



AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY

ROZPRAWY NR 123

Roman Szymeczko

STRAWNOŚĆ JELITOWA BIAŁKA I AMINOKWASÓW U LISÓW POLARNYCH ŻYWIANYCH DIETAMI Z UDZIAŁEM PASZ POCHODZENIA ZWIERZĘCEGO

BYDGOSZCZ – 2006

REDAKTOR NACZELNY
prof. dr hab. Lucyna Drozdowska

REDAKTOR DZIAŁOWY
dr hab. inż. Jerzy Nowachowicz

OPINIODAWCY
prof. dr hab. Ryszard Cholewa
prof. dr hab. Teresa Żebrowska

OPRACOWANIE REDAKCYJNE I TECHNICZNE
mgr Dorota Ślachecki, Ewa Olawińska

© Copyright
Wydawnictwa Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej
Bydgoszcz 2006

ISSN 0209-0597

Wydawnictwa Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej
ul. Ks. A. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz, tel. (052) 3749482, 3749426
e-mail: wydawucz@atr.bydgoszcz.pl <http://www.ATR.bydgoszcz.pl/~wyd>

Wyd. I. Nakład 150 egz. Ark. aut. 5,95. Ark. druk. 6,75.
Oddano do druku i druk ukończono w maju 2006 r.
Zakład Poligraficzny Kubik & Krause S.J.
85-184 Bydgoszcz, ul. Cmentarna 84, tel. 3484-334

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	5
2. PRZEGLĄD PIŚMIENICTWA	9
2.1. CHARAKTERYSTYKA LISA POLARNEGO (<i>Alopex lagopus</i> L.).....	9
2.2. BUDOWA PRZEWODU POKARMOWEGO I TRAWIENIE BIAŁKA	10
2.2.1. Budowa żołądka i trawienie białka	11
2.2.2. Budowa jelita cienkiego i trawienie białka	11
2.2.3. Budowa jelita grubego i trawienie białka.....	13
2.3. ZAPOTRZEBOWANIE LISA POLARNEGO NA BIAŁKO I AMINOKWASY	15
2.3.1. Zapotrzebowanie na białko i aminokwasy w okresie rozrodu	16
2.3.2. Zapotrzebowanie na białko i aminokwasy w okresie laktacji.....	17
2.3.3. Zapotrzebowanie na białko i aminokwasy w okresie wzrostu młodzieży	17
2.4. ŹRÓDŁA BIAŁKA I AMINOKWASÓW DLA LISA POLARNEGO.....	18
2.4.1. Białka i aminokwasy mięsa.....	18
2.4.2. Białka i aminokwasy podrobów i odpadów pocho- dzenia zwierzęcego	20
2.4.3. Białko i aminokwasy mączek pochodzenia zwie- rzęcego	21
2.4.4. Białko i aminokwasy produktów nabiałowych i jaj.....	23
2.5. METODY OCENY WARTOŚCI POKARMOWEJ BIAŁKA I STRAWNOŚCI AMINOKWASÓW W PASZACH DLA LISA POLARNEGO	23
2.5.1. Metoda chemiczna oceny wartości pokarmowej białka	24
2.5.2. Metody bilansowe oceny wartości pokarmowej białka pasz	24
2.5.3. Metody badania strawności białka i aminokwasów	25
2.6. STRAWNOŚĆ JELITOWA I OGÓLNA BIAŁKA ORAZ AMINOKWASÓW U ŚWIŃ.....	26
2.7. STRAWNOŚĆ JELITOWA I OGÓLNA BIAŁKA ORAZ AMINOKWASÓW U DROBIU	27

2.8. STRAWNOŚĆ JELITOWA I OGÓLNA BIAŁKA ORAZ AMINOKWASÓW U PSÓW	28
2.9. STRAWNOŚĆ JELITOWA I OGÓLNA BIAŁKA ORAZ AMINOKWASÓW U LISÓW POLARNYCH I NOREK	29
3. CEL PRACY	31
4. MATERIAŁ I METODY	32
4.1. PASZE DOŚWIADCZALNE	32
4.2. DIETY DOŚWIADCZALNE	32
4.2.1. Przygotowanie diet.....	36
4.3. ZWIERZĘTA DOŚWIADCZALNE	37
4.3.1. Postępowanie ze zwierzętami w okresie przedopera- cyjnym	37
4.3.2. Technika wykonania zespołów jelitowo-rektalnych „koniec do końca”	40
4.3.3. Postępowanie ze zwierzętami w okresie poopera- cyjnym.....	45
4.4. UKŁAD BADAŃ I KOLEKCJA TREŚCI POKARMOWEJ	45
4.5. ANALIZY CHEMICZNE	48
4.6. OPRACOWANIE WYNIKÓW I ANALIZA STATYSTYCZNA	49
5. WYNIKI BADAŃ	51
5.1. SKŁAD CHEMICZNY I AMINOKWASOWY PASZ POCHODZENIA ZWIERZĘCEGO	51
5.2. SKŁAD CHEMICZNY I AMINOKWASOWY DIET DOŚWIADCZALNYCH	51
5.3. SKŁAD CHEMICZNY I AMINOKWASOWY TREŚCI JELITOWEJ	53
5.4. JELITOWA STRAWNOŚĆ POZORNA BIAŁKA I INNYCH SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH.....	59
5.5. JELITOWA STRAWNOŚĆ POZORNA AMINOKWASÓW	60
5.6. JELITOWA STRAWNOŚĆ RZECZYWISTA BIAŁKA I AMINOKWASÓW.....	62
6. DYSKUSJA	66
7. PODSUMOWANIE I WNIOSKI	76
PIŚMIENNICTWO	78
STRESZCZENIA	103

1. WSTĘP

Miarą powodzenia w hodowli lisów polarnych są korzystne wyniki rozrodu, prawidłowy wzrost i rozwój szceniąt oraz wykształcenie skór o najwyższej jakości zimowej okrywy włosowej. Gwarancją powodzenia jest żywienie zbilansowanymi paszami, pokrywającymi wysokie wymagania pokarmowe tych zwierząt w różnych okresach fizjologiczno-hodowlanych [Rimeslåtten 1976, NRC 1982, Sławoń 1987, Cholewa 1988, Hansen i wsp. 1991, Hansen 1992, Tauson i wsp. 1992, Tauson i Valtonen 1992, Jarosz 1993, 1994].

W żywieniu lisów polarnych w kraju do połowy lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku wykorzystywano głównie pasze o wysokiej wartości pokarmowej. Karmy przeznaczone dla stada reprodukcyjnego w okresie rozrodu, ciąży i laktacji zawierały pełnowartościowe białko mięsa różnych gatunków zwierząt i ryb, podroby wołowe, twaróg, mleko pełne, mleko w proszku i jaja [Herman 1986, Sławoń 1987, Cholewa 1988]. Dzięki wysokiej strawności białka i aminokwasów oraz znacznej zawartości związków biologicznie czynnych (witamin, mikroelementów, niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych – NNKT i in.) surowce te pokrywały zazwyczaj całkowicie wymagania żywieniowe lisów polarnych w poszczególnych okresach hodowlanych, a w szczególności w okresie rozrodu. Duża wartość biologiczna pasz zapewniała również wysoką odporność osobniczą, chroniącą stada rodzicielskie i rodzące się szcenięta przed zakażeniami mikrobiologicznymi, gwarantując tym samym osiągnięcie korzystnych wyników rozrodu i odchowu.

Pod koniec lat osiemdziesiątych i w początkowym okresie lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku wystąpił wyraźny kryzys w krajowej i zagranicznej hodowli tego gatunku. Był on głównie wynikiem ogólnoświatowej nadprodukcji skór zwierząt futerkowych oraz załamania się zdolności nabywczej Rosji, Korei Południowej, Japonii i Chin, czyli krajów tradycyjnie zaliczanych do najważniejszych odbiorców skór tych zwierząt. Spadek opłacalności produkcji skór lisów polarnych w kraju wpłynął drastycznie na zmniejszenie ilości ferm i radykalną zmianę bazy surowcowej, wykorzystywanej w żywieniu tego gatunku. Chów i hodowla lisów polarnych w Polsce stały się działalnością rentowną jedynie dla ferm produkujących duże ilości skór o najwyższej jakości futra, przy utrzymaniu szczególnie niskich nakładów na żywienie i techniczną obsługę produkcji.

Podstawowymi źródłami białka wykorzystywanymi w żywieniu lisów polarnych i innych gatunków mięsożernych zwierząt futerkowych stały się głównie surowce odpadowe, pozyskiwane z przemysłu mięsnego, rybnego i drobiowego. Surowce te cechuje często niska wartość pokarmowa, wynikająca z dużego udziału tkanki łącznej i popiołu, znacznej zmienności zawartości białka i tłuszczu, małej ilości lub braku różnych substancji biologicznie czynnych oraz

złej jakości mikrobiologicznej [Bieguszewski i wsp. 1989, 1991, Szymeczko i wsp. 1989, Lorek i wsp. 1991, Głowińska i Bieguszewski 1991, 1992, Sławoń 1991a, b, Niedźwiadek i wsp. 1996, Śmiełewska-Łoś i wsp. 1998, Kopczewski i wsp. 2003a, b].

Bilansowanie dawek pokarmowych dla lisów polarnych prowadzi się na podstawie ilości strawnych składników pokarmowych: białka, tłuszczu i węglowodanów i uzyskanej z nich energii metabolicznej (EM). W tak optymalizowanych karmach nie uwzględnia się jednak zawartości niezbędnych aminokwasów, składników mineralnych, witamin, NNKT. Nie ustala się również wzajemnych proporcji między tymi składnikami. Takie pasze z wyłącznym lub przeważającym udziałem surowców odpadowych pochodzenia zwierzęcego pokrywają jedynie wymagania żywieniowe zwierząt pod względem zawartości energii metabolicznej pochodzącej z podstawowych składników pokarmowych [Sławoń 1987, Cholewa 1988, Jarosz 1993, Gliński i Kostro 2002].

Wyniki produkcyjne dotyczące rozrodu, wyrostowości i jakości zimowej okrywy włosowej wskazują jednak, że tak zbilansowane karmy mogą być niepełnowartościowe pod względem zawartości różnych składników odżywczych, między innymi aminokwasów niezbędnych, w tym głównie aminokwasów zawierających siarkę – metioniny i cystyny. W świetle przeprowadzonych do tej pory badań ustalono bowiem, że aminokwasy siarkowe (głównie metionina) są pierwszymi aminokwasami ograniczającymi dla mięsożernych zwierząt futerkowych, niezbędnymi do utrzymania dobrego stanu zdrowia, prawidłowej reprodukcji, wzrostu i rozwoju szczeniąt oraz wykształcenia dobrej jakości zimowej okrywy włosowej [Skrede 1978a, Glem-Hansen 1980, 1982, 1990, 1992, Glem-Hansen i Hansen 1981, Børsting i Clausen 1996, Dahlman i wsp. 1996, 2002a, b, c, Clausen i wsp. 1998, Damgaard i wsp. 1998, Damgaard i Clausen 1999].

Długotrwałe żywienie lisów polarnych paszami o niskiej wartości biologicznej, z niedoborem niektórych aminokwasów egzogennych i innych niezbędnych składników pokarmowych może być przyczyną ich niepełnego rozwoju somatycznego i płciowego. Może również prowadzić, jak wykazano u zwierząt i ludzi, do upośledzenia systemu immunologicznego i obniżenia ogólnej odporności organizmu na różnego rodzaju zakażenia mikrobiologiczne [Beisel 1982, 1996, Chandra 1991, Fan i Chapkin 1998]. W końcowym efekcie nawarstwiająca się zjawiska powodowane takim żywieniem mogą również prowadzić do znacznego pogorszenia wyników hodowlanych, w szczególności zaś do potęgowania skutków niepowodzeń rozrodu tego gatunku mięsożernych zwierząt futerkowych [Śmiełewska-Łoś i Klimentowski 1996, Mizak i wsp. 1998, Śmiełewska-Łoś i wsp. 1998].

Znaczne niedobory białka w paszach fermowych dla tych zwierząt zaczęto uzupełniać wysokobiałkowymi mączkami pochodzenia zwierzęcego lub wyprodukowanymi na ich bazie koncentratami białkowymi dodawanymi w różnej ilości. Pomimo stosunkowo wysokiej, oznaczonej w całym przewodzie pokarmowym tych zwierząt, strawności białka w mączkach [Sławoń 1987], ich doda-

tek do świeżej karmy fermowej często nie wpływał na poprawę wyników hodowlanych. W wielu badaniach stwierdzono również niekorzystny wpływ dodatku drogich mączek zwierzęcych do diet na poziom hormonów tarczycy w surowicy krwi lisów polarnych [Rajs i wsp. 1999], strawność jelitową i ogólną białka oraz aminokwasów u nerek i lisów polarnych [Szymeczko i Skrede 1990, Szymeczko i wsp. 1992, 2005b, Szymeczko 2001], wskaźniki rozrodu, wzrost i rozwój szczeniąt oraz jakość zimowej okrywy włosowej [Dahlman i wsp. 1996, Kerminen-Hakkio i wsp. 2000, Zając i wsp. 2000].

W Katedrze Fizjologii Zwierząt ATR w Bydgoszczy od kilkunastu lat prowadzone są badania, których celem jest wyjaśnienie tych niekorzystnych zjawisk poprzez ocenę wpływu różnych pasz pochodzenia zwierzęcego na jelitową i ogólną strawność białka i aminokwasów u nerek oraz lisów polarnych. Wykonywano doświadczenia dotyczące przygotowania skomplikowanych metod: poubojowej, pojedynczych przetok jelita cienkiego i zespołów jelitowo-rektalnych, umożliwiających kolekcję treści pokarmowej z jelita cienkiego i innych odcinków przewodu pokarmowego nerek i lisów polarnych, a także badania strawnościowe w tym zakresie. Ich wyniki opublikowano w jedenastu pracach w krajowych i zagranicznych czasopismach naukowych [Szymeczko i Skrede 1990, 1991, Szymeczko i wsp. 1992, 1996, 2005a, b, Szymeczko i Podkówa 1994, Szymeczko i Burlikowska 1996, Szymeczko 2001, Burlikowska i wsp. 2003, Vhile i wsp. 2005]. Prace te zawierają dane dotyczące strawności składników pokarmowych w jelicie cienkim, różnych odcinkach przewodu pokarmowego i w całym układzie trawiennym nerek i lisów polarnych, utrzymywanych na dietach z udziałem białka pochodzącego z różnych źródeł, różnej zawartości włókna surowego, długości okresu wstępnego i właściwego w doświadczeniach strawnościowych. Oceniono również biodostępność ochratoksyny A z jelita cienkiego lisów polarnych żywionych paszami fermowymi o różnej zawartości pasz pochodzenia zwierzęcego.

Doświadczenia wykonane w ramach projektu badawczego nr 5P06E02618 „Analiza niepowodzeń w rozrodzie lisów polarnych w kraju na podstawie oceny ich żywienia”, obejmujące ocenę jakości pasz stosowanych w całorocznym utrzymaniu lisów reprodukcyjnych na podstawie badań ich składu chemicznego i mikrobiologicznego oraz oznaczenia jelitowej strawności suchej masy, energii, białka i aminokwasów, tłuszczu, kwasów tłuszczowych i L-karnityny, glukozy, skrobi, włókna surowego i jego frakcji oraz popiołu surowego i składników mineralnych pozwoliły wyjaśnić zasadniczą przyczynę zaburzeń rozrodu tych zwierząt.

Mimo upływu kilkunastu lat są to nadal jedyne prace dotyczące badań strawności jelitowej białka i aminokwasów oraz innych składników pokarmowych do końca jelita cienkiego nerek, a zwłaszcza lisów polarnych.

Niniejsza praca składa się z obszernego przeglądu piśmiennictwa związanego z prezentowaną tematyką badawczą oraz części doświadczalnej, w której przedstawiono szczegółowy opis metody chirurgicznego wykonania zespołów

jelitowo-rektalnych techniką „koniec do końca” i pozostałych metod badawczych, jakimi się posługiwano. Zawiera wyłącznie wyniki badań własnych, dotyczących oznaczenia strawności pozornej i rzeczywistej białka i aminokwasów do końca jelita cienkiego lisów polarnych żywionych dietami z udziałem różnych mączek pochodzenia zwierzęcego. Wyniki tej pracy, omówione na tle badań przeprowadzonych na lisach i innych gatunkach zwierząt monogastrycznych, uzupełniają dotychczasową, bardzo skromną wiedzę z fizjologii trawienia białka i wchłaniania aminokwasów w jelicie cienkim lisów polarnych i innych gatunków zwierząt mięsożernych.

2. PRZEGLĄD PIŚMIENICTWA

2.1. CHARAKTERYSTYKA LISA POLARNEGO (*Alopex lagopus* L.)

Lis polarny (*Alopex lagopus*), zwany też często lisem arktycznym, piesakiem, pieścem lub polnolisem, należy do gromady ssaków (*Mammalia*), rzędu drapieżnych (*Carnivora*), rodziny psowatych (*Canidae*), rodzaju *Alopex* i gatunku *lagopus*. W stanie dzikim lisy arktyczne zamieszkują strefę tundry arktycznej stałego lądu półkuli północnej: Ameryki, Europy i Azji, wyspy strefy polarnej: Grenlandię, Islandię, Svalbard, Ziemię Franciszka, Jana Mayena i in. oraz położone ponad górną granicą lasu górzyste rejony Skandynawii (szczególnie często na jej wybrzeżach). W poszukiwaniu pożywienia zwierzęta te wędrują zimą daleko na południe, a latem pokonują setki kilometrów na północ i osiągają niekiedy obszary znajdujące się w odległości mniejszej niż 60 km od Bieguna Północnego. Stwierdzono również, że w jednym sezonie są zdolne do wędrówek przekraczających często dystans 1000 km. W naturze występują dwie barwne odmiany lisa polarnego: biała i niebieska. Osobniki należące do odmiany białej mają brązową barwę futra w lecie i białą w zimie. U lisów należących do odmiany niebieskiej futra letnie są ciemnoniebieskoszare, a zimowe jasnoniebieskoszare. W stanie dzikim dominuje lis biały i stanowi w przybliżeniu 97% populacji lisów polarnych. W warunkach hodowli fermowej liczniejszy jest natomiast typ niebieski. Pochodzi on od niebieskiego lisa arktycznego odłowionego ponad 80 lat temu na Grenlandii, Islandii, Alasce i Svalbard [Chesemore 1968, Herman 1986, Nes i wsp. 1987, Cholewa 1988, Hersteinsson 1989, Jarosz 1993, Rajski 1997].

W warunkach naturalnych głównymi składnikami pożywienia lisów polarnych są owady i ich larwy, małe gryzonie (głównie lemingi i nornice), ptaki, ich jaja oraz pisklęta, zające i króliki polarne, ryby, ciała, wnętrzności i kości padłych oraz upolowanych zwierząt, wielorybów, fok i dużych ryb, a także pomiot niedźwiedzi i reniferów. Znacznie rzadziej dietę zwierzęcą uzupełniają natomiast różne gatunki wodorostów, jagód i ziół. W związku z tym dieta pozostających w stanie dzikim lisów arktycznych składa się przede wszystkim z białek i tłuszczów pochodzenia zwierzęcego. Zupełny brak lub znikomy jest natomiast w niej udział pasz roślinnych [Chesemore 1968, Herman 1986, Cholewa 1988, Prestrud 1992, Frafjord 1993, Jarosz 1993, Kaikusalo i Angerbjörn 1995, Hersteinsson i Macdonald 1996, Rajski 1997].

W utrzymaniu fermowym w karmie przeznaczonej dla lisów polarnych, oprócz wysokiej koncentracji energii metabolicznej pochodzącej z białek i tłuszczów zwierzęcych, znajdują się znaczne ilości węglowodanów z różnych

zbóż i innych źródeł roślinnych. Zgodnie z przyjętymi zaleceniami żywieniowymi dieta dla niebieskich lisów hodowlanych może zawierać aż do 35% energii metabolicznej pochodzącej z węglowodanów [NRC 1982, Sławoń 1987, Cholewa 1988, Hansen i wsp. 1991, Hansen 1992, Jarosz 1993, 1994, Gliński i Kostro 2002].

