tej paszy, zwłaszcza w żywieniu zwierząt hodowlanych.

Ma to tym większe znaczenie, że w wielu doświadczeniach obserwowano niekorzystny wpływ żywienia MK na niektóre narządy jak np. na budowę histologiczną jąder i plemników oraz jelita grubego u szczurów. U kurcząt żywionych MK zaobserwowano występowanie plam na kościach i chrząstkach a u świń stwierdzono podwyższenie poziomu tyroksyny w osoczu i zwiększenie ciężaru nerek. Wśród zwierząt żywionych przez dłuższy czas MK procent upadków był wyższy (kurczęta) a wyniki rozrodu gorsze (szczury) niż u zwierząt kontrolnych. Zaburzenia te były wystarczająco wyraźne aby stanowić przeciwwskazanie stosowania MK jako paszy dla zwierząt hodowlanych oraz wprowadzania jej w większych ilościach do dawek dla zwierząt rzeźnych.

Charakterystyczne zmiany w uzębieniu szczurów, typowe dla objawów nadmiaru fluoru w diecie, mogą wskazywać na to, że jednym z czynników odpowiedzialnych za ujemny wpływ MK może być toksyczne działanie tego pierwiastka. Potwierdzenie tej hipotezy wymaga dalszych badań.

Dalszych badań wymaga również ocena wpływu skarmiania MK na jakość produktu poubojowego, a zwłaszcza na ocenę sensoryczną mięsa i tłuszczu. W dwóch doświadczeniach przeprowadzonych na drobiu i świńniach uzyskano rozbieżne wyniki, co jest tym bardziej znamienne, że ocenę przeprowadzał ten sam zespół. Przyczyną różnego wpływu MK na smak i zapach mięsa i rosołu z brojlerów i tuczników mógł być np. inny skład mączki użytej w obu doświadczeniach bądź różny okres jej przechowywania. W doświadczeniu nad przechowywaniem mączki zaobserwowano bowiem wyraźne zmniejszenie się intensywności zapachu i koloru MK przechowywanej w workach tkanych w pomieszczeniu z dostępem światła dziennego.

Na specjalną uwagę zasługuje duża trwałość MK o niskiej zawartości tłuszczu, o czym świadczy brak zmian w czasie przyjętych wskaźników chemicznych i biologicznych. Brak jest natomiast danych o trwałości mączek o wyższej zawartości tłuszczu.

LITERATURA

1. Buraczewska L., Lachowicz J., Żebrowska T.: Trawienie i wchłanianie związków azotowych w przewodzie pokarmowym świń. Doniesienie na Sympozjum „Kryl - Antarktyczny. Przetwórstwo i wykorzystanie”. 23—24.III.1978, Gdańsk.

2. Grajewska S., Kortz J., Witkowska A.: Wpływ skarmiania mączki z kryła w okresie tuczu świń na jakość mięsa i tuszy. W przygotowaniu do druku.
3. Kotarbińska M., Groszyk K.: Ocena mączki z kryła w żywieniu rosnących świń. *Nowe Rolnictwo* 26, 6, s. 27—30, 1977.
4. Kotarbińska M., Groszyk K.: Efektywność produkcyjna pełnoporcjowych mieszanek z udziałem mączki z kryła w żywieniu knurków hodowlanych.
5. Pastuszevska B., Lassota L.: Wstępne wyniki oceny mączki krylowej — skład i wartość odżywcza białka. *Nowe Rolnictwo*, 26, 8, s. 26—28, 1977.
6. Pastuszevska B., Lis D., Wyłuda E.: Próba określenia czynników wpływających na wykorzystanie białka mączki krylowej. Doniesienie na Sympozjum pt. „Kryl Antarktyczny. Przetwórstwo i wykorzystanie”, 23—24.III.1978, Gdańsk.
7. Pastuszevska B., Wyłuda E.: Wpływ stosowania mączki krylowej w żywieniu szczurów na ich użytkowość hodowlaną. Doniesienie na Sympozjum. „Kryl Antarktyczny. Przetwórstwo i wykorzystanie”. 23—24.III.1978, Gdańsk.
8. Pastuszevska B., Wyłuda E., Znanińska G., Rymarz A., Lis D.: Wpływ warunków i długości okresu przechowywania na wartość pokarmową mączki krylowej. Doniesienie na Sympozjum pt. „Kryl Antarktyczny i Przetwórstwo i wykorzystanie” 23—24.III.1978.
9. Pastuszevska B., Wyłuda E., Buraczewska S.: Observations on the abnormal growth of incisors in laboratory rats and mice fed on krill meal. W druku w *Bulletin de l'Academie Polonaise des Sciences, Série des sciences biologiques*, 1979.
10. Schulz J.A.: Fluorine toxicosis in the albino rat. *Res. Bull.* 247, Ames, Iowa, 1938.