2.2. BUDOWA PRZEWODU POKARMOWEGO I TRAWIENIE BIAŁKA

Przewód pokarmowy lisa polarnego jest przystosowany do trawienia pasz pochodzenia zwierzęcego o wysokiej zawartości białka i tłuszczu [Cholewa 1988, Jarosz 1993, Ahlstrøm i Skrede 1998, Ahlstrøm i wsp. 2003]. W budowie jest bardzo zbliżony do przewodu pokarmowego psa [Akajewski 1997, Ahlstrøm i Skrede 1998, Krysiak i Świeżyński 2001]. Jest więc układem stosunkowo prostym, o małej pojemności i znacznie krótszym w porównaniu z przewodem pokarmowym ptaków, zwierząt wszystkożernych i roślinożernych. Bogaty w składniki odżywcze pokarm mięsny nie wymaga bowiem tak skomplikowanych procesów trawienia jak mieszany lub pochodzenia roślinnego. Istnieje ścisła współzależność między rodzajem diety naturalnej a długością jelit i czasem pasażu treści pokarmowej [Stevens i Hume 1998, Krysiak i Świeżyński 2001]. Stosunek długości jelit do długości ciała wskazuje, że u zwierząt mięsożernych jelita i czas pasażu treści pokarmowej są krótsze niż u ptaków, zwierząt wszystkożernych i roślinożernych. U lisa polarnego, psa, norki, wilka i kota wynosi on 3-5:1, u kury 6:1, świni 15:1 i owcy 25:1 [Kainer 1954, Sławiński i wsp. 1962a, b, Charlet-Lery i wsp. 1981, Sławoń 1987, Cholewa 1988, Szymeczko i Skrede 1990, Faulkner i wsp. 1991, Langenfeld 1992, Szymeczko i wsp. 1992, Jarosz 1993, 1996, Larbier i Leclercq 1995, Stevens i Hume 1998, Krysiak i Świeżyński 2001, Szymeczko 2001].

Przewód pokarmowy zwierząt mięsożernych, w tym lisa polarnego, zbudowany jest z jamy ustnej, w której znajdują się zęby, o wzorze uzębienia stałego

$$\frac{J3. C1. P4. M2}{J3. C1. P4. M3}$$

$$J3. C1. P4. M3$$

przystosowane do chwytania zdobyczy i rozrywania pokarmu mięsnego na kawałki, przełyku, żołądka gruczołowego, jelita cienkiego (dwunastnicy, jelita czczego, jelita krętego), jelita grubego (jelita ślepego, okrężnicy, jelita prostego) i kanału odbyтового [Herman 1986, Jarosz 1996, Akajewski 1997, Krysiak i Świeżyński 2001].

2.2.1. Budowa żołądka i trawienie białka

Trawienie białka paszy rozpoczyna się w żołądku, który pod względem strukturalnym różni się u poszczególnych gatunków zwierząt monogastrycznych i ptaków. U psa, lisa polarnego i innych gatunków zwierząt mięsożernych występuje żołądek jednokomorowy prosty, u świni jednokomorowy złożony, a u ptaków dwuoddziałowy żołądek gruczołowo-mechaniczny [Langenfeld 1992, Larbier i Leclercq 1995, Jarosz 1996, Akajewski 1997, Krysiak i Świeżyński 2001]. W porównaniu z żołądkiem innych gatunków zwierząt monogastrycznych i ptaków żołądek zwierząt mięsożernych jest narządem dużym w stosunku do wielkości ciała. Jego pojemność u psa dominuje wyraźnie nad pojemnością jelit, co wyrażone liczbowo wynosi 1:0,7-1:0,5 [Krysiak i Świeżyński 2001]. W żołądku białko pokarmu trawione jest pod wpływem kwasu solnego i pepsyny do długołańcuchowych związków polipeptydowych, przy czym możliwe jest również uwalnianie oligopeptydów i pojedynczych aminokwasów [Gitler 1964, Żebrowska 1971, Rymarz 1976, Asche i wsp. 1989a, b, Jarosz 1993, 1996, Makkink i wsp. 1994, Krzymowski 1998, Krehbiel i Matthews 2003]. W badaniach własnych stwierdzono stosunkowo wysoką, zależną od rodzaju białka diety i czasu jej trawienia strawność pozorną białka i aminokwasów w żołądku dorosłych nerek [Szymeczko i Skrede 1990]. W kwaśnej treści żołądka lisów polarnych (pH = 4,2) wykazano również efektywny proces trawienia białek dorsza i wołowiny (33,9%), prowadzący do znacznego uwolnienia pojedynczych aminokwasów. Najwyższe współczynniki strawności pozornej uzyskano dla fenyloalaniny – 34,2%, tyrozyny – 33,5% i leucyny – 32,6% [Szymeczko i Burlikowska 1996], a więc dla aminokwasów, których wiązania peptydowe z innymi aminokwasami są najskuteczniej atakowane przez pepsynę [Krehbiel i Matthews 2003]. Powstające w wyniku proteolizy żołądkowej peptydy i aminokwasy są ważnymi bodźcami do uwalniania hormonów stymulujących wydzielanie enzymów trzustkowych do światła dwunastnicy [Guan i Green 1996, Krehbiel i Matthews 2003].

2.2.2. Budowa jelita cienkiego i trawienie białka

Mieszanina produktów proteolitycznego działania pepsyn kwaśnego soku żołądkowego jest dalej ewakuowana małymi porcjami poprzez zwieracz odźwiernika żołądka do dwunastnicy i dalszych odcinków jelita cienkiego, którego długość jest różna u różnych gatunków zwierząt. Długość jelita cienkiego u lisa polarnego wynosi 1,77-2,07 m, psa – 2,0-5,7 m, norki – 1,59 m, kota – 1,0-1,8 m, kury – 1,33-1,66 m, świni – 20,0-27,0 m i owcy – 22,0-43,0 m [Szymeczko i Skrede 1990, 1991, Langenfeld 1992, Szymeczko i wsp. 1992, Larbier i Leclercq 1995, Szymeczko i Burlikowska 1996, Krysiak i Świeżyński 2001]. U zwierząt mięsożernych, podobnie jak u innych gatunków zwierząt monogastrycznych, jelito czcze jest najdłuższe, natomiast dwunastnica i jelito biodrowe są krótsze [Krysiak i Świeżyński 2001]. Przechodząca do światła dwunastnicy kwaśna zawartość żołądka jest neutralizowana sekrecją zasadowego soku trzustkowego i zasadowej żółci. Przesunięcie pH treści pokarmowej w kierunku

zasadowym jest niezbędne do zachowania aktywności enzymów trzustkowych i jelitowych oraz do inaktywacji pepsyny [Gitler 1964, Shlygin 1977, Murray i wsp. 1998a]. Osiągające dwunastnicę produkty proteolizy żołądkowej, tj. zdenurowane białka, polipeptydy i peptydy, są hydrolizowane pod wpływem enzymów trzustkowych: trypsyny, chymotrypsyny, elastazy i karboksypeptydazy A i B oraz małych proteaz jelitowych – do oligopeptydów zawierających sześć lub mniej reszt aminokwasowych i wolnych aminokwasów [Gitler 1964, Matthews 1972, Konturek 1976, Shlygin 1977, Silk i wsp. 1985, Krzymowski 1998, Krehbiel i Matthews 2003]. Produkty trawienia trzustkowego i jelitowego, tj. wolne aminokwasy oraz większość di- i tripeptydów, są efektywnie wchłaniane na drodze aktywnego transportu przez enterocyty jelita cienkiego [Gitler 1964, Matthews 1972, Silk i wsp. 1985, Krzymowski 1998, Murray i wsp. 1998a, Traczyk 1999, Krehbiel i Matthews 2003].

W dwunastnicy i początkowym odcinku jelita czczego nerek i lisów polarnych żywionych dietami z udziałem różnych źródeł białka stwierdzono wzrost pH treści i ujemne wartości współczynników pozornej strawności białka i aminokwasów [Szymeczko i Skrede 1990, Szymeczko i Burlikowska 1996]. Było to zapewne wynikiem znacznego udziału białka endogennego w treści, podobnie jak wykazano u szczurów i psów [Nasset 1965, Ochoa-Solano i Gitler 1968], kurcząt [Rymarz 1976, Bielora i wsp. 1977] i świń [Żebrowska i Buraczewska 1972a, b, Horszczaruk i wsp. 1974, Buraczewska i wsp. 1975a, Buraczewska 1979, Low 1979, Leibholz 1982, Asche i wsp. 1989a, b, Schadereit i wsp. 1995, Grala i wsp. 1998a]. Białko endogenne treści wypływającej z początkowego odcinka jelita cienkiego lisów polarnych po diecie bezbiałkowej cechowała duża zawartość kwasu: glutaminowego, asparaginowego i leucyny, a ilość cystyny była większa od zawartości tego aminokwasu oznaczonego w treści po dietach białkowych [Szymeczko i Skrede 1991].

Konturek [1976] podaje, że największą aktywność proteolityczną wykazuje jelito czcze, mniejszą dwunastnica, a najmniejszą jelito kręte. Zdaniem cytowanego autora w jelicie czczym proces trawienia białka przebiega najintensywniej, a uwalniane pod wpływem wspólnego działania proteaz trzustkowych i jelitowych aminokwasy są również szybko wchłaniane. Doświadczenia na różnych gatunkach zwierząt wykazały, że środkowa część jelita cienkiego jest miejscem bardzo intensywnej proteolizy białka i wchłaniania aminokwasów [Żebrowska i wsp. 1975, Buraczewska i wsp. 1975b, Rymarz 1976, Bielora i wsp. 1977, Leibholz 1982, Silk i wsp. 1985, Grala i wsp. 1998a]. U lisów polarnych żywionych dietą z udziałem białek dorsza i wołowiny stwierdzono wzrost pH i zawartości suchej masy oraz stopniowy spadek poziomu azotu w treści pokarmowej pobranej z trzech równej długości odcinków (ok. 63 cm) jelita cienkiego: początkowego (dwunastnicy, początku jelita czczego), środkowego (środkowej części jelita czczego) i końcowego (końca jelita czczego, jelita krętego). Pozorna strawność białka oznaczona w wymienionych odcinkach jelita cienkiego tych zwierząt wynosiła odpowiednio: -0,5; 80,2 i 93,3%, argini-

ny: 63,3; 67,0 i 85,1%, fenyloalaniny: -9,6; 76,0 i 89,6%, histydyny: -2,6; 79,1 i 90,4%, lizyny: 17,3; 80,1 i 93,3%, metioniny: -2,2; 84,6 i 93,7%, treoniny: 0,4; 72,2 i 89,5%, waliny: -6,8; 74,4 i 91,0% i kwasu glutaminowego: 21,5; 77,1 i 93,5%. Przedstawione wyniki wskazują wyraźnie, że miejscem najintensywniej przebiegającego procesu trawienia białka i wchłaniania aminokwasów, podobnie jak u innych gatunków zwierząt, był środkowy odcinek jelita cienkiego lisów polarnych [Szymeczko i Burlikowska 1996]. W jelicie cienkim norek stwierdzono zblizony, zależny od rodzaju białka i czasu hydrolizy, kierunek zmian dotyczący strawności białka i wchłaniania aminokwasów [Szymeczko i Skrede 1990].

2.2.3. Budowa jelita grubego i trawienie białka

Zawartość jelita cienkiego z niestrawionym białkiem i peptydami oraz wolnymi aminokwasami pochodzenia egzo- i endogennego przechodzi do jelita grubego, składającego się z jelita ślepego, okrężnicy i prostnicy [Krysiak i Świeżyński 2001], a u ptaków z parzystych jelit ślepych i jelita końcowego, będącego odpowiednikiem prostnicy u ssaków [Langenfeld 1992, Larbier i Leclercq 1995]. Długość okrężnicy wraz z prostnicą oraz jelita ślepego wynosi odpowiednio: u lisa polarnego 0,2-0,3 i 0,08-0,12 m, psa – 0,2-0,6 i 0,08-0,3 m, kota – 0,2-0,4 i 0,02-0,04 m, norki (brak jelita ślepego) ok. 0,1 m, świni – 3,0-5,8 i 0,3-0,4 m i owcy – 3,5-7,5 i 0,25-0,42 m [Sławiński 1962a, b, Szymeczko i Skrede 1990, 1991, Szymeczko i wsp. 1992, Szymeczko i Burlikowska 1996, Akajewski 1997, Krysiak i Świeżyński 2001]. U kury jelito końcowe (prostnica) i jelita ślepe mają wymiary od 0,06 do 0,08 m i od 0,08 do 0,25 m [Langenfeld 1992, Larbier i Leclercq 1995]. W porównaniu z mocno rozbudowanym, o dużej pojemności jelitem grubym u zwierząt gospodarskich jelito grube zwierząt mięsożernych jest odcinkiem przewodu pokarmowego o małej pojemności i prostej, nieznacznie różniącej się od jelita cienkiego budowie [Akajewski 1977, Krysiak i Świeżyński 2001]. Pojemność jelita grubego stanowi bowiem 14% pojemności całego przewodu pokarmowego u psa, 17% u człowieka, 48% u świni i 61% u szczura [van Soest 1995]. Jelito grube zwierząt mięsożernych (psa, kota), podobnie jak człowieka, świni, ptaków i innych zwierząt, zawiera obfitą florę bakteryjną, liczącą od 10^7 do 10^{12} bakterii w 1 g treści, których ilość i skład zależy od wieku zwierząt i spożywanej przez nie diety [Smith 1965, Konturek 1976, Balish i wsp. 1977, Davis i wsp. 1977, Savage 1977, Terada i wsp. 1992, Gibbson i Roberfroid 1995, Larbier i Leclercq 1995, Campbell i wsp. 1997, Buddington i Paulsen 1998, Buddington i Sunvold 1998, Kearns i wsp. 1998, Stevens i Hume 1998, Le Blay i wsp. 1999, Bueno i wsp. 2000, Flickinger i wsp. 2000, Grieshop i wsp. 2002, Swanson i wsp. 2002, Xu i wsp. 2003].

Niestrawione w jelicie cienkim endo- i egzogenne składniki azotowe przesuwane są do jelita ślepego i okrężnicy. Pod wpływem bytującej w jelicie grubym mikroflory białka, peptydy i aminokwasy – w procesie bakteryjnej proteo-

lizy i dezaminacji – rozkładane są głównie do amoniaku, wchłanianego do krwi i wydalanego w moczu w postaci mocznika, wpływając tym samym na zwiększenie ogólnej strawności białka i aminokwasów w całym przewodzie pokarmowym zwierząt [Żebrowska 1973b, 1975, Żebrowska i wsp. 1978b, 1982, Buraczewski 1980, Drochner i Meyer 1991, Williams 1995, Stevens i Hume 1998, Tabeling i wsp. 1999]. Różnice pomiędzy strawnością białka i aminokwasów, oznaczoną do końca jelita cienkiego i w całym przewodzie pokarmowym, zależą od rodzaju diety oraz źródła i poziomu zawartego w niej białka. Uogólniając można stwierdzić, że im więcej niestrawionego białka osiąga jelito grube, tym więcej zostanie rozłożone przez bakterie i tym większe będą różnice między strawnością oznaczoną do końca jelita cienkiego i w całym przewodzie pokarmowym [Mason i wsp. 1976, Buraczewski 1980, Żebrowska i wsp. 1982, Sauer i Ozimek 1986, Knabe i wsp. 1989, Williams 1995, Makkink i wsp. 1997, Szymeczko 2001].

W treści jelita ślepego lisów polarnych trzy godziny po karmieniu dietą z udziałem białka z dorsza i wołowiny stwierdzono wzrost zawartości suchej masy o 2,2% i azotu o 2,4% w stosunku do zawartości tych składników oznaczonych w treści z końcowego odcinka jelita cienkiego. Większa zawartość azotu w jelicie ślepym wskazuje na niższe o kilka jednostek procentowych (5 do 7) współczynniki strawności azotu i poszczególnych aminokwasów. Największe różnice stwierdzono dla fenyloalaniny, waliny, tyrozyny, alaniny, treoniny, izoleucyny i seryny [Szymeczko i Burlikowska 1996]. Duża zawartość fenyloalaniny, waliny, tyrozyny, izoleucyny i leucyny świadczy o znacznym udziale w treści białka bakteryjnego [Mason i wsp. 1976, Low 1979, Żebrowska i wsp. 1982, Dugan i wsp. 1994], a wysoki poziom treoniny, seryny i alaniny jest charakterystyczny dla białka pochodzenia endogennego, w tym dla białka mączyn [Żebrowska i Buraczewska 1972b, Żebrowska i wsp. 1978a, Buraczewska 1979, Forstner i Forstner 1986, Szymeczko i Skrede 1990, Lien i wsp. 1997, Paszkiewicz-Gadek i Piotrowska 2000].

W treści okrężnicy i prostnicy lisów polarnych wykazano wyższą o 3,3% zawartość suchej masy w porównaniu z treścią z końcowego odcinka jelita cienkiego. Stwierdzony natomiast nieznacznie wyższy poziom azotu w treści jelita grubego wyjaśnia mniejsze (od 0,4 do 3,7 jednostek procentowych) wartości współczynników pozornej strawności dla większości aminokwasów. Największe różnice pomiędzy strawnością jelitową i ogólną wykazano dla aminokwasów wchodzących zarówno w skład białka bakteryjnego (tyrozyny, waliny, leucyny, fenyloalaniny i izoleucyny), jak i dla aminokwasów charakterystycznych dla białka endogennego, zawierającego dużo treoniny, alaniny i seryny [Żebrowska i Buraczewska 1972b, Żebrowska i wsp. 1978a, 1982, Low 1979, Forstner i Forstner 1986, Szymeczko i Skrede 1990, Dugan i wsp. 1994, Lien i wsp. 1997, Paszkiewicz-Gadek i Piotrowska 2000].

Przedstawione wyniki wskazują, że w jelicie ślepym lisów polarnych żywionych dietą zawierającą białko dorsza i wołowiny oraz łatwo strawne węglowo-

dany (skrobię kukurydzianą) rozkładane są (w procesie proteolizy i dezaminacji mikrobiologicznej) głównie białka endogenne i bakteryjne oraz nieznaczna ilość niestrawionych do końca jelita biodrowego białek paszy [Szymeczko i Burlikowska 1996]. Uwalniane w wyniku tych procesów azot i aminokwasy są prawdopodobnie wykorzystywane do syntezy białka bakterii. Świadczyć może o tym zarówno wysoki poziom azotu, jak i duża ilość aminokwasów, charakterystycznych dla białka bakteryjnego. Dalsza degradacja bakteryjna niezhydrolizowanych białek zachodzi u lisów w okrężnicy, a uwalniany w jej wyniku azot, podobnie jak to wykazano w badaniach na świniach, jest wchłaniany do krwi w postaci innej niż aminokwasowa i wydalany w moczu, głównie w postaci mocznika [Żebrowska 1973b, 1975, Żebrowska i wsp. 1978a, b, 1982].

Ważną funkcją fizjologiczną jelita grubego jest wchłanianie wody i elektrolitów, rozpoczęte w jelicie cienkim [Konturek 1976, Krzymowski 1998, Traczyk 1999]. Zdecydowanie większa niż w treści jelita cienkiego zawartość suchej masy w wydalonym kale wskazuje również na intensywny proces wchłaniania wody z jelita grubego lisów polarnych [Szymeczko i Skrede 1991, Szymeczko i Burlikowska 1996]. W kale tych zwierząt otrzymujących dietę z udziałem mięsa z dorsza i wołowiny stwierdzono nieznacznie wyższy poziom azotu niż w treści z końcowego odcinka jelita cienkiego [Szymeczko i Burlikowska 1996, Szymeczko 2001].

Wyniki przedstawionych badań wykazały, że w przypadku białek o wysokiej wartości pokarmowej różnice pomiędzy strawnością azotu i aminokwasów, oznaczoną w ostatnim odcinku jelita cienkiego i całym przewodzie pokarmowym lisów polarnych i norek, są nieznaczne [Szymeczko i Skrede 1990, Szymeczko i Burlikowska 1996, Szymeczko 2001]. Białko i aminokwasy o niskiej strawności pozornej w jelicie cienkim są natomiast w wysokim stopniu trawione w jelicie grubym lisów polarnych, a różnice między strawnością jelitową i ogólną azotu oraz aminokwasów wynoszą od 13 do 21 jednostek procentowych [Szymeczko i wsp. 1992, Szymeczko 2001].

2.3. ZAPOTRZEBOWANIE LISA POLARNEGO NA BIAŁKO I AMINOKWASY

Wymagania pokarmowe zwierząt na białko odnoszą się w rzeczywistości do określenia zapotrzebowania na zawarte w nim aminokwasy niezbędne [Sławoń 1987, Stryer 1998]. Dla wielu gatunków zwierząt hodowlanych zalecenia dotyczące zawartości białka w paszy zmierzają w kierunku ustalenia tzw. idealnego profilu białka, o optymalnym stosunku ilościowym aminokwasów niezbędnych, pokrywającego potrzeby bytowe i produkcyjne organizmu [Boisen i wsp. 2000]. Organizm zwierzęcy nie ma zdolności syntezy aminokwasów niezbędnych i z tego powodu muszą być one dostarczone w pokarmie. Wśród aminokwasów niezbędnych wyróżnia się aminokwasy ograniczające, o najniższej zawartości w

paszy w stosunku do ilości wymaganej do biosyntezy białek w organizmie, które zmniejszają wykorzystanie innych aminokwasów. Pierwszymi aminokwasami ograniczającymi dla lisów polarnych są zawierające siarkę: metionina i cystyna [Sławoń 1987, Työppönen i wsp. 1987, Cholewa 1988, Einarsson i Skrede 1989, Hansen i wsp. 1991, Jarosz 1993, 1994, Gliński i Kostro 2002].

Wielkość zapotrzebowania lisów polarnych na białko określa się głównie za pomocą procentowego udziału energii metabolicznej (EM) pochodzącej z białka strawnego diety w ogólnej koncentracji EM w dawce pokarmowej [NRC 1982, Sławoń 1987, Cholewa 1988, Hansen i wsp. 1991, Hansen 1992, Jarosz 1993, 1994, Gliński i Kostro 2002]. Zawartość EM w paszach dla mięsożernych zwierząt futerkowych wylicza się przyjmując, że 1 g strawnych składników pokarmowych: białka, tłuszczu i węglowodanów dostarcza odpowiednio 18,8 kJ (4,5 kcal), 39,8 kJ (9,5 kcal) i 17,6 kJ (4,2 kcal) energii metabolicznej [Hansen i wsp. 1991, Hansen 1992]. Dotychczasowa wiedza dotycząca określenia zapotrzebowania na białko rosnących i dorosłych lisów polarnych jest bardzo skromna i w rzeczywistości ogranicza się do nielicznych badań określających minimalny poziom tego składnika w paszy [Rimeslåtten 1976, Sławoń 1987, Dahlman i Blomstedt 2000, Dahlman i wsp. 2002b, c].

2.3.1. Zapotrzebowanie na białko i aminokwasy w okresie rozrodu

Niewiele jest danych doświadczalnych dotyczących zapotrzebowania na białko dorosłych lisów polarnych w okresie rozrodu (przygotowania do rozrodu, krycia, ciąży) i odnoszą się one praktycznie do badań przeprowadzonych w latach 1962-1974 przez Rimeslåttena [1976]. Autor ten nie wykazał istotnego wpływu stosowania w okresie rozrodu pasz zawierających 25 do 40% EM z białka na występowanie rui i przebieg ciąży u samic tego gatunku. U lisic utrzymywanych na dietach z niższym niż 31-32% EM poziomem białka odnotowano jednak nie potwierdzoną statystycznie tendencję do zmniejszania się liczebności miotów. Na podstawie uzyskanych wyników autor sugeruje więc, że poziom EM z białka w paszach wykorzystywanych w utrzymaniu lisów reprodukcyjnych w okresie od grudnia do wykotów nie może być niższy niż 30%, przy równoczesnym 25-30% udziale EM z tłuszczu. Od początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku w krajach skandynawskich zaleca się stosowanie w okresie przygotowania do sezonu reprodukcyjnego, rozrodu i ciąży pasz, w których zawartość białka nie może być niższa od 35% EM [Hansen i wsp. 1991, Hansen 1992]. W czasie trwającej 52-54 dni ciąży samice lisów polarnych powinny być żywione karmą o wysokiej wartości pokarmowej, gwarantującej normalny rozwój płodów oraz zgromadzenie w organizmie niezbędnych zapasów na okres laktacji [Sławoń 1987, Cholewa 1988, Jarosz 1993, Gliński i Kostro 2002]. W Polsce dla lisów pozostających w okresie rozrodu zalecany jest znacznie wyższy poziom białka w karmie, który w zależności od wartości biologicznej powinien wynosić od 40 do 50% EM dawki pokarmowej [Sławoń 1987, Jarosz 1993, 1994]. Poziom aminokwasów ograniczających –

metioniny i cystyny oraz zawartość tryptofanu powinny być utrzymane odpowiednio na poziomie 0,70 i 0,21 g·MJ⁻¹ EM [Jarosz 1994].

2.3.2. Zapotrzebowanie na białko i aminokwasy w okresie laktacji

W okresie laktacji zapotrzebowanie na białko samic odchowujących młode jest nieznacznie większe niż w okresie ciąży [Rimeslåtten 1976, Hansen i wsp. 1991]. Zdecydowanie jednak rośnie na energię i pozostałe składniki odżywcze, niezbędne do wydzielenia odpowiedniej ilości mleka. Wzrasta ono proporcjonalnie w stosunku do liczby szczeniąt oraz postępującego przyrostu masy ciała [NRC 1982, Sławoń 1987, Cholewa 1988, Hansen i wsp. 1991, Jarosz 1993]. Możliwe jest podawanie w tym czasie od 35 do 37% EM z białka w diecie, przy równoczesnym zapewnieniu wysokiej koncentracji energii z tłuszczu [Rimeslåtten 1976, Hansen i wsp. 1991, Hansen 1992]. W badaniach Rimeslåttena [1976] niższy od 30% EM poziom białka w paszy był przyczyną mniejszych przyrostów masy ciała u osesków. W kraju zalecane są w okresie laktacji dawki pokarmowe z podobnym do okresu rozrodu poziomem białka (40-50% EM), z wyższą koncentracją tłuszczu i z mniejszym udziałem węglowodanów. W paszach tych zawartość metioniny i cystyny oraz zawartość tryptofanu powinna wynosić odpowiednio 0,70 i 0,21 g·MJ⁻¹ EM [Sławoń 1987, Cholewa 1988, Jarosz 1993, 1994].

2.3.3. Zapotrzebowanie na białko i aminokwasy w okresie wzrostu młodzięży

Zapotrzebowanie rosnących lisów polarnych na białko zależy głównie od fazy ich wzrostu [NRC 1982]. W okresie intensywnego wzrostu – od 7. do 16. tygodnia życia – zaleca się żywienie karmą skondensowaną, zawierającą 35% EM z białka o wysokiej koncentracji energii i innych składników odżywczych niezbędnych do prawidłowego wzrostu i rozwoju młodych [Rimeslåtten 1976, Sławoń 1987]. Niższy od 28-30% EM udział białka strawnego w paszy zapewniał uzyskanie normalnej masy ciała szczeniąt, lecz powodował skrócenie długości ich tułowia [Rimeslåtten 1976]. Od 16. tygodnia do uboju, czyli w późnym okresie wzrostu i kształtowania zimowej okrywy włosowej, minimalna zawartość białka w paszy może wynosić 25-30% EM, pod warunkiem, że jest to białko pełnowartościowe, a zestaw dawki pokarmowej zapewnia wysoką koncentrację energii z tłuszczu [Rimeslåtten 1976, NRC 1982, Sławoń 1987]. Rimeslåtten [1976] zalecał w tym okresie 25% EM pochodzącej z białka. Wykazał również, że poziom białka strawnego w diecie, mieszczący się w zakresie od 26 do 38% EM, nie miał istotnego wpływu na rozwój futra i jakość zimowej okrywy włosowej. W krajach skandynawskich od 7. tygodnia życia do uboju lisów polarnych zaleca się stosowanie pasz o zawartości białka od 28% EM (w okresie szybkiego wzrostu) do 26% EM (w okresie kształtowania zimowej okrywy włosowej) i wysokim, dochodzącym do 55% poziomem EM z tłuszczu

[Hansen i wsp. 1991, Hansen 1992]. Najnowsze badania Dahlman i Blomstedt [2000] oraz Dahlman i wsp. [2002b, c] nie ujawniły statystycznie potwierdzonych różnic między końcową masą ciała, jakością skór i jakością zimowej okrywy włosowej lisów polarnych żywionych dietami, w których zawartość białka wynosiła 22,5 i 30,0% EM dawki. Autorzy tych badań sugerują więc możliwość dalszego obniżenia poziomu białka w paszy do 21-22% EM w stosunku do poziomu zalecanego przez Hansena i wsp. [1991]. W warunkach krajowych zaleca się żywienie rosnących lisów polarnych paszami z większym udziałem białka zarówno w okresie szybkiego (33-40% EM), jak i spowolnionego wzrostu i kształtowania zimowej okrywy włosowej (28-35% EM). Zawartość metioniny i cystyny oraz tryptofanu w tych paszach powinna być utrzymana na poziomie 0,60-0,70 g i 0,17-0,14 g·MJ⁻¹ EM [Sławoń 1987, Cholewa 1988, Jarosz 1993, 1994].

2.4. ŹRÓDŁA BIAŁKA I AMINOKWASÓW DLA LISA POLARNEGO

Podstawowymi źródłami białka i aminokwasów wykorzystywanymi w żywieniu lisa polarnego są pasze pochodzenia zwierzęcego, do których należą: mięso, podroby i odpady rzeźniane, odpady drobiowe i rybne, mączki zwierzęce oraz produkty mleczne i jajczarskie [Herman 1986, Sławoń 1987, Cholewa 1988, Jarosz 1993, 1994, Gliński i Kostro 2002].

2.4.1. Białka i aminokwasy mięsa

Najcenniejszym źródłem białka i aminokwasów niezbędnych dla mięsożernych zwierząt futerkowych jest mięso dużych zwierząt rzeźnych, drobiu i ryb (tab. 1). Mimo stosunkowo niedużej zawartości tryptofanu oraz metioniny i cystyny, aminokwasów ograniczających dla norek i lisów [Skrede 1978a, Glem-Hansen 1980, 1982, 1990, 1992, Glem-Hansen i Hansen 1981, Työppönen i wsp. 1987, Børsting i Clausen 1996, Dahlman i wsp. 1996, 2002a, b, c, Clausen i wsp. 1998, Damgaard i wsp. 1998, Damgaard i Clausen 1999], mięso, ze względu na ilość i wzajemne proporcje aminokwasów niezbędnych oraz wysoki stopień uwalniania i wchłaniania aminokwasów (wysoką strawność białek mięsa) podczas procesów trawienia w przewodzie pokarmowym zwierząt mięsożernych [Skrede 1979b, Szymeczko i Skrede 1990, Szymeczko i wsp. 1992, Szymeczko i Burlikowska 1996, Szymeczko 2001], należy zaliczyć do produktów o wysokiej wartości biologicznej białka [Gawęcki 1998]. Wartość odżywczą białek tkanki mięśniowej dla mięsożernych zwierząt futerkowych podnosi duża zawartość i odpowiedni stosunek lizyny do argininy (tab. 1).

Tabela 1. Zawartość białka ogólnego (%) i niektórych aminokwasów (g/16 g N) w mięsie zwierząt

Table 1. Content of total protein (%) and some amino acids (g/16 g N) in animal meat

Mięso Meat	Białko ogólne Total protein	Aminokwasy – Amino acids				
		Metionina Methionie	Cystyna Cystine	Tryptofan Tryptophan	Lizyna Lysine	Arginina Arginine
Wołowe Beef meat	21,0	2,3	1,1	1,1	7,7	6,3
Owcze Sheep meat	20,4	2,4	1,3	1,3	8,2	6,9
Wieprzowe Pig meat	21,0	2,7	1,1	1,4	8,1	6,4
Drobiowe Poultry meat	21,4	2,6	1,2	1,5	8,5	6,1
Indycze Turkey meat	23,7	2,7	0,6	1,3	9,0	6,5
Dorsza Cod meat	17,9	3,2	1,0	1,0	8,5	5,4

W organizmie tchórzofretek, norek, kotów i psów arginina jest kluczowym metabolitem wykorzystywanym do detoksyfikacji amoniaku. Niewłaściwy stosunek lizyny do argininy i (lub) niedobór argininy w diecie dla zwierząt mięsożernych może prowadzić do bardzo niekorzystnego dla zdrowia zjawiska hyperamonemii [Deshmunkh i wsp. 1991, Legrand-Defretin 1994, Damgaard 1997, 1998].

Zawartość białek i aminokwasów w mięsie zmienia się w zależności od gatunku i rasy zwierząt, ich wieku i płci, żywienia, warunków i metod chowu oraz stopnia otluszczenia. Tłuszcz jest tym składnikiem mięsa, który w najwyższym stopniu różnicuje jego skład chemiczny [Herman 1986, Sławoń 1987, Cholewa 1988, Jarosz 1993, 1994, Gawęcki 1998]. Wartość pokarmowa mięsa mięśniowego zależy od ilości i składu białka oraz tłuszczów. Niektóre z białek mięsa, przede wszystkim białka tkanki łączno-tkankowej (kolagen, elastyna, retikulina), nie zawierają wszystkich aminokwasów niezbędnych (izoleucyny, tryptofanu), są gorzej trawione w przewodzie pokarmowym (mają niższą strawność w stosunku do białek mięsa) i dlatego są białkami znacznie mniej wartościowymi dla zwierząt mięsożernych [Herman 1986, Sławoń 1987, Cholewa 1988, Jarosz 1993, 1994, Gawęcki 1998, Gliński i Kostro 2002].

W ostatnich latach mięso zwierząt gospodarskich jest stosowane w żywieniu fermowym sporadycznie i jego źródłem są głównie produkty niedopuszczalne do konsumpcji dla ludzi. Jest to mięso pochodzące ze zwierząt padłych, podanych ubojowi z konieczności i wybrakowanych, ale spełniające surowe wymagania oceny mikrobiologicznej, określone przez służbę weterynaryjną [Sławoń 1987, Jarosz 1993, Gliński i Kostro 2002].

2.4.2. Białka i aminokwasy podrobów i odpadów pochodzenia zwierzęcego

Podroby zwierzęce, do których zalicza się: serca, nerki, ozory, wątroby i śledziony, są pod względem wartości pokarmowej podobne do mięsa mięśniowego [Sławoń 1987, Jarosz 1993]. Zawarte w nich białko jest białkiem pełnowartościowym, o składzie aminokwasowym zbliżonym do mięsa mięśniowego (tab. 2). Ze względu na wysoki stopień ich wykorzystania do konsumpcji dla ludzi, podobnie jak mięso stanowią obecnie nieznaczną pozycję w bilansie paszowym ferm mięsożernych zwierząt futerkowych. Zasadniczymi źródłami białka i aminokwasów wykorzystywanymi w żywieniu lisów, norek, tchórzów hodowlanych (tchórzofretek) w okresie ostatnich kilkunastu lat są różne odpady zwierzęce pozyskiwane po uboju dużych zwierząt gospodarskich, drobiu i w czasie obróbki technologicznej odłowionych ryb i innych produktów morskich [Bieguszcwski i wsp. 1989, 1991, Szymeczko i wsp. 1989, 2005b, Lorek i wsp. 1991, Sławoń i wsp. 1991a, b, Głowińska i Bieguszcwski 1991, 1992, Niedźwiadek i wsp. 1996, Dahlman i wsp. 1996, Pölönen i wsp. 1996, White i wsp. 1996, 1999, Kerminen-Hakkio i wsp. 2000, Rouvinen-Wat i wsp. 2000b, Gliński i Kostro 2002, Kopczewski i wsp. 2003a, b, Sandbol i wsp. 2004, Nenonen i wsp. 2004, Hejlesen 2004]. W tabeli 2 podano średnią zawartość białka i aminokwasów w różnych odpadach rzeźnianych. Mniejsza ilość aminokwasów siarkowych – metioniny i cystyny, tryptofanu, lizyny i argininy oraz niekorzystny stosunek ilościowy lizyny do argininy, a także niższa strawność tych aminokwasów w przewodzie pokarmowym zwierząt mięsożernych wpływają na mniejszą wartość odżywczą białka zawartego w odpadach zwierzęcych niż w mięsie [Herman 1986, Sławoń 1987, Cholewa 1988, Jarosz 1993, 1994, Gawęcki 1998].

Tabela 2. Zawartość białka ogólnego (%) i niektórych aminokwasów (g/16 g N) w świeżej masie podrobów i odpadów zwierzęcych

Table 2. Content of total protein (%) and some amino acids (g/16 g N) in raw animal by-products

Odpady By-products	Białko ogólne Total protein	Aminokwasy – Amino acids				
		Metionina Methionine	Cystyna Cystine	Tryptofan Tryptophan	Lizyna Lysine	Arginina Arginine
Podroby zwierzęce Animal organs	15,5	2,1	1,4	1,3	8,6	6,0

Odpady rzeźniane Slaughter by-products	13,5	1,2	0,7	0,9	4,6	7,0
Odpady drobiowe Poultry by-products	13,0	1,9	1,1	1,7	6,2	6,7
Odpady rybne Fish by-products	13,0	2,4	0,8	1,1	5,7	6,1

Należy jednak zaznaczyć, że wartość pokarmowa zawartego w tych paszach białka jest bardzo różna i zależy głównie od ilości i jakości surowców wyjściowych wchodzących w skład partii danej grupy odpadów zwierzęcych [Skrede 1978a, b, Rouvinen-Watt i wsp. 2000a]. Duża ilość np. płuc, tchawic, śluzawic, uszu, zawierających głównie białko tkanki łącznej (kolagen, elastynę), ubogie w niezbędne dla mięsożernych zwierząt futerkowych aminokwasy siarkowe – metioninę i cystynę oraz tryptofan, zdecydowanie obniża wartość odżywczą białka danej partii odpadów zwierzęcych [Jarosz 1993]. Ostatnio zbyt niska zawartość białka w krajowych paszach fermowych przygotowywanych na bazie różnych odpadów zwierzęcych uzupełniana jest często dodatkiem wysokobiałkowych mączek pochodzenia zwierzęcego. Wprowadzenie do składu świeżej karmy fermowej mączek zwierzęcych nie zawsze jednak korzystnie wpływa na strawność zawartego w niej białka i pozostałych składników pokarmowych [Szymeczko i wsp. 2005b].

2.4.3. Białko i aminokwasy mączek pochodzenia zwierzęcego

Mączki pochodzenia zwierzęcego i produkowane na ich bazie różne preparaty wysokobiałkowe są w ostatnich latach ważnym, uzupełniającym źródłem białka w paszach wykorzystywanych w żywieniu lisów, norek i innych gatunków zwierząt mięsożernych [Dahlman i wsp. 1996, Muir i wsp. 1996, Pölonen i wsp. 1996, Zuo i wsp. 1996, Murray i wsp. 1997, Johnson i wsp. 1998, Cole i wsp. 1999, Ahlstrøm i wsp. 2000, Bednar i wsp. 2000, Kerminen-Hakkio i wsp. 2000, Silvio i wsp. 2000, Burkhalter i wsp. 2001, Skrede i Ahlstrøm 2002, 2004, Swanson i wsp. 2002, Yamka i wsp. 2003, Sandbol i wsp. 2004, Dust i wsp. 2005, Gajda i wsp. 2005, Szymeczko i wsp. 2005b, Vhile i wsp. 2005]. Wartość pokarmowa mączek bardzo się różni i zależy od składu i jakości surowców, z jakich zostały wyprodukowane. W ocenie wielu autorów ilość popiołu w surowcach wyjściowych i temperatura stosowana w czasie ich przetwarzania mają zasadniczy wpływ na strawność i dostępność aminokwasów w mączkach. Zawartość popiołu i temperatura są więc głównymi czynnikami decydującymi o wartości pokarmowej białka [Kondos i McLymont 1972, Batterham i Darnell 1986, Sławoń 1987, Cholewa 1988, Jarosz 1993, Murray i wsp. 1997, Johnson i wsp. 1998, Wang i Parsons 1998a, b, Ahlstrøm i wsp. 2000, Ljøkjel i wsp. 2000].

Spośród wszystkich rodzajów mączek zwierzęcych, najkorzystniejszym źródłem białka dla lisów i norek jest wysokiej jakości mączka rybna. Znajdujące się w niej białko odznacza się bowiem wysoką strawnością i dużą zawartością aminokwasów niezbędnych, a zwłaszcza lizyny i aminokwasów siarkowych, szczególnie metioniny (tab. 3) [Szymeczko i Skrede 1990, Ahlstrøm i wsp. 2000, Ljøkjel i wsp. 2000, Szymeczko 2001].

Tabela 3. Zawartość białka ogólnego (%) i niektórych aminokwasów (g/16 g N) w mączkach zwierzęcych

Table 3. Content of total protein (%) and some amino acids (g/16 g N) in animal meat meals

Mączka Meal	Białko ogólne ¹ Total protein	Aminokwasy – Amino acids				
		Metionina Methionine	Cystyna Cystine	Tryptofan Tryptophan	Lizyna Lysine	Arginina Arginine
Rybna Fish meal	68,0	2,9	1,0	1,3	8,0	5,7
Mięsna Meat meal	58,0	2,1	0,7	1,1	7,7	6,4
Mięsno-kostna Meat-and-bone meal	50,5	1,2	0,6	1,0	4,8	6,3
Drobiowa Poultry meal	69,3	1,6	1,3	0,8	4,5	6,3

¹ w % suchej masy – in % of dry matter

W porównaniu z białkiem zawartym w mączce mięsnej, mięsno-kostnej i drobiowej białko mączki rybnej charakteryzuje się największą wartością odżywczą. Potwierdzono to w badaniach na norkach, w których wykazano mniejszą zawartość oraz strawność białka i aminokwasów niezbędnych w mączkach mięsno-kostnych w porównaniu z mączką rybną [Ahlstrøm i wsp. 2000].

2.4.4. Białko i aminokwasy produktów nabiałowych i jaj

Nienadające się do konsumpcji dla ludzi, najczęściej przeterminowane produkty nabiałowe (mleko pełne, mleko w proszku, twaróg) i jaja są szczególnie cennymi źródłami białka i aminokwasów niezbędnych dla mięsożernych zwierząt futerkowych w okresie rozrodu, ciąży i laktacji oraz dla młodzieży w pierwszych miesiącach życia (tab. 4) [Herman 1986, Sławoń 1987, Cholewa 1988, Jarosz 1993, 1994, Gliński i Kostro 2002]. Gawęcki [1998] podaje, że białka produktów nabiałowych i jaj charakteryzują się, w porównaniu z innymi białkami pochodzenia zwierzęcego, najwyższymi wartościami biologicznych

wskaźników wartości odżywczej, tj. wartości biologicznej białka BV (Biological Value), wskaźnika wykorzystania białka netto NPU (Net Protein Utilization) i wskaźnika wydajności wzrostowej PER (Protein Efficiency Ratio).

Tabela 4. Zawartość białka ogólnego (%) i niektórych aminokwasów (g/16 g N) w produktach nabiałowych i jajach

Table 4. Content of total protein (%) and some amino acids (g/16 g N) in dairy products and eggs

Produkt Product	Białko ogólne Total protein	Aminokwasy – Amino acids				
		Metionina Methionine	Cystyna Cystine	Tryptofan Tryptophan	Lizyna Lysine	Arginina Arginine
Mleko pełne ¹ Milk ¹	3,1	2,5	0,8	1,4	7,8	3,4
Mleko w proszku ² Powder milk ²	32,4	2,3	0,8	1,6	7,9	3,5
Twaróg ¹ Green cheese ¹	15,2	2,6	0,6	1,5	6,8	3,5
Jaja ¹ – Eggs ¹	12,0	3,0	2,3	1,5	6,7	6,2

¹ białko ogólne w % świeżego produktu – total protein in % of raw product

² białko ogólne w % suchej masy produktu – total protein in % of dry matter of the product

2.5. METODY OCENY WARTOŚCI POKARMOWEJ BIAŁKA I STRAWNOŚCI AMINOKWASÓW W PASZACH DLA LISA POLARNEGO

Ocena białka jako składnika pokarmowego dla mięsożernych zwierząt futerkowych, w tym dla lisów polarnych, ma szczególne znaczenie, gdyż umożliwia jego pełne wykorzystanie i racjonalne stosowanie w ich żywieniu. Wartość odżywcza białka, tj. stopień, w jakim może ono być wykorzystane do pokrycia potrzeb zwierząt, zależy przede wszystkim od składu aminokwasowego, a zwłaszcza od zawartości aminokwasów niezbędnych [Buraczewski i Ziółka 1991, Stryer 1998].

W ocenie różnych źródeł białka dla lisów i norek wykorzystuje się najczęściej metodę chemiczną analizy składu aminokwasowego oraz zaliczane do metod biologicznych badania bilansowe, pozwalające określić strawność i wartość pokarmową białka pasz [Bieguszewski i Lewicki 1969, Glem-Hansen i Jørgensen 1975, 1978, Kiiskinen i Mäkelä 1976, Skrede 1977, 1978a, b, 1979a, b, c, Bieguszewski i Szymeczko 1979, Kiiskinen i wsp. 1985, Szymeczko i Skrede 1990, Bieguszewski i wsp. 1991, Lorek i wsp. 1991, Faulkner i wsp. 1992, Szymeczko i wsp. 1992, 2005b, White i wsp. 1996, Skrede i wsp.

1998, Ahlstrøm i wsp. 2000, Szymeczko 2001, Skrede i Ahlstrøm 2004, While i wsp. 2005].

2.5.1. Metoda chemiczna oceny wartości pokarmowej białka

Oznaczenie zawartości aminokwasów, przede wszystkim aminokwasów niezbędnych i ograniczających aminokwasów siarkowych, jest pierwszym etapem oceny białka w paszach dla lisów polarnych i innych gatunków mięsożernych zwierząt futerkowych. Buraczewski i Ziółcka [1991] podają, że analiza chemiczna składu aminokwasowego może być jednak niewystarczająca do oceny wartości odżywczej białka ze względu na to, że dostępność niektórych aminokwasów może ulec obniżeniu w następstwie procesów technologicznych, jakim poddawane są niektóre pasze. W śrucie sojowej po zadziałaniu wysokich temperatur (110-135°C) stwierdzono istotnie mniej lizyny, argininy i cystyny, a w składzie aminokwasowym mączki rybnej nie odnotowano żadnych zmian ilościowych. Ogrzewanie tych pasz wpłynęło natomiast drastycznie na obniżenie pozornej strawności zawartego w nich białka i wszystkich aminokwasów w przewodzie pokarmowym norek. Cystyna i kwas asparaginowy okazały się aminokwasami najbardziej wrażliwymi na działanie wysokich temperatur [Skrede i Krogdahl 1985, Ljøkjel i wsp. 2000].

Niekorzystny wpływ na wartość pokarmową białka w paszach dla zwierząt mięsożernych mogą wywierać również inne składniki, tj. popiół w paszach mięsno-kostnych i włókno surowe w paszach roślinnych. Ich duża zawartość zmniejsza ilość białka i aminokwasów w paszy, a zwłaszcza powoduje obniżenie strawności [Skrede 1978b, Sławoń 1987, Faulkner i Anderson 1991, Jarosz 1993, Szymeczko i wsp. 1996, 2005b, Johnson i wsp. 1998, Fekete i wsp. 2001, Kienzle i wsp. 2001, Szymeczko 2001, Gliński i Kostro 2002].

2.5.2. Metody bilansowe oceny wartości pokarmowej białka pasz

Do pełnej oceny wartości pokarmowej białka pasz, poza dobrym, oznaczonym metodą chemiczną, składem aminokwasowym, konieczne jest stosowanie metod bilansowych, pozwalających określić strawność i wartość biologiczną białka. Wartość biologiczną białka pasz dla mięsożernych zwierząt futerkowych oznacza się najczęściej metodą Thomasa-Mitchella [Rakowska i wsp. 1978, Buraczewski i Ziółcka 1991, Gawęcki 1998]. Na podstawie bilansu azotu określa się, jaka część aminokwasów uwolnionych z badanego białka w czasie jego trawienia w przewodzie pokarmowym zostaje w organizmie zatrzymana pod postacią nowo zbudowanych białek, a jaka część jest wydalana z kałem (azot metaboliczny) i moczem (azot endogeny) lisów, norek i tchórzy [Bieguszewski i Lewicki 1969, Skrede 1978a, Bieguszewski i Szymeczko 1979, Bieguszewski i wsp. 1991, Lorek i wsp. 1991, Dahlman i wsp. 2002a, Hejlesen 2004]. Im więcej wchłoniętego azotu pozostaje w organizmie, tym wyższa jest wartość biologiczna badanego białka i większa jego przydatność w żywieniu

różnych zwierząt mięsożernych. Należy jednak zaznaczyć, że ocena wartości pokarmowej białka powinna być sprawdzana w testach biologicznych, wykonywanych na tych gatunkach zwierząt, dla których oceniane białko jest przeznaczone [Buraczewski i Ziółka 1991].

2.5.3. Metody badania strawności białka i aminokwasów

Oznaczanie strawności białka i aminokwasów dokonuje się poprzez określenie różnicy między ilością tych składników pobranych z paszą i wydalonych w kale (treści). Wyrażona w procentach ilość składników strawionych do pobranych w diecie nazywana jest współczynnikiem strawności. Oznacza się go metodą bezpośrednią (klasyczną) na podstawie różnicy między całkowitą ilością składników pobranych z paszą a ilością wydaloną w kale (treści) lub metodami pośrednimi (wskaźnikowymi) – ze stosunku ilościowego wskaźnika do badanego składnika pokarmowego w paszy i kale (treści) [Rakowska i wsp. 1978, Buraczewski i Ziółka 1991, Hill i wsp. 1996, 2000].

Za pomocą wymienionych metod oznacza się zarówno strawność pozorną białka i aminokwasów, bez uwzględniania w kale (treści) wydalonych składników zawierających azot pochodzenia endogennego, jak i strawność rzeczywistą, obejmującą tylko niestrawione związki azotowe pochodzące z karmy. Do określenia strawności oznaczonej w całym przewodzie pokarmowym zwierząt wykorzystuje się metodę ogólną (klasyczną), a strawności ocenionej do końca jelita cienkiego – metodę jelitową [Rakowska i wsp. 1978, Sauer i Ozimek 1986, Buraczewski i Ziółka 1991, Williams 1995, Darragh i Hodgkinson 2000].

Ocenę strawności białka pasz dla lisów polarnych, srebrzystych i nerek do chwili obecnej wykonuje się powszechnie stosowaną metodą ogólną w całym przewodzie pokarmowym [Faulkner i wsp. 1992, White i wsp. 1996, Ahlstrøm i Skrede 1998, Ahlstrøm i wsp. 2000, Dahlman i wsp. 2002a, Skrede i Ahlstrøm 2002, 2004, Krogdahl i wsp. 2004].

Katedra Fizjologii Zwierząt Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy jest jedyną placówką naukową na świecie, w której oznacza się strawność białka i aminokwasów w jelicie cienkim nerek i lisów polarnych po uboju oraz u lisów polarnych z trwałymi przetokami jelita cienkiego i z zespoleniami jelitowo-rektalnymi [Szymeczko i Skrede 1990, 1991, Szymeczko i wsp. 1992, 2005b Szymeczko i Burlikowska 1996, Szymeczko 2001, Vhile i wsp. 2005].

2.6. STRAWNOŚĆ JELITOWA I OGÓLNA BIAŁKA ORAZ AMINOKWASÓW U ŚWINI

W badaniach na świniami stwierdzono wpływ mikroflory jelita grubego na metabolizm niestrawionych do końca jelita cienkiego składników azotowych. Przepływające z treścią do jelita grubego aminokwasy podlegają bakteryjnej dezaminacji, a uwolniony w tym procesie azot jest wchłaniany z jelita grubego

i w ponad 80% wydalany w moczu w postaci mocznika. W związku z tym wyniki strawności aminokwasów u świń oznaczone na podstawie analizy kału należy rozpatrywać z dużą ostrożnością [Żebrowska 1973b, 1975, Żebrowska i wsp. 1978b].

Potwierdzeniem wysuniętego wniosku były wyniki dalszych prac, których zasadniczym celem było porównanie pozornej strawności białka i aminokwasów do końca jelita cienkiego i w całym przewodzie pokarmowym świń żywionych dietami z udziałem różnych źródeł białka [Żebrowska i wsp. 1978a, 1982]. Stwierdzono w nich, że współczynniki pozornej strawności jelitowej azotu i większości aminokwasów były niższe od strawności oznaczonej metodą klasyczną. Wykazano znaczne zróżnicowanie pozornej strawności jelitowej poszczególnych aminokwasów, natomiast ich strawność ogólna była bardziej wyrównana i wyższa niż strawność jelitowa. Spośród badanych pasz białkowych (kazeiny, bobiku, soi, mączki mięsno-kostnej) najniższe współczynniki strawności pozornej białka i poszczególnych aminokwasów w jelicie cienkim, jak i w całym przewodzie pokarmowym świń uzyskano stosując mączkę mięsno-kostną.

Zasadniczym celem przeprowadzonych przez wielu innych autorów badań była ocena wpływu różnych czynników, tj. źródła białka, składu diety, poziomu żywienia, wieku zwierząt, formy paszy, dodatku enzymów i stanu fizjologicznego, na strawność jelitową i ogólną określonych składników pokarmowych [Low 1979, Buraczewski 1980, Sauer i wsp. 1980, Rudolph i wsp. 1983, Haydon i wsp. 1984, Jørgensen i wsp. 1984, Just i wsp. 1985, Sauer i Ozimek 1986, Walker i wsp. 1986, Graham i wsp. 1989, Herkelman i wsp. 1990, Li i wsp. 1996, Huang i wsp. 1997, Makink i wsp. 1997, Stein i wsp. 1999]. Oznaczona w jelicie cienkim świń strawność azotu i aminokwasów była niższa od strawności tych składników azotowych w całym przewodzie pokarmowym. W przypadku surowców o niskiej strawności jelitowej białka stwierdzono również znaczny stopień zróżnicowania pomiędzy strawnością jelitową i ogólną azotu i aminokwasów. Różnice te wynosiły od kilkunastu do kilkudziesięciu jednostek procentowych dla cystyny, kwasu asparaginowego, glicyny, proliny, fenyloalaniny i treoniny. Spośród pasz pochodzenia zwierzęcego największą strawnością azotu i aminokwasów charakteryzowały się mączki rybne, a najmniejszą mączki mięsno-kostne. Arginina, metionina i leucyna były aminokwasami niezbędnymi o najwyższej, a fenyloalanina i treonina oraz lizyna z mączki mięsno-kostnej o najniższej strawności. Najniższą jelitową strawność pozorną w mączce rybnej i mięsno-kostnej stwierdzono dla cystyny – 30,3 i 10,5%. Natomiast strawność ogólna tego aminokwasu wynosiła odpowiednio 72,2 i 49,6%. Zdaniem większości autorów cytowanych prac, oznaczanie strawności białka i aminokwasów do końca jelita cienkiego jest metodą dokładniejszą od klasycznej. Strawność jelitowa wymienionych składników pozwala również na bardziej precyzyjne, zgodne z wymaganiami żywieniowymi tych zwierząt, optymalizowanie mieszanek paszowych.

2.7. STRAWNOŚĆ JELITOWA I OGÓLNA BIAŁKA ORAZ AMINOKWASÓW U DROBIU

Badania nad porównaniem strawności aminokwasów u drobiu prowadzone są na ptakach z operacyjnie usuniętymi jelitami ślepyimi (CEC) i na kurczętach kontrolnych (CONV) z zachowanym w całości przewodem pokarmowym. W celu utrzymania zbliżonych warunków postępowania ptaki kontrolne poddawane są również symulowanemu zabiegowi chirurgicznemu, podobnemu jak u kurcząt doświadczalnych [Parsons 1985].

Metoda operacyjnego usuwania jelit ślepych u drobiu [Payne i wsp. 1971, Parsons 1985] i technika zespożeń jelitowo-rektalnych u świń [Fuller i Livingstone 1982] wydają się być, w porównaniu z metodami operacyjnego wykonania trwałych przetok prostych i mostkowych jelita cienkiego u świń [Horszczaruk i wsp. 1972, Horszczaruk i Żebrowska 1973], drobiu [Raharjo i Farrell 1984, van Leeuwen i wsp. 2000], psów [Brass i Schünemann 1989, Walker i wsp. 1994] i u lisów polarnych [Szymeczko i Skrede 1991, Szymeczko i wsp. 1992] technikami umożliwiającymi łatwiejsze pod względem metodycznym prowadzenie doświadczeń nad oceną strawności jelitowej składników pokarmowych. Wśród korzyści wynikających ze stosowania obu metod można wymienić: mniej pracochłonne utrzymanie i obsługę zwierząt, brak problemów z pasażem i wpływem treści pokarmowej, brak konieczności stosowania wskaźników strawnościowych, możliwość znacznie dłuższego wykorzystania zwierząt w badaniach oraz lepszą powtarzalność wyników badań [Pickard i wsp. 1984, Yin i wsp. 1997, Bodin i wsp. 1998].

W doświadczeniach przeprowadzonych przez Parsonsa [1986], Hana i Parsonsa [1990] oraz Parsonsa i wsp. [1997] wykazano niższą jelitową strawność rzeczywistą aminokwasów w testowanych źródłach białka pochodzenia zwierzęcego u kogutów doświadczalnych (CEC) od strawności oznaczonej w całym przewodzie pokarmowym ptaków kontrolnych (CONV). Wielkość różnic między średnimi wartościami uzyskanymi dla strawności aminokwasów u ptaków CEC i CONV uzależniona była od rodzaju badanej mączki i jakości mączek w obrębie tego samego rodzaju. Dla mączki drobiowej, mięsnej i różnych partii mączek mięsno-kostnych różnice te wynosiły od 8-10 do 12 jednostek procentowych. Aminokwasami o największej strawności u kogutów CEC i CONV były: w mączce drobiowej metionina (86 i 90%), arginina (85 i 89%) i fenyloalanina (85 i 87%), w mączce mięsnej arginina (84 i 92%), fenyloalanina (84 i 90%) i leucyna (84 i 89%), natomiast w różnych rodzajach mączki mięsno-kostnej – arginina, fenyloalanina i leucyna (92 i 94%) oraz metionina (91 i 92%). We wszystkich ocenianych źródłach białka zwierzęcego aminokwasami o najmniejszej strawności okazały się cystyna, kwas asparaginowy i histydyna, a oznaczone różnice stopnia ich strawności wynosiły pomiędzy ptakami CEC i CONV od 12 do 34 jednostek procentowych.

Wyniki prac cytowanych autorów potwierdziły istotny wpływ bakteryjnego rozkładu aminokwasów w jelitach ślepych na różnice w strawności poszczególnych aminokwasów wykazane pomiędzy ptakami CEC i CONV. W doświadczeniach zaobserwowano również dużą zgodność oznaczonej u kogutów CEC rzeczywistej strawności aminokwasów limitujących z ich biologiczną dostępnością, ocenioną na podstawie przeprowadzonych na kurczętach badań wzrostowych. Zgodnie z opinią autorów prezentowanych prac, jak również Johnsona [1992] i Raglanda i wsp. [1999], ptaki pozbawione jelit ślepych są dostatecznie precyzyjnym modelem w doświadczeniach strawnościowych i powinny być zalecane w rutynowych badaniach nad oceną wartości pokarmowej białka, prowadzoną w szczególności dla surowców o wątpliwej przyswajalności aminokwasów.

2.8. STRAWNOŚĆ JELITOWA I OGÓLNA BIAŁKA ORAZ AMINOKWASÓW U PSÓW

W badaniach Muira i wsp. [1996], przeprowadzonych na pięciu psach z prostymi przetokami umieszczonymi w końcowym odcinku jelita cienkiego, karmionych dietą wysokobiałkową (34%) i wysokotłuszczową (24%), stwierdzono mniejsze wartości strawności pozornej składników pokarmowych w jelicie cienkim niż w całym układzie trawiennym. Wynosiły one dla suchej masy 76,6 i 83,6%, substancji organicznej 83,6 i 99,9%, białka surowego 73,4 i 85,1%, włókna surowego – 12,4 i 23,8% i energii brutto 85,6 i 91,1%. Jelitowa i ogólna strawność pozorna tłuszczu była bardzo zbliżona i wynosiła odpowiednio 95,0 i 95,1%. Wartość pH i poziom krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych w treści wpływającej przez przetoki z końcowego odcinka jelita cienkiego potwierdziły ograniczoną aktywność fermentacji mikrobiologicznej w tym odcinku przewodu pokarmowego psów. Testowana dieta składała się z odpadów drobiowych i mączki drobiowej. Badania wykazały, że najlepiej wchłanianymi aminokwasami do końca jelita cienkiego były arginina, metionina, lizyna i leucyna, natomiast kwas asparaginowy, seryna i treonina należały do aminokwasów o najniższej strawności jelitowej.

U pięciu dorosłych, kaniulowanych psów, utrzymywanych na karmie kontrolnej z mączką drobiową i dietach z udziałem różnej jakości białka sojowego, stwierdzono również mniejszą strawność pozorną składników pokarmowych w jelicie cienkim od ich strawności ogólnej w kale [Zuo i wsp. 1996]. W zależności od rodzaju diety i jakości zawartego w niej białka jelitowa strawność pozorna tego składnika wynosiła od 65,1 do 78,3%, natomiast strawność ogólna od 77,2 do 84,6%. Najwyższymi współczynnikami jelitowej strawności pozornej charakteryzowała się arginina, a najniższymi – cystyna i treonina. Zdaniem autorów tej pracy, uzyskane wyniki są charakterystyczne dla większości produktów sojowych i mogą być częściowo uzależnione od składu aminokwasowego białka endogenego.

Murray i wsp. [1997] oznaczyli u sześciu psów z prostymi przetokami w końcowym odcinku jelita cienkiego strawność składników pokarmowych w jelicie cienkim i w całym przewodzie pokarmowym różnych produktów odpadowych pochodzenia zwierzęcego. Strawność jelitowa suchej masy, substancji organicznej, białka surowego, tłuszczu i energii brutto była mniejsza od strawności tych składników w całym przewodzie pokarmowym. Największe różnice pomiędzy jelitową i ogólną strawnością białka stwierdzono dla mączki z odpadów drobiowych (73,9 i 89,5%) i dla proszku jajecznego (77,0 i 91,2%). W badanych produktach arginina, metionina i leucyna okazały się aminokwasami najlepiej, natomiast cystyna, glicyna i treonina najgorzej wchłanianymi do końca jelita cienkiego zwierząt doświadczalnych.

2.9. STRAWNOŚĆ JELITOWA I OGÓLNA BIAŁKA ORAZ AMINOKWASÓW U LISÓW POLARNYCH I NOREK

Strawność pozorna białka i aminokwasów z mączek rybnych w całym przewodzie pokarmowym nerek i lisów polarnych wynosiła ponad 80% [Kiiskinen i Mäkelä 1976, Skrede 1977, 1979c, Glem-Hansen i Jørgensen 1978, Szymeczko i Skrede 1990, Szymeczko i wsp. 1992, Szymeczko i Podkówka 1994, Ahlstrøm i wsp. 2000, Ljøkjel i wsp. 2000, Szymeczko 2001]. W badaniach Glem-Hansena i Jørgensena [1978] oraz Kiiskinena i wsp. [1985] na norcach stwierdzono nieznacznie niższą (ok. 80%) pozorną strawność białka i aminokwasów w mączkach mięsnych niż rybnych. Najniższą i bardzo zróżnicowaną (od 50,4 do 63%) strawnością pozorną białka charakteryzowały się natomiast mączki z odpadów drobiowych. Należy zaznaczyć, że strawność białka była niższa od strawności aminokwasów, których współczynniki strawności pozornej znacząco się różniły. Ahlstrøm i wsp. [2000] wykazali również niską strawność pozorną białka (od 50,7 do 60%) i aminokwasów (od 53,8 do 62,6%) w trzech rodzajach mączki mięsno-kostnej w przewodzie pokarmowym nerek. Najlepiej wchłanianym aminokwasem była metionina (od 68,7 do 76,3%), a najgorzej cystyna (od 0,1 do 16,7%) i kwas asparaginowy (od 33,9 do 39,4%). Zdaniem autorów, mączki mięsno-kostne z odpadów zwierzęcych są dla mięsożernych zwierząt futerkowych tanimi źródłami białka. Zawierają jednak zbyt małą ilość strawnych aminokwasów, a zwłaszcza ograniczających aminokwasów siarkowych metioniny i cystyny. Dlatego te źródła białka powinny być stosowane w żywieniu tych zwierząt z ostrożnością i w kombinacji z innymi źródłami białka wysokiej jakości.

W badaniach własnych oznaczono strawność pozorną białka i aminokwasów w poszczególnych odcinkach i w całym przewodzie pokarmowym nerek i lisów polarnych [Szymeczko i Skrede 1990, Szymeczko i wsp. 1992, 2005b, Szymeczko i Burlikowska 1996, Szymeczko 2001, Vhile i wsp. 2005]. Różnice między strawnością jelitową i ogólną azotu i aminokwasów zależały od rodzaju białka i wynosiły od kilku do kilkudziesięciu jednostek procentowych. Diety

składające się ze świeżego mięsa dorsza i wołowiny charakteryzowały się wysoką strawnością jelitową i ogólną białka oraz poszczególnych aminokwasów [Szymeczko i Burlikowska 1996]. Wzrost udziału w dietach białka pochodzącego z mączki rybnej spowodował zmniejszenie wartości współczynników jelitowej strawności pozornej i zwiększenie różnic pomiędzy strawnością azotu i aminokwasów oznaczoną do końca jelita cienkiego i w całym przewodzie pokarmowym nerek i lisów polarnych. Spośród badanych źródeł białka aminokwasami najlepiej wchłanianymi z jelita cienkiego tych zwierząt były metionina, lizyna, kwas glutaminowy, leucyna i arginina, a najgorzej cystyna, treonina, prolina i seryna [Szymeczko i Skrede 1990, Szymeczko i wsp. 1992, Szymeczko 2001].

3. CEL PRACY

Przedstawione wyniki badań na świniami, drobiu, psach, norkach i lisach polarnych wykazały, że strawność pozorną białka i aminokwasów różnych mączek pochodzenia zwierzęcego oznaczona do końca jelita cienkiego była znacznie mniejsza od strawności tych składników azotowych w całym przewodzie pokarmowym. Uzupełnienie przygotowanej z surowców odpadowych (często o niskiej wartości pokarmowej) świeżej karmy dla lisów polarnych różnymi mączkami pochodzenia zwierzęcego może w znacznym stopniu wpłynąć na obniżenie strawności białka i poszczególnych aminokwasów, głównie aminokwasów niezbędnych, a zwłaszcza najważniejszych dla tych zwierząt, ograniczających aminokwasów siarkowych – metioniny i cystyny. Niezbilansowana pod względem aminokwasów karma, ze zbyt wysokim udziałem mączek zwierzęcych, może być jedną z przyczyn niepowodzeń w rozrodzie lisów polarnych w kraju w ostatnich latach [Zajac i wsp. 2000]. Wyniki wcześniej przeprowadzonych badań własnych, jak i doświadczeń na innych gatunkach zwierząt monogastrycznych skłoniły autora do prowadzenia dalszych prac, które zakładały następujące cele:

- a) kompleksową analizę składu chemicznego i aminokwasowego czterech najczęściej stosowanych w żywieniu lisów polarnych w kraju mączek pochodzenia zwierzęcego: rybnej, mięsnej, mięsno-kostnej i drobiowej,
- b) oznaczenie strawności pozornej białka i aminokwasów u lisów polarnych z zespoleniami jelitowo-rektalnymi, karmionych dietami zawierającymi badane mączki,
- c) oznaczenie zawartości azotu i aminokwasów endogennych wydalanych z jelita cienkiego lisów doświadczalnych żywionych dietą bezbiałkową,
- d) oznaczenie strawności rzeczywistej białka i aminokwasów w badanych mączkach pochodzenia zwierzęcego,
- e) określenie przydatności metody zespoleń jelitowo-rektalnych u lisów polarnych do oceny wartości pokarmowej białka zawartego w różnych paszach dla mięsożernych zwierząt futerkowych.

4. MATERIAŁ I METODY

4.1. PASZE DOŚWIADCZALNE

Badaniami objęto następujące rodzaje pasz pochodzenia zwierzęcego:

- mączkę rybną (MR) produkcji duńskiej, o deklarowanej zawartości białka ogólnego 72%,
- mączkę mięsną (MM) produkcji duńskiej, zawierającą 55% białka ogólnego,
- mączkę mięsno-kostną (MMK) produkcji krajowej, o deklarowanej zawartości białka ogólnego 42%,
- mączkę drobiową (MD) produkcji krajowej, o zawartości białka ogólnego 68%.

Oznaczony laboratoryjnie skład chemiczny i aminokwasowy mączek doświadczalnych przedstawiono w tabelach od 5 do 7. Pozostałymi składnikami diet doświadczalnych były:

- tłuszcze zwierzęce i roślinne: smalec i olej sojowy z wytwórni krajowych,
- modyfikowana skrobia kukurydziana (Pure-gel B 990), Grain Processing Corporation, Muscatine, USA,
- celuloza (Arbocel BWW 40), J. Rettenmaier and Söhne, Holzmühle, Niemcy,
- mieszanka mineralno-witaminowa (MW) dla mięsożernych zwierząt futerkowych, Trouw Nutrition, Holandia, o następującym składzie w 1 g preparatu: A 7200 j.m., D₃ 720 j.m., E 82 mg, B₁ 30,8 mg, B₂ 12 mg, H 0,1 mg, B₆ 6 mg, B₁₂ 0,04 mg, PP 20,4 mg, Bc 0,6 mg, B₅ 8 mg, cholina 50 mg, Mg 66,8 mg, Mn 6 mg, Zn 8,6 mg, Cu 1 mg, Fe 9,2 mg, J 1,4 mg,
- fosforan dwuwapniowy, węglan wapnia i chlorek sodu produkcji krajowej, POCH Gliwice,
- tlenek chromu Cr₂O₃, Fluka, Niemcy, wskaźnik w badaniach strawnościowych.

4.2. DIETY DOŚWIADCZALNE

Przygotowano cztery diety zawierające testowane źródła białka pochodzenia zwierzęcego z udziałem mączki rybnej (MR), mięsnej (MM), mięsno-kostnej (MMK) i drobiowej (MD) oraz dietę bezbiałkową (BB), którą wykorzystano do oznaczenia azotu endogennego w celu określenia rzeczywistej strawności białka i poszczególnych aminokwasów (AA). Skład diet doświadczalnych ustalono na podstawie zapotrzebowania lisów doświadczalnych na energię metaboliczną (EM) oraz udziału w dawce pokarmowej strawnych składników pokarmowych (białka, tłuszczu, węglowodanów) w procentach energii metabolicznej. Ilość składników strawnych określono z zawartości biał-

ka i tłuszczu surowego zawartego w badanych mączkach (tab. 5) i współczynników ogólnej strawności pozornej składników pokarmowych przyjętych dla mączek zwierzęcych [NRC 1982, Sławoń 1987, Cholewa 1988, Hansen i wsp. 1991, Hansen 1992, Jarosz 1993, 1994, Gliński i Kostro 2002].

Tabela 5. Skład chemiczny badanych mączek (% s.m.)
Table 5. Chemical composition (% DM) of the meals examined

Składnik Ingredient	Mączka – Meal ¹			
	MR	MM	MMK	MD
Sucha masa, % Dry matter, %	93,0	95,2	95,6	96,0
Substancja organiczna Organic matter	80,9	73,6	71,8	88,4
Białko ogólne (N x 6,25) Total protein (N x 6,25)	68,5	55,6	43,0	69,7
Tłuszcz surowy Crude fat	9,9	10,9	19,2	14,2
Popiół surowy Crude ash	12,0	21,5	23,8	7,5
Wapń Calcium	2,0	6,9	7,5	1,9
Fosfor Phosphorus	2,1	2,9	3,8	1,5
Chlorek sodu Sodium chloride	1,8	1,5	1,5	0,9

¹ MR – mączka rybna – fish meal
MM – mączka mięsna – meat meal
MMK – mączka mięsno-kostna – meat-and-bone meal
MD – mączka drobiowa – poultry meal

Skład aminokwasowy ocenianych mączek podano w tabelach 6 i 7, a skład dziennych dawek pokarmowych w tabeli 8.

Tabela 6. Skład aminokwasowy badanych mączek (% s.m.)
Table 6. Amino acid composition (% DM) of the meals examined

Aminokwas Amino acid	Mączka – Meal ¹			
	MR	MM	MMK	MD
Arg	3,93	3,62	2,71	4,84
Phe	2,80	2,00	1,47	3,01
His	1,52	1,43	0,86	1,19
Ile	3,07	1,79	1,32	2,88
Leu	5,17	3,17	2,60	5,14
Lys	5,40	3,08	1,95	3,02
Met	1,99	0,81	0,49	0,95
Thr	2,99	1,97	1,44	2,91
Trp	0,93	0,60	0,42	0,64
Val	3,60	2,56	1,97	4,15
Ala	4,10	3,88	3,02	4,13
Asp	6,38	4,87	3,55	5,54
Cys	0,62	0,44	0,56	1,75
Glu	9,21	7,12	5,08	8,58
Gly	3,94	6,54	5,76	6,70
Pro	2,20	3,99	3,46	5,60
Ser	2,78	2,08	1,87	4,81
Tyr	2,19	1,40	0,95	2,05
Niezbędne Essential	31,40	21,03	15,23	28,73
Nie-niezbędne Nonessential	31,42	30,3	24,25	39,16
Ogółem Total	62,82	51,33	39,48	67,89

¹ objaśnienia jak w tab. 5 – for explanations, see Table 5

Tabela 7. Skład aminokwasowy badanych mączek (g/16 g N)
Table 7. Amino acid composition (g/16 g N) of the meals examined

Aminokwas Amino acid	Mączka – Meal ¹			
	MR	MM	MMK	MD
Arg	5,74	6,51	6,31	6,94
Phe	4,09	3,61	3,43	4,32
His	2,22	2,57	2,00	1,71
Ile	4,48	3,22	3,08	4,13
Leu	7,55	6,67	6,05	7,37
Lys	7,88	5,54	4,54	4,33
Met	2,90	1,46	1,14	1,36
Thr	4,37	3,54	3,35	4,17
Trp	1,35	1,08	0,98	0,91
Val	5,25	4,61	4,59	5,95
Ala	5,98	6,99	7,03	5,92
Asp	9,32	8,77	8,25	7,95
Cys	0,91	0,79	1,29	2,51
Glu	13,45	12,82	11,81	12,30
Gly	5,75	11,78	13,39	9,61
Pro	3,22	7,19	8,04	8,03
Ser	4,06	3,74	4,35	6,90
Tyr	3,20	2,53	2,20	2,94
Niezbędne Essential	45,83	38,81	35,47	41,19
Nie-niezbędne Nonessential	45,89	54,61	56,36	56,16
Ogółem Total	91,72	93,42	91,83	97,35
Niezbędne/Nie-niezbędne, % Essential/Nonessential, %	50:50	41:59	39:61	42:58

¹ objaśnienia jak w tab. 5 – for explanations, see Table 5

Tabela 8. Skład dziennych dawek pokarmowych (g)
Table 8. Composition of daily feed rations (g)

Składnik Ingredient	Dieta – Diet ¹				
	MR	MM	MMK	MD	BB
Mączka rybna Fish meal	97,37	-	-	-	-
Mączka mięsna Meat meal	-	120,05	-	-	-
Mączka mięsno-kostna Meat-and-bone meal	-	-	155,12	-	-
Mączka drobiowa Poultry meal	-	-	-	95,63	-
Smalec Lard	8,50	6,75	-	6,50	16,60
Olej sojowy Soybean oil	8,50	6,75	-	6,50	16,60
Skrobia kukurydziana gotowana Cooked maize starch	30,04	30,04	30,04	30,04	75,96
Włókno Fibre (Arbocel BWW40)	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Mieszanka MW Vitamin-mineral mixture	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Fosforan dwuwapniowy Dicalcium phosphate	-	-	-	-	8,11
Węglan wapnia Calcium carbonate	-	-	-	-	1,20
Chlorek sodu Sodium chloride	-	-	-	-	0,42

¹MR – dieta z mączką rybną – fish meal diet

MM – dieta z mączką mięsną – meat meal diet

MMK – dieta z mączką mięsno-kostną – meat-and-bone meal diet

MD – dieta z mączką drobiową – poultry meal diet

BB – dieta bezbiałkowa – protein-free diet

4.2.1. Przygotowanie diet

Po zmieszaniu i zhomogenizowaniu wszystkich składników wchodzących w skład diet dodawano tlenek chromu (Cr_2O_3) w ilości 0,3% suchej masy diety i ponownie całość homogenizowano [Szymeczko i Skrede 1991]. W badaniach na psach wykazano, że Cr_2O_3 jest dobrym wskaźnikiem do pomiaru strawności jelitowej składników pokarmowych [Hill i wsp. 1996, Hill i wsp. 2000]. Tak przygotowane diety porcjowano na dzienne dawki do pojemników plastikowych (Dom-Plast, Słupsk), zamykano i zamrażano w temperaturze $-25^{\circ}C$. Na 24 godziny przed karmieniem lisów wyjmowano z zamrażarki odpowiednią ilość pojemników i umieszczano je w lodówce w temperaturze $+4^{\circ}C$. Dwie godziny przed karmieniem pojemniki z karmą umieszczano w pomieszczeniu, w którym przebywały lisy doświadczalne.

4.3. ZWIERZĘTA DOŚWIADCZALNE

Badania przeprowadzono na pięciu jednorocznych samcach lisów polarnych o średniej masie ciała (m.c.) $8,44 \pm 0,36$ kg, w Katedrze Fizjologii Zwierząt Wydziału Zootechnicznego Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy. Zwierzęta te pochodziły z jednego miotu, zakupiono je z prywatnej fermy lisów polarnych. Na podstawie badań wybranych wskaźników hematologicznych krwi obwodowej i oceny weterynaryjnej uznane zostały za klinicznie zdrowe.

4.3.1. Postępowanie ze zwierzętami w okresie przedoperacyjnym

W celu adaptacji do nowych warunków środowiska i przygotowania do badań lisy przewieziono z macierzystej fermy do Katedry na miesiąc przed wykonaniem zabiegu chirurgicznego. Zwierzęta umieszczono w klatkach metabolicznych ze stali nierdzewnej o wymiarach 80x60x60 cm, znajdujących się w Pracowni Testów Biologicznych (fot. 1), wyposażonej w automatycznie sterowany system utrzymania stałych warunków środowiskowych. W tym okresie lisy były karmione raz dziennie o godz. 8⁰⁰ standardową dietą fermową, nieznacznie przewyższającą zapotrzebowanie bytowe tych zwierząt na energię i podstawowe składniki pokarmowe. Podczas tego okresu zwierzęta miały nieograniczony dostęp do wody. W siódmym dniu utrzymania zwierząt w klatkach metabolicznych odrobaczono je za pomocą Fenbenatu (Naturan JVC, Warszawa), podanego jednorazowo z karmą w dawce $0,25 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ m.c. W dniu poprzedzającym zabieg chirurgiczny przygotowano pole operacyjne poprzez wycięcie i wygolenie włosów w części pośrodkowej jamy brzusznej (fot. 2).

Przed zabiegiem chirurgicznym zwierzęta przygotowano farmakologicznie do znieczulenia. W tym celu podano w iniekcjach domięśniowo Atropinę (Polfa, Warszawa) w ilości $0,03 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ m.c., Trankwilinę (Biowet, Puławy) w ilości $0,08 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ m.c. i Ksyłanazę (Polfa, Kraków) w ilości $0,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ m.c. Następnie wymyło wcześniej przygotowane pole operacyjne roztworem wody i mydła, wytarto je do sucha wyjałowioną gazą opatrunkową (ZMO, Toruń) i odkażono spirytusowym roztworem jodyny (Biowet, Drwalew). Tak przygotowane zwierzę przenoszono do sali operacyjnej (fot. 3), układano na stole zabiegowym w pozycji grzbietowej i jego kończyny przywiązywano opaskami elastycznymi (ZMO, Toruń) do stołu.



Fot. 1. Pracownia testów biologicznych
Photo 1. Biological test laboratory



Fot. 2. Przygotowanie pola operacyjnego
Photo 2. Preparation of the operation field



Fot. 3. Sala operacyjna
Photo 3. Operating room

4.3.2. Technika wykonania zespoła jelitowo-rektalnych „koniec do końca”

Bezpośrednio przed zabiegiem operacyjnego wykonania zespolenia jelitowo-rektalnego zwierzę wprowadzono w stan głębokiej narkozy przez podanie domięśniowe Ketaminy (Biowet, Puławy) w ilości $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ m.c. Jamę brzuszną otwierano wzdłuż linii białej cięciem pośrodkowym o długości ok. 7 cm (fot. 4). Wzdłuż cięcia powłok brzusznych zakładano sterylną serwetę operacyjną o wymiarach 30x45 cm (PolNet, Poznań). Po wyszukaniu jelita ślepego wyciągano, poza obręb jamy brzusznej, pętlę jelit z przewidzianym do resekcji odcinkiem jelita grubego (fot. 5), na którego końcach założono dwa szwy sytuacyjne z nici Dexon 2-0 (Sherwood, Davis and Geck). W czasie trwania zabiegu wydobyte części jelit były obłożone nasyconymi sterylnym roztworem soli fizjologicznej (Polfa Lublin) wyjałowionymi kompresami (ZMO, Toruń).

W krezce łączącej resekowany odcinek jelita arkadowano za pomocą szwów węzłkowych (nici Dexon 5-0) kolejne naczynia krwionośne, będące odgałęzieniami tętnicy krezkowej przedniej i tylnej (fot. 6). Z przeznaczonego do wycięcia fragmentu jelita wymasowywano pozostałą po 24-godzinnym okresie głodzenia nieznaczną ilość treści pokarmowej w kierunku dogłowym i doogonowym. Bezpośrednio po tym resekowano odcinek jelita grubego (fot. 7), prowadząc cięcia za granicą jelita czczego i biodrowego (cięcie pierwsze) oraz na wysokości doogonowej krawędzi więzadła dwunastniczo-okrężniczego (cięcie drugie). W dalszej kolejności usunięto fragment krezki za pomocą cięć prowadzonych do miejsca, w którym podwieszono główne naczynia krwionośne.

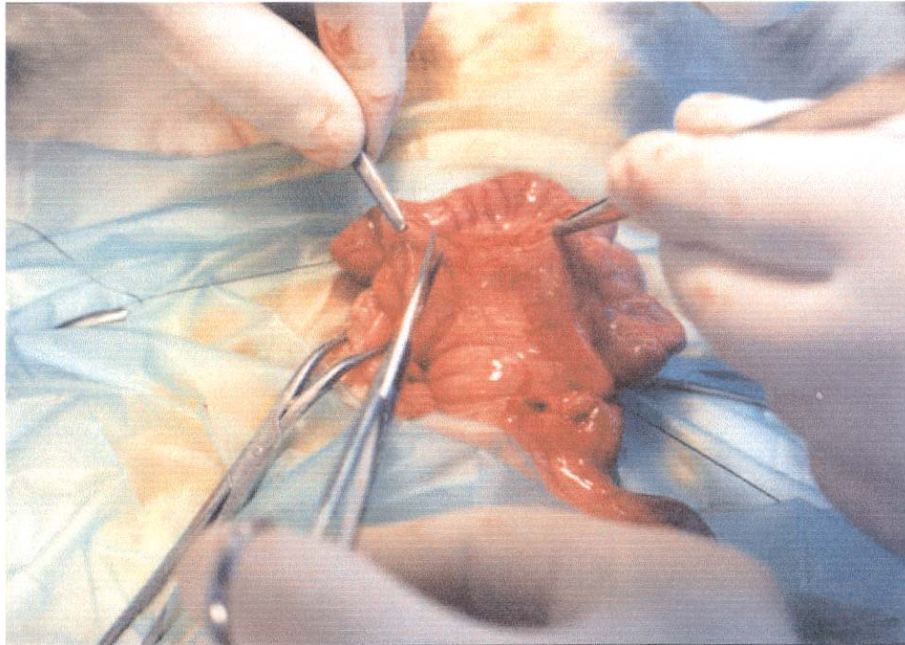
W następnej fazie zbliżono do siebie odcięte końce jelita krętego i prostego oraz połączono je na przeciwległych biegunach (krezkowym i grzbietowym) wcześniej założonymi szwami sytuacyjnymi. Zespolenie jelitowo-rektalne „koniec do końca” poprowadzono za pomocą dwuwarstwowego szycia ściany jelit po założeniu pierwszego piętra materacowego szwów Conella (fot. 8) i zatapiającego drugiego piętra szwów Lamberta (fot. 9). Po wykonaniu zespolenia połączono przerywanym szwem węzłkowym fragmenty wolnej krezki. Szycie jelit i krezki wykonano za pomocą nici Dexon 5-0. Wewnętrzne powłoki ciała zszywano szwem ciągłym uniwersalnym (fot. 10), natomiast brzegi skóry szwem krzyżowym (fot. 11), wykorzystując w tym celu nici Dexon 2-0. Po zakończonym zabiegu obmywano i odkażano miejsce wokół rany roztworem soli fizjologicznej i spirytusowym roztworem jodiny.



Fot. 4. Cięcie pośrodkowe powłok brzusznych
Photo 4. Median incision of abdominal coats



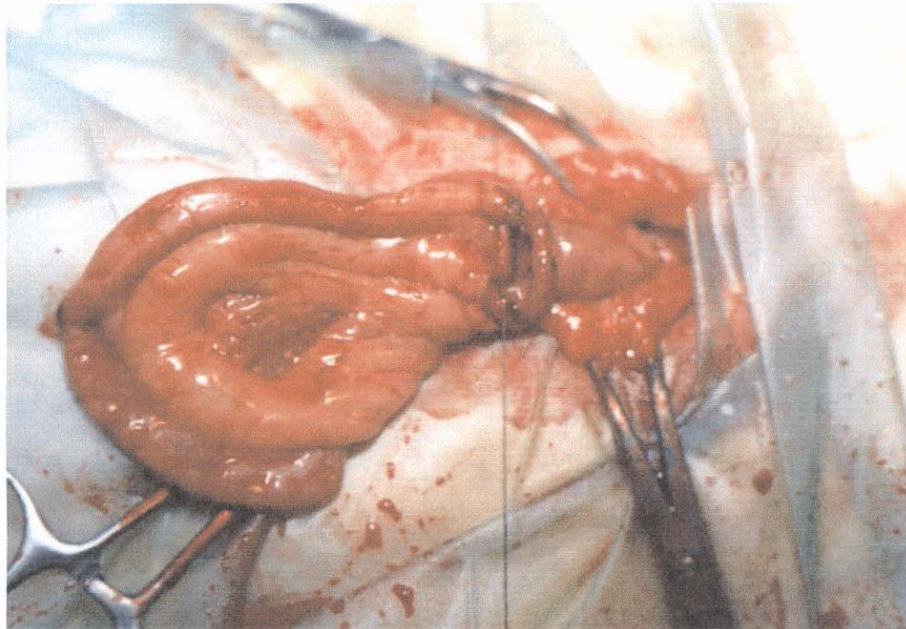
Fot. 5. Odcinek jelita grubego (jelito ślepe i okrężnica) do resekcji
Photo 5. Segment of large intestine (caecum and colon) for resection



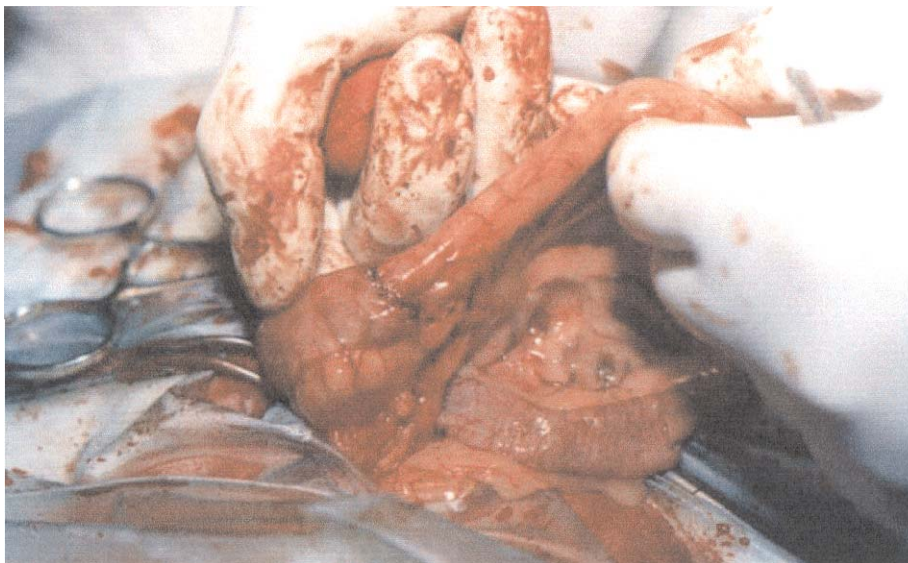
Fot. 6. Podwiązanie naczyń krwionośnych
Photo 6. Ligation of blood vessels



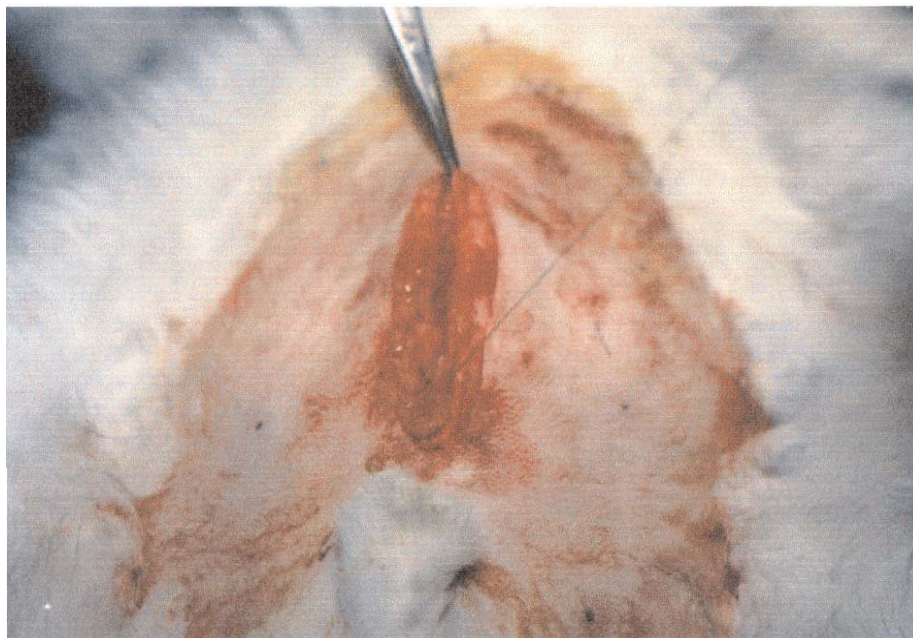
Fot. 7. Odcinek jelita grubego po resekcji
Photo 7. Segment of large intestine after resection



Fot. 8. Zespalenie jelita biodrowego i prostnicy
Photo 8. Anastomosis of ileum and rectum



Fot. 9. Zspolenie jelitowo-rektalne „koniec do końca”
Photo 9. 'End-to-end' ileorectal anastomosis



Fot. 10. Szycie powłok brzusznych
Photo 10. Sewing of abdominal coats



Fot. 11. Skóra po zszyciu
Photo 11. Skin after sewing

4.3.3. Postępowanie ze zwierzętami w okresie pooperacyjnym

W ciągu dwóch dni po zabiegu lisy nie otrzymywały pokarmu, a płyny w postaci fizjologicznego roztworu soli i 5% roztworu glukozy (Polfa, Lublin) uzupełniano drogą pozajelitową. Pomiedzy trzecim a piątym dniem zwierzęta żywiono pokarmem w postaci półpłynnej, miały one również nieograniczony dostęp do wody. W kolejnych czterech dniach stopniowo zwiększano zawartość energii i składników odżywczych w dziennej dawce pokarmowej. Od 10 dnia po wykonaniu zespolenia lisy karmiono pełną racją dziennej karmy standardowej.

W okresie pierwszych pięciu dni po zabiegu lisom podawano w iniekcjach domięśniowych antybiotyków Pen-Strep (Norbrook, ScanVet) oraz Hydroksyzynę (Polfa, Kraków), Cyklonaminę (Polpharma, Starogard Gdański) i podskórnie Traumeel (Biologische Heilmittel, Heel), leki o działaniu uspokajającym, przeciwwkrwotocznym i przeciwobrzętkowym, w dawkach zalecanych przez producenta. W dziesiątym dniu usunięto szwy skórne, a po trzech tygodniach od operacji wykonano oznaczenia wybranych wskaźników hematologicznych krwi obwodowej. Na podstawie oceny ich poziomu, szybkości pasażu treści pokarmowej, masy ciała, ogólnej kondycji i zachowania lisów uznano je za klinicznie zdrowe i w pełni przygotowane do przeprowadzenia doświadczeń strawnościowych.

4.4. UKŁAD BADAŃ I KOLEKCJA TREŚCI POKARMOWEJ

Badania przeprowadzono w pięciu ośmiodniowych seriach doświadczalnych. W czasie ich trwania lisy z zespoleniami jelitowo-rektalnymi żywiono kolejno dietami z udziałem różnych białek pochodzenia zwierzęcego: mączki rybnej (MR), mięsnej (MM), mięsno-kostnej (MMK) i drobiowej (MD) oraz dietą bezbiałkową (BB). Wszystkie zwierzęta otrzymywały dzienne racje pokarmowe poszczególnych diet o godz. 8⁰⁰ i miały nieograniczony dostęp do wody. Każda z wymienionych serii doświadczalnych składała się z 2 czterodniowych okresów: wstępnego i właściwego, których długość ustalono we wcześniejszych badaniach na lisach polarnych [Szymeczko i Podkówa 1994]. W czasie okresu wstępnego lisy doświadczalne przyzwyczajano do badanych diet, natomiast w okresie właściwym prowadzono 96-godziną kolekcję treści pokarmowej.

Treść jelitowa wydalana była przez lisy z zespoleniami jelita biodrowego i prostnicy na wykonane ze stali nierdzewnej tace, z umieszczonymi w ich rogach pojemnikami z lodem, dla utrzymania temperatury tac na poziomie niższym niż 10°C. Treść pokarmową zbierano z tac do pojemników plastikowych (Dom-Plast, Słupsk) bezpośrednio po wydaleniu przez zwierzęta (fot. 12 i 13). W czasie kolekcji pojemniki z treścią umieszczone były w kuwetach z lodem (fot. 14), które w przerwach międzykolekcyjnych przetrzymywano w temperaturze +4°C i -25°C.



Fot. 12. Obraz wydalonej treści jelitowej
Photo 12. Picture of excreted ileal digesta



Fot. 13. Kolekcja wydalonej treści jelitowej
Photo 13. Collection of excreted ileal digesta



Fot. 14. Treść jelitowa po kolekcji
Photo 14. Ileal digesta after collection

Uzyskaną z poszczególnych doświadczeń, pozbawioną włosów treść jelitową przetrzymywano w szczelnie zamkniętych pojemnikach plastikowych w temperaturze -25°C (fot. 15), aż do wykonania analiz chemicznych.



Fot. 15. Przechowywanie treści jelitowej do analiz chemicznych
Photo 15. Storage of ileal digesta before chemical analyses

Po 12 miesiącach od operacyjnego wykonania zespożeń jelitowo-rektalnych lisy doświadczalne i zwierzęta kontrolne ubito w celu porównania przewodów pokarmowych. U osobników doświadczalnych nie stwierdzono żadnych zmian anatomicznych jelita w miejscu wykonania zespożeń (fot. 16).



Fot.16. Przewody pokarmowe lisów polarnych z jelitem grubym i z zespożeniem jelitowo-rektalnym „koniec do końca”

Photo 16. Digestive tracts of polar foxes with large intestine and with ‘end-to-end’ ileorectal anastomosis

4.5. ANALIZY CHEMICZNE

Próbki diet i treści jelitowej liofilizowano. Analizy składu chemicznego i aminokwasowego mączek, diet i treści pokarmowej wykonano w Instytucie Fizjologii i Żywienia Zwierząt Polskiej Akademii Nauk w Jabłonie koło Warszawy.

Suchą masę, popiół, fosfor i chlorki oznaczono metodami opisanymi przez Skulmowskiego [1974]. W celu oznaczenia wapnia naważki prób mineralizowano na sucho. Uzyskany popiół rozpuszczano w 20% kwasie solnym i dokonano pomiaru stężenia wapnia metodą ASA w aparacie firmy PYE UNICAM PV 9100x. Tlenek chromu oznaczono za pomocą metody Kimury i Millera [1957]. Tłuszcz surowy oznaczono metodą Soxhleta na aparacie Soxtec System HT6. Przed ekstrakcją tłuszczu próbki mączek i diet doświadczalnych były poddane hydrolizie w aparacie Soxtec Hydrolizing Unit, firmy TECATOR. Białko ogólne oznaczono metodą Kjeldahla za pomocą aparatu Kjeltec Analyzer Unit 2300, firmy TECATOR.

Skład aminokwasowy mączek, diet doświadczalnych i treści jelitowej oznaczono przy użyciu analizatora aminokwasów firmy BECKMAN 6300 z integracją według systemu „GOLD”. Próbkę wymienionego materiału hydrolyzowano w 6 N HCl w temperaturze 110°C przez 22 godziny. Metioninę i cystynę oznaczono po wstępnym utlenieniu prób kwasem nadmanganowym według zmodyfikowanej metody Moore’a [1963]. Tryptofan oznaczono po zasadowej hydrolizie wodorotlenkiem baru na podstawie zmodyfikowanej metody Egguma [1968]. Modyfikacje obydwóch metod przyjęto w oparciu o badania Buraczewskiej i Buraczewskiego [1984]. Wszystkie oznaczenia wykonano w trzech powtórzeniach.

4.6. OPRACOWANIE WYNIKÓW I ANALIZA STATYSTYCZNA

Współczynniki strawności pozornej składników pokarmowych, w tym białka i aminokwasów, oznaczono na podstawie stosunku ilościowego wskaźnika (Cr_2O_3) do badanego składnika pokarmowego w diecie i treści jelitowej [Fan i wsp. 1994, Buraczewska i wsp. 1999, Hill i wsp. 2000]. Wartości współczynników obliczono korzystając z następującego wzoru:

$$D_D = 100 - [M_D \cdot A_I / A_D \cdot M_I] \cdot 100$$

gdzie:

- D_D – strawność pozorna składnika w diecie (%),
- M_D – zawartość wskaźnika w diecie (%),
- A_I – zawartość składnika w treści jelitowej (%),
- A_D – zawartość składnika w diecie (%),
- M_I – zawartość wskaźnika w treści jelitowej (%).

Wartość współczynników rzeczywistej strawności białka i aminokwasów oznaczono po skorygowaniu strawności pozornej na zawartość białka i aminokwasów endogennych w treści wydalonej z jelita cienkiego lisów polarnych po diecie bezbiałkowej [Hendriks i wsp. 1996, Rademacher i wsp. 1999]. Strawność rzeczywistą białka i aminokwasów obliczono według wzoru:

$$TD_D = D_D + E_{P/AA} / D_{P/AA} \cdot 100$$

gdzie:

- TD_D – strawność rzeczywista białka lub aminokwasu w diecie (%),
- D_D – strawność pozorna białka lub aminokwasu w diecie (%),
- $E_{P/AA}$ – zawartość białka lub aminokwasu pochodzenia endogennego ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ spożytej suchej masy),
- $D_{P/AA}$ – zawartość białka lub aminokwasu w diecie ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ spożytej suchej masy).

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie za pomocą testu Duncana, posługując się programem komputerowym Statistica [Stanisz 1998], ustalając poziom istotności dla $P < 0,05$. Liczbowe wartości średnich (\bar{x}) i odchyłeń standardowych (SD) przedstawiono w tabelach. Graficzne opracowanie wyników badań wykonano programem komputerowym Microsoft Excel 2000. Wszystkie fotografie zamieszczone w pracy pochodzą z kolekcji własnej.

5. WYNIKI BADAŃ

5.1. SKŁAD CHEMICZNY I AMINOKWASOWY PASZ POCHODZENIA ZWIERZĘCEGO

Skład chemiczny pasz pochodzenia zwierzęcego przedstawiono w tabeli 5. Badane mączki: rybna, mięsna, mięsno-kostna i drobiowa różniły się zawartością białka ogólnego, która wynosiła od 43,0% w mączce mięsno-kostnej do 69,7% w drobiowej. Zawartość tłuszczu surowego była również zróżnicowana i wynosiła od 9,9% w mączce rybnej do 19,2% w mięsno-kostnej. Najmniej popiołu surowego zawierała mączka drobiowa (7,5%), a najwięcej mięsno-kostna (23,8%). Głównymi składnikami popiołu w mączce mięsnej i mięsno-kostnej były wapń i fosfor, których zawartość wynosiła odpowiednio: 6,9 i 7,5% oraz 2,9 i 3,8%.

Skład aminokwasowy badanych mączek wyrażony w procentach s.m. i w g/16 g N przedstawiono w tabelach 6 i 7. Procentowa zawartość poszczególnych aminokwasów była zróżnicowana i zależała od zawartości białka ogólnego w paszach. Najwyższą koncentrację aminokwasów stwierdzono w mączce drobiowej (67,89%), a najniższą w mięsnej (51,35%) i mięsno-kostnej (39,48%). Wyniki analizy zawartości aminokwasów, wyrażonej w g/16 g N wskazują, że korzystniejszy stosunek aminokwasów niezbędnych do nie-niezbędnych (50:50 %) stwierdzono w mączce rybnej niż w pozostałych mączkach. Również zawartość lizyny, metioniny i tryptofanu w białku mączki rybnej była znacznie większa niż w innych mączkach. W mączce rybnej stwierdzono także wyższy poziom kwasu asparaginowego, kwasu glutaminowego i tyrozyny oraz znacznie mniej glicyny i proliny w porównaniu z zawartością tych aminokwasów w białku mączki mięsnej, mięsno-kostnej i drobiowej. Najwyższą zawartość cystyny stwierdzono w mączce z odpadów drobiowych (2,51 g/16 g N). W pozostałych badanych mączkach odnotowano 2-3-krotnie mniejszą ilość tego aminokwasu. W mączce rybnej, mięsnej i mięsno-kostnej wynosiła ona odpowiednio: 0,91; 0,79; 1,29 g/16 g N.

5.2. SKŁAD CHEMICZNY I AMINOKWASOWY DIET DOŚWIADCZALNYCH

Zawartość składników pokarmowych w dietach z udziałem: mączki rybnej (MR), mięsnej (MM), mięsno-kostnej (MMK) lub drobiowej (MD) oraz w diecie bezbiałkowej (BB) przedstawiono w tabeli 9.

Tabela 9. Skład chemiczny diet (% s.m.)

Table 9. Chemical composition (% DM) of diets

Składnik Ingredient	Dieta – Diet ¹				
	MR	MM	MMK	MD	BB
Sucha masa, % Dry matter, %	96,9	95,8	96,2	96,7	95,7
Substancja organiczna Organic matter	86,8	79,2	75,7	90,4	90,9
Białko ogólne (N x 6,25) Total protein (N x 6,25)	44,4	40,6	35,6	47,5	0,8
Tłuszcz surowy Crude fat	18,4	15,6	16,1	19,2	15,4
Popiół surowy Crude ash	10,1	16,5	20,5	6,3	4,7

¹ objaśnienia jak w tab. 8 – for explanations, see Table 8

Tabela 10. Skład aminokwasowy diet (g/16 g N)
Table 10. Amino acid composition (g/16 g N) of diets

Aminokwas Amino acid	Dieta – Diet ¹			
	MR	MM	MMK	MD
Arg	5,98	6,51	6,71	7,21
Phe	4,25	3,66	3,51	4,43
His	2,26	2,57	2,10	1,65
Ile	4,69	3,21	3,13	4,16
Leu	7,83	6,56	6,18	7,50
Lys	8,21	5,55	4,69	4,29
Met	2,69	1,41	1,07	1,27
Thr	4,55	3,50	3,50	4,33
Trp	1,04	0,70	0,61	0,88
Val	5,50	4,63	4,69	6,01
Ala	6,15	6,88	7,25	5,89
Asp	9,68	8,58	8,44	8,23
Cys	0,90	1,83	1,24	2,60
Glu	13,97	12,72	12,11	12,57
Gly	5,70	11,13	13,08	9,45
Pro	3,92	7,31	8,60	8,08
Ser	4,27	3,86	4,65	7,23
Tyr	3,24	2,50	2,35	3,00
Niezbędne – Essential	47,00	38,30	36,19	41,73
Nie-niezbędne – Nonessential	47,83	53,81	57,72	57,05
Ogółem – Total	94,83	92,11	93,91	98,78
Niezbędne/Nie-niezbędne, % Essential/Nonessential, %	50:50	41:59	39:61	42:58

¹ MR – dieta z mączką rybną – fish meal diet

MM – dieta z mączką mięsną – meat meal diet

MMK – dieta z mączką mięsno-kostną – meat-and-bone meal diet

MD – dieta z mączką drobiową – poultry meal diet

Zawartość białka ogólnego, wyrażona w % suchej masy, wynosiła od 35,6 w diecie MMK do 47,5% w diecie MD. Zawartość tłuszczu surowego była bardziej wyrównana i wynosiła w dietach MM i MD odpowiednio 15,6 i 19,2%. Diety różniły się natomiast zawartością popiołu surowego, którego udział stanowił od 6,3 w diecie MD do 20,5% w diecie MMK.

W tabeli 10 podano skład aminokwasowy (g/16 g N) diet doświadczalnych, który jest zbliżony do przedstawionego w tabeli 7 składu aminokwasowego badanych surowców paszowych.

5.3. SKŁAD CHEMICZNY I AMINOKWASOWY TREŚCI JELITOWEJ

W treści jelita cienkiego stwierdzono istotnie mniejszą ($P < 0,05$) zawartość suchej masy przy skarmianiu diety z udziałem mączki rybnej (MR) niż po dietach z mączką mięsną (MM), mięsno-kostną (MMK) i drobiową (MD) (tab. 11).

Tabela 11. Skład chemiczny treści jelitowej (% s.m.)

Table 11. Chemical composition (% DM) of ileal digesta

Składnik Ingredient	Dieta – Diet ¹									
	MR		MM		MMK		MD		BB	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Sucha masa, % Dry matter, %	90,5 ^a	0,05	93,1 ^b	0,65	93,6 ^b	0,18	93,7 ^b	0,74	92,5	0,24
Substancja organiczna Organic matter	62,8 ^a	1,32	59,9 ^a	3,50	63,0 ^a	3,70	78,3 ^b	1,04	77,8	2,63
Białko ogólne (N x 6,25) Total protein (N x 6,25)	37,6 ^a	0,30	37,4	0,28	33,2 ^b	0,14	56,0 ^c	0,25	4,8	0,10
Tłuszcz – Fat	4,38 ^a	0,83	2,4 ^{bc}	0,24	4,1 ^{ac}	0,72	3,3 ^c	0,49	8,0	0,35
Popiół – Ash	27,7 ^a	1,32	33,2 ^b	3,44	30,5 ^{ab}	3,85	15,4 ^c	0,72	14,7	2,28

¹ objaśnienia jak w tab. 8 – for explanations, see Table 8

a..c – wartości średnie w rzędach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($P < 0,05$) – means in rows with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$)

Zawartość białka w treści pokarmowej po badanych dietach była bardziej zróżnicowana i wynosiła od 33,2 na diecie MMK do 56,0% s.m. na diecie MD. Najmniej białka (4,8% s.m.) zawierała natomiast treść pokarmowa z jelita cienkiego lisów polarnych karmionych dietą bezbiałkową (BB). W składzie chemicznym treści jelitowej lisów na diecie MD stwierdzono istotnie większą ($P < 0,05$) zawartość substancji organicznej (78,3%) i białka (56,0%) oraz istot-

nie mniejszą ($P < 0,05$) zawartość popiołu surowego (15,4%) w porównaniu ze składem treści po pozostałych dietach białkowych. Najwięcej popiołu zawierała natomiast treść jelitowa po diecie MM (33,2%) i MMK (30,5%).

Suma wszystkich aminokwasów oznaczonych w treści jelita cienkiego (tab. 12) była mniejsza niż w dietach doświadczalnych (tab. 10).

Tabela 12. Skład aminokwasowy treści jelitowej (g/16 g N)

Table 12. Amino acid composition (g/16 g N) of ileal digesta

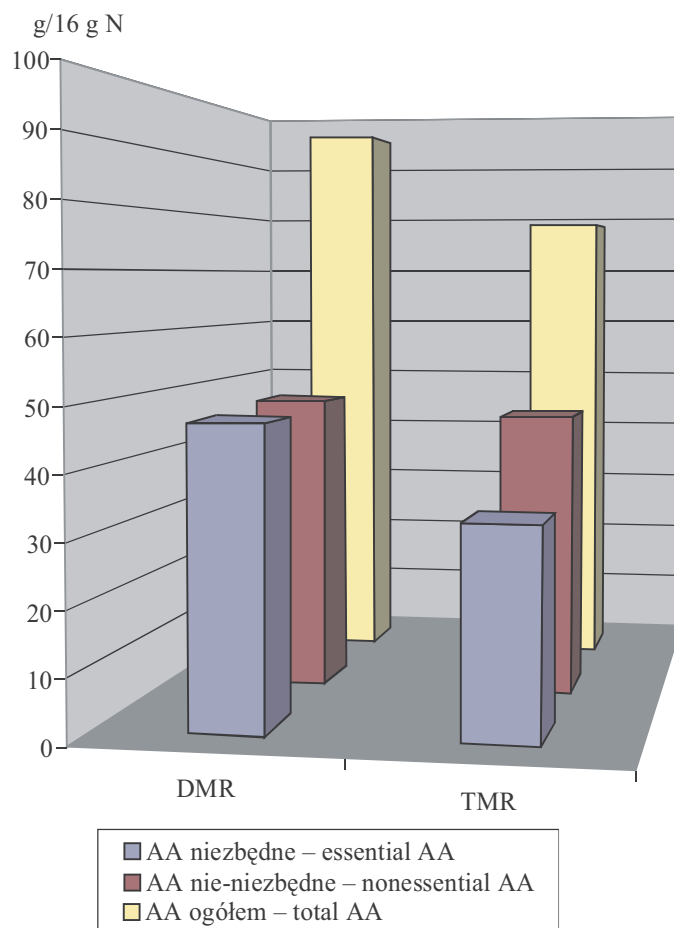
Aminokwas Amino acid	Dieta – Diet ¹									
	MR		MM		MMK		MD		BB	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Arg	2,91 ^a	0,05	3,89 ^b	0,10	4,55 ^{cd}	0,11	4,47 ^d	0,15	3,31	0,12
Phe	2,86 ^a	0,05	3,00 ^{bc}	0,09	2,99 ^c	0,03	3,95 ^d	0,09	2,03	0,12
His	2,15 ^a	0,09	2,91 ^b	0,03	2,01 ^a	0,09	1,79 ^c	0,08	1,48	0,04
Ile	3,48 ^a	0,05	3,10 ^{bc}	0,11	3,05 ^c	0,12	3,88 ^d	0,09	2,52	0,10
Leu	5,23 ^a	0,05	5,91 ^b	0,17	5,58 ^c	0,15	6,97 ^d	0,12	4,57	0,18
Lys	5,12 ^a	0,06	5,24 ^a	0,21	3,69 ^b	0,10	4,24 ^c	0,10	2,96	0,85
Met	1,76 ^a	0,03	1,23 ^b	0,05	0,86 ^c	0,03	1,13 ^d	0,03	0,96	0,02
Thr	4,09 ^a	0,09	3,96 ^{ab}	0,15	3,83 ^b	0,18	4,61 ^c	0,12	6,39	0,12
Trp	0,80 ^a	0,03	0,75 ^{ac}	0,07	0,52 ^b	0,05	0,68 ^c	0,03	0,81	0,09
Val	4,33 ^a	0,04	4,47 ^{ab}	0,14	4,70 ^b	0,16	5,95 ^c	0,13	4,01	0,15
Ala	4,68 ^a	0,08	5,85 ^{bc}	0,12	5,74 ^c	0,07	5,50 ^d	0,07	3,91	0,11
Asp	13,80 ^a	0,48	14,19 ^a	0,14	11,44 ^{bc}	0,39	11,71 ^c	0,40	6,31	0,15
Cys	1,61 ^a	0,04	1,60 ^a	0,04	2,50 ^b	0,07	3,64 ^c	0,12	3,84	0,22
Glu	10,25 ^a	0,14	12,43 ^{bd}	0,45	11,32 ^c	0,35	13,01 ^d	0,35	8,40	0,33
Gly	5,88 ^a	0,25	10,10 ^b	0,12	11,45 ^c	0,28	8,46 ^d	0,30	3,82	0,08
Pro	3,41 ^a	0,14	5,88 ^b	0,17	7,48 ^{cd}	0,11	7,58 ^d	0,11	4,55	0,11
Ser	3,96 ^a	0,07	4,25 ^b	0,11	5,35 ^c	0,14	6,98 ^d	0,07	5,30	0,18
Tyr	2,05 ^a	0,03	2,09 ^a	0,11	1,94 ^b	0,05	2,72 ^c	0,20	1,86	0,13
Niezbędne Essential	32,73 ^a	0,39	34,44 ^b	0,95	31,77 ^a	0,75	37,66 ^c	0,72	29,04	1,54
Nie-niezbędne Nonessential	45,63 ^a	1,11	56,39 ^{bc}	1,01	57,22 ^c	0,81	59,60 ^d	1,37	37,98	1,13
Ogółem – Total	78,36 ^a	1,47	90,83 ^{bc}	1,94	88,98 ^c	1,46	97,26 ^d	1,95	67,02	2,55
Niezbędne/Nie- niezbędne, % Essential/Non- essential, %	42:58		38:62		36:64		39:61		43:57	

¹ objaśnienia jak w tab. 8 – for explanations, see Table 8

a..d – wartości średnie w rzędach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($P < 0,05$) – means in rows with different superscripts differ significantly ($P < 0,05$)

W treści pokarmowej po diecie MR suma aminokwasów (78,36%) była istotnie najmniejsza ($P < 0,05$), co było spowodowane istotnym ($P < 0,05$) zmniejszeniem ilości aminokwasów niezbędnych w treści (rys. 1). Spadek za-

wartości tych aminokwasów spowodował wyraźną zmianę proporcji między aminokwasami niezbędnymi a nie-niezbędnymi (42:58%).



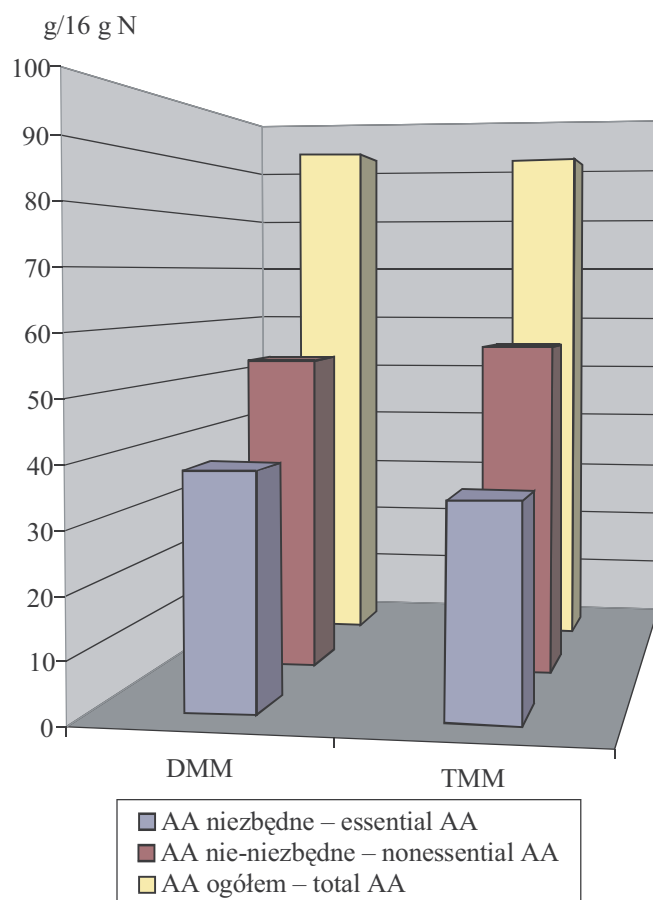
Rys. 1. Zawartość aminokwasów (g/16 g N) w diecie z udziałem mączki rybnej (DMR) i w treści jelitowej po tej diecie (TMR)

Fig. 1. Content of amino acids (g/16 g N) in fish meal diet (DMR) and in ileal digesta after that diet (TMR)

Po skarmianiu pozostałych diet zmiana ta była nieznaczna i wynikała przede wszystkim ze zmniejszenia się w treści puli aminokwasów niezbędnych (rys. 2-4).

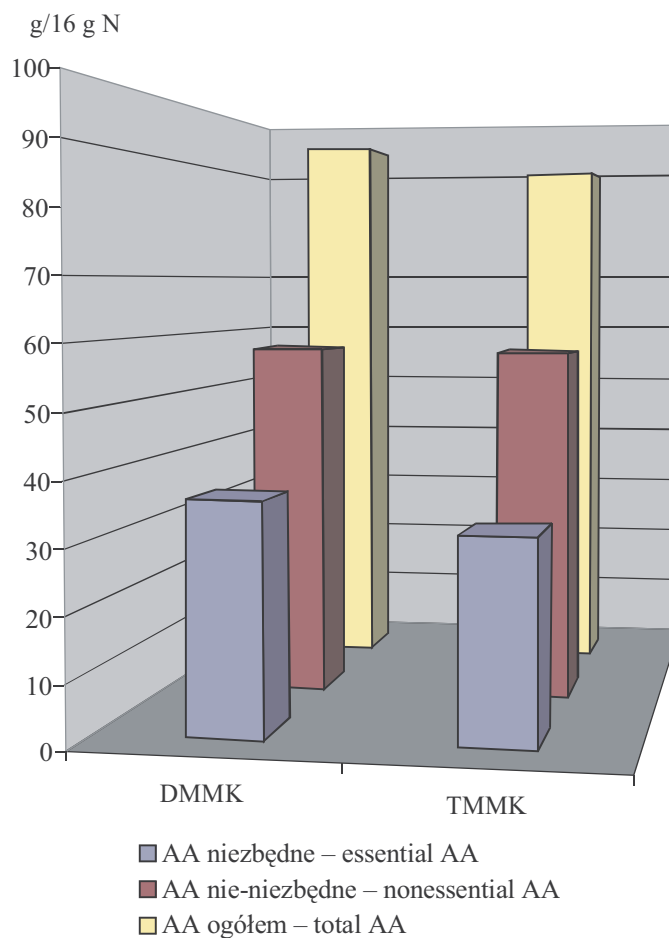
Do aminokwasów, których było mniej w treści niż w badanych dietach należały: arginina, lizyna, tyrozyna, metionina, leucyna i fenyloalanina po diecie MR, arginina, prolina, fenyloalanina, tyrozyna, alanina i metionina po diecie MM, arginina, lizyna, alanina, metionina, tyrozyna i tryptofan po diecie MMK

oraz arginina, tryptofan, fenyloalanina, metionina, glicyna i tyrozyna po diecie MD. Aminokwasy o większej zawartości w treści niż w dietach to: cystyna, kwas asparaginowy i glicyna po diecie MR, kwas asparaginowy, treonina, seryna i tryptofan po diecie MM, cystyna, kwas asparaginowy, seryna i treonina po diecie MMK oraz kwas asparaginowy, cystyna, histydyna, treonina i kwas glutaminowy po diecie MD.



Rys. 2. Zawartość aminokwasów (g/16 g N) w diecie z udziałem mączki mięsnej (DMM) i w treści jelitowej po tej diecie (TMM)

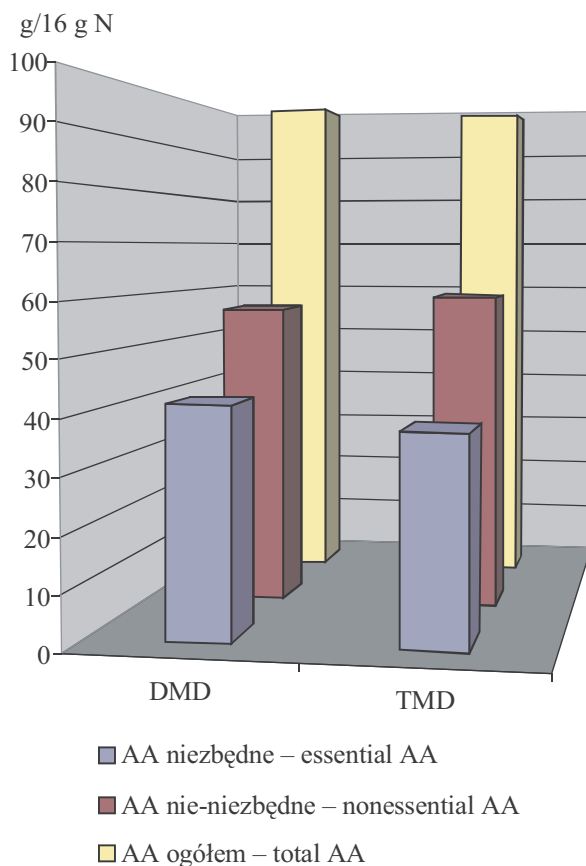
Fig. 2. Content of amino acids (g/16 g N) in meat meal diet (DMM) and in ileal digesta after that diet (TMM)



Rys. 3. Zawartość aminokwasów (g/16 g N) w diecie z udziałem mączki mięsno-kostnej (DMMK) i w treści jelitowej po tej diecie (TMMK)

Fig. 3. Content of amino acids (g/16 g N) in meat-and-bone meal diet (DMMK) and ileal digesta after that diet (TMMK)

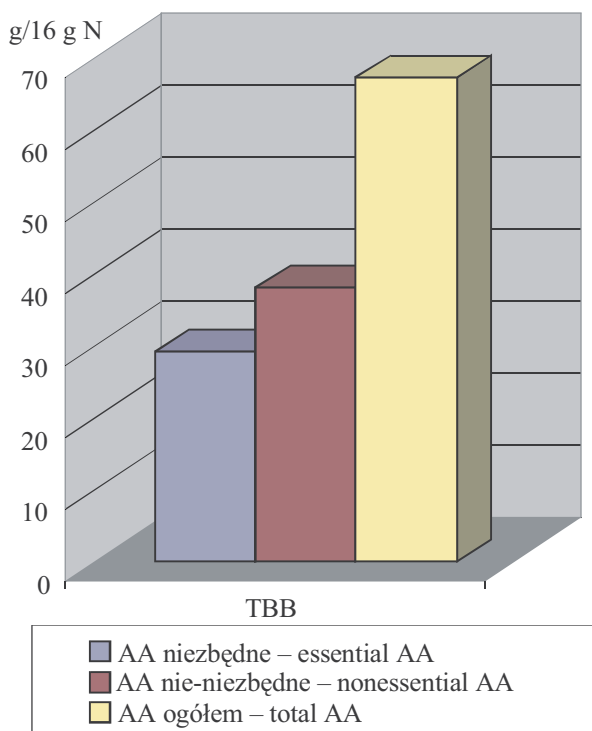
Zawartość białka endogennego w treści z jelita cienkiego lisów żywionych dietą bezbiałkową (BB), wyrażona w % suchej masy była mała i wynosiła 4,8%. Procentowy udział białka w treści jelitowej po dietach MR, MM, MMK i MD był znacznie większy i kształtował się odpowiednio na poziomie: 37,6; 37,4; 33,2; i 56,0% s.m. Zawartość aminokwasów endogennych w treści po diecie BB, podobnie jak zawartość białka, była również zdecydowanie mniejsza niż w treści po dietach MR, MM, MMK i MD (z udziałem białka).



Rys. 4. Zawartość aminokwasów (g/16 g N) w diecie z udziałem mączki drobiowej (DMD) i w treści jelitowej po tej diecie (TMD)

Fig. 4. Content of amino acids (g/16 g N) in poultry meal diet (DMD) and in ileal digesta after that diet (TMD)

Wyrażony w g/16 g N endogenny skład aminokwasowy treści jelitowej po diecie bezbiałkowej charakteryzował się stosunkowo dużą zawartością treoniny, kwasu asparaginowego, cystyny, kwasu glutaminowego, proliny i seryny, która stanowiła odpowiednio: 9,5; 9,4; 5,7; 12,5; 6,8 i 7,9% sumy wszystkich aminokwasów. Zawartość aminokwasów niezbędnych wynosiła 43%, a aminokwasów nie-niezbędnych 57% puli wszystkich aminokwasów endogennych (rys. 5). W porównaniu ze składem chemicznym treści po dietach białkowych treść po diecie bezbiałkowej zawierała zbliżoną ilość suchej masy, większą substancji organicznej i tłuszczu oraz mniejszą popiołu surowego (tab. 11).



Rys. 5. Zawartość aminokwasów endogennych (g/16 g N) w treści jelitowej po diecie bezbiałkowej (TBB)

Fig. 5. Content of endogenous amino acids (g/16 g N) in ileal digesta after protein-free diet (TBB)

5.4. JELITOWA STRAWNOŚĆ POZORNA BIAŁKA I INNYCH SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH

W tabeli 13 podano wartości współczynników strawności pozornej białka i innych składników pokarmowych do końca jelita cienkiego lisów żywionych dietami z udziałem różnych mączek pochodzenia zwierzęcego i dietą bezbiałkową. Wartości te wyliczono z różnicy między ilością składników pokarmowych pobranych w paszy a wydanych z treścią z końcowego odcinka jelita cienkiego. Statystycznie istotnie największą ($P < 0,05$) strawność pozorną białka stwierdzono w diecie zawierającej mączkę rybną (79,4%). Zdecydowanie gorzej trawione było białko mączki mięsnej (59,3%), mięsno-kostnej (56,3%) i drobiowej (55,7%). Strawność pozorna suchej masy, substancji organicznej, tłuszczu i popiołu diety MR była istotnie większa ($P < 0,05$) niż diet MM, MMK i MD.

Tabela 13. Jelitowa strawność pozorna składników pokarmowych (%)

Table 13. Apparent ileal digestibility (%) of nutrients

Składnik Ingredient	Dieta – Diet ¹									
	MR		MM		MMK		MD		BB	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Sucha masa Dry matter	77,5 ^a	1,29	57,3 ^b	1,36	54,5 ^b	2,57	63,4 ^c	1,78	67,1	6,24
Substancja organiczna Organic matter	82,5 ^a	1,59	66,8 ^b	2,00	60,9 ^c	1,02	67,4 ^b	1,97	70,9	7,34
Białko ogólne Total protein	79,4 ^a	1,40	59,3 ^b	2,38	56,3 ^b	1,57	55,7 ^b	2,05	- 112,5	15,46
Tłuszcz – Fat	94,2 ^{ad}	1,23	92,3 ^b	0,27	88,2 ^c	1,73	93,7 ^{ab}	0,97	82,2	3,47
Popiół – Ash	33,7 ^a	1,99	12,2 ^b	8,74	29,7 ^a	11,26	8,6 ^b	1,70	-2,6	4,63

¹ objaśnienia jak w tab. 8 – for explanations, see Table 8

a..d – wartości średnie w rzędach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($P < 0,05$) – means in rows with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$)

5.5. JELITOWA STRAWNOŚĆ POZORNA AMINOKWASÓW

Wyniki pozornej strawności aminokwasów w jelicie cienkim lisów polarnych z zespoleniami jelitowo-rektalnymi przedstawiono w tabeli 14. Spośród ocenianych mączek pochodzenia zwierzęcego najlepsza była strawność aminokwasów mączki rybnej ($P < 0,05$), średnio 79,2%. Współczynniki strawności pozornej aminokwasów z mączki drobiowej, mięsnej i mięsno-kostnej były o 16,2-25,2 jednostek procentowych niższe. Przy żywieniu wszystkimi dietami jelitowa strawność pozorna aminokwasów niezbędnych była o 5,3-10,2 jednostek procentowych wyższa od strawności aminokwasów nie-niezbędnych (tab. 14, rys. 6).

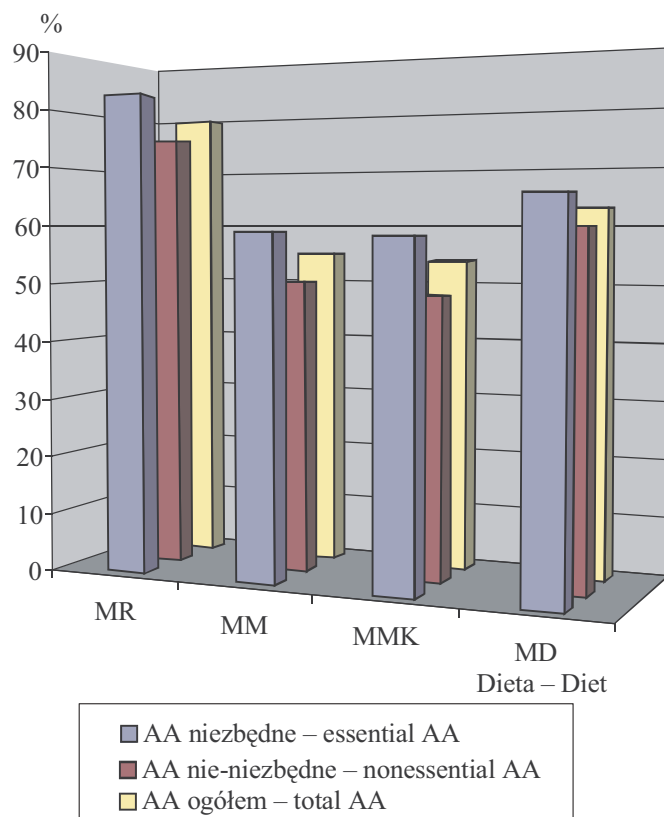
Tabela 14. Jelitowa strawność pozorna aminokwasów (%)
Table 14. Apparent ileal digestibility (%) of amino acids

Aminokwas Amino acid	Dieta – Diet ¹							
	MR		MM		MMK		MD	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Arg	88,2 ^a	0,85	73,7 ^b	1,45	68,2 ^c	2,25	76,7 ^d	1,27
Phe	83,7 ^a	1,17	64,0 ^b	2,07	60,1 ^c	1,98	66,4 ^b	1,62
His	76,9 ^a	2,13	53,2 ^b	6,79	55,2 ^b	1,16	59,0 ^b	3,58
Ile	82,0 ^a	1,28	57,2 ^b	2,60	54,4 ^b	1,46	64,9 ^c	2,16
Leu	83,8 ^a	1,05	60,5 ^{bc}	2,09	57,7 ^b	1,44	64,0 ^c	2,69
Lys	84,9 ^a	0,88	58,6 ^b	1,95	63,2 ^c	1,77	62,8 ^c	2,59
Met	84,1 ^a	0,96	61,8 ^b	1,94	62,3 ^b	2,46	66,3 ^c	2,22
Thr	78,2 ^a	1,65	50,4 ^b	2,14	50,3 ^b	1,88	59,8 ^c	2,81
Trp	81,3 ^a	1,64	53,0 ^b	5,71	60,2 ^c	2,40	71,0 ^d	2,47
Val	80,9 ^a	1,22	57,6 ^b	2,45	53,1 ^c	1,32	62,7 ^d	1,97
Ala	81,5 ^a	1,21	62,7 ^b	1,79	62,9 ^b	2,15	64,8 ^b	2,07
Asp	65,4 ^a	2,85	27,4 ^b	2,00	36,6 ^c	1,85	47,1 ^d	4,03
Cys	56,4 ^a	3,27	15,5 ^b	1,41	6,1 ^c	2,94	47,3 ^d	2,39
Glu	82,2 ^a	1,23	57,1 ^{bc}	2,29	56,2 ^b	1,52	61,0 ^c	2,78
Gly	74,9 ^a	2,36	60,2 ^b	1,61	58,3 ^{bd}	2,85	66,2 ^c	2,77
Pro	78,9 ^a	2,08	64,7 ^b	1,54	59,2 ^c	2,13	64,6 ^b	2,15
Ser	77,5 ^a	1,69	51,7 ^b	1,54	46,2 ^c	2,25	63,6	1,94
Tyr	84,6 ^a	1,00	63,2 ^b	2,99	61,3 ^b	2,17	65,7 ^b	3,89
Niezbędne Essential	82,4 ^a	1,26	59,0 ^b	2,67	58,5 ^b	1,19	65,3 ^c	2,18
Nie-niezbędne Nonessential	75,2 ^a	1,94	50,3 ^b	1,75	48,3 ^b	2,04	60,0 ^c	2,60
Ogółem – Total	79,2 ^a	1,56	55,2 ^b	2,24	54,0 ^b	1,51	63,0 ^c	2,37

¹ objaśnienia jak w tab. 10 – for explanations, see Table 10

a..d – wartości średnie w rzędach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($P < 0,05$) – means in rows with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$)

Strawność poszczególnych aminokwasów była zróżnicowana i zależała od rodzaju diety. Spośród aminokwasów niezbędnych najwyższe współczynniki jelitowej strawności pozornej uzyskały arginina, lizyna, metionina, leucyna i fenyloalanina (88,2-83,7%) po diecie MR, arginina, tryptofan, fenyloalanina, metionina i izoleucyna (76,7-64,9%) po diecie MD, arginina, fenyloalanina, metionina, leucyna i lizyna (73,7-58,6%) po diecie MM oraz arginina, lizyna, metionina, tryptofan i fenyloalanina (68,2-60,1%) po diecie MMK. Najniższymi współczynnikami strawności przy żywieniu wszystkimi badanymi dietami charakteryzowały się treonina (78,2-50,3%) i histydyna (76,9-53,2%).



Rys. 6. Jelitowa strawność pozorna aminokwasów (%)
 Fig. 6. Apparent ileal digestibility (%) of amino acids

Spośród aminokwasów nie-niezbędnych najlepiej wchłaniane w jelicie cienkim lisów były: tyrozyna, kwas glutaminowy i alanina (84,6-81,5%) po diecie MR, glicyna, tyrozyna i alanina (66,2-64,8%) po diecie MD, prolina, tyrozyna i alanina (64,7-62,7%) po diecie MM oraz alanina, tyrozyna i prolina (62,9-59,2%) po diecie MMK. Do aminokwasów nie-niezbędnych najgorzej wchłanianych do końca jelita cienkiego lisów należały natomiast cystyna (56,4-6,1%) i kwas asparaginowy (65,4-27,4%) przy żywieniu wszystkimi badanymi dietami.

5.6. JELITOWA STRAWNOŚĆ RZECZYWISTA BIAŁKA I AMINOKWASÓW

Współczynniki jelitowej strawności rzeczywistej białka i aminokwasów przedstawiono w tabeli 15. Największą jelitową strawnością rzeczywistą białka (83,3%) stwierdzono u lisów żywionych dietą MR z mączką rybną. Statystycz-

nie istotnie mniejsze ($P < 0,05$) wartości współczynników rzeczywistej strawności białka odnotowano natomiast po dietach MM (63,2%) z mączką mięsną, MMK (60,9%) z mączką mięsno-kostną i MD (59,4%) z mączką drobiową. Strawność rzeczywista białka była większa od strawności pozornej tego składnika pokarmowego, a różnice między średnimi wartościami współczynników strawności rzeczywistej i pozornej były jednak nieznaczne i wynosiły od 3,7 jednostek procentowych dla białka z diety MD do 4,6 jednostek procentowych dla białka zawartego w diecie MMK (tab. 13, 15).

Strawność rzeczywista sumy aminokwasów była po dietach MR, MM i MMK nieznacznie większa, a po diecie MD mniejsza od strawności rzeczywistej białka. Największą średnią strawność rzeczywistą wszystkich aminokwasów stwierdzono po diecie MR (82,5%). Była ona istotnie większa ($P < 0,05$) od średnich wartości współczynników strawności rzeczywistej sumy aminokwasów z diet MM, MMK i MD, które wynosiły odpowiednio: 59,1; 57,9 i 65,6%, przy czym strawność rzeczywista aminokwasów białka mączki drobiowej była istotnie większa ($P < 0,05$) od strawności rzeczywistej aminokwasów zawartych w białku mączek mięsnej i mięsno-kostnej. Uzyskane dla sumy aminokwasów średnie wartości współczynników strawności rzeczywistej dla aminokwasów niezbędnych i nie-niezbędnych oraz poszczególnych aminokwasów były również, jak w przypadku białka, nieznacznie wyższe od średnich wartości współczynników strawności pozornej. Największe różnice stwierdzono dla aminokwasów nie-niezbędnych, wynosiły one od 2,7 jednostek procentowych dla diety MD do 5,0 jednostek procentowych dla diety MM (tab. 14, 15). Białko mączki rybnej (dieta MR) wyróżniała także największa i najmniej zróżnicowana strawność rzeczywista aminokwasów niezbędnych (84,7%) i nie-niezbędnych (79,8%). Strawność rzeczywista tych aminokwasów zawartych w pozostałych badanych mączkach była istotnie mniejsza ($P < 0,05$) i bardziej zróżnicowana. Należy przy tym zaznaczyć, że aminokwasy niezbędne i nie-niezbędne białka mączki drobiowej były istotnie lepiej trawione ($P < 0,05$) niż mączki mięsnej i mięsno-kostnej (tab. 15, rys. 7).

Strawność rzeczywista poszczególnych aminokwasów zależała od rodzaju trawionego białka, przy czym była ona większa i mniej zróżnicowana od strawności pozornej aminokwasów. Przy żywieniu dietami z udziałem badanych źródeł białka aminokwasami najlepiej wchłanianymi do końca jelita cienkiego lisów były: arginina (90,2%), lizyna (86,5%), leucyna (86,0%), metionina (85,4%) i fenyloalanina (85,4%) z białka diety MR, arginina (78,2%), tryptofan (73,8%), metionina (68,8%) i fenyloalanina (68,0%) z białka diety MD, arginina (75,8%), fenyloalanina (66,2%) i metionina (64,4%) z białka diety MM oraz arginina (70,4%), lizyna (66,8%), metionina (66,2%) i tryptofan (65,5%) z białka diety MMK, a najgorzej wchłanianymi – histydyna (79,2-55,4%) i treonina (82,6-57,8%) przy żywieniu wszystkimi badanymi dietami.

Tabela 15. Jelitowa strawność rzeczywista białka i aminokwasów (%)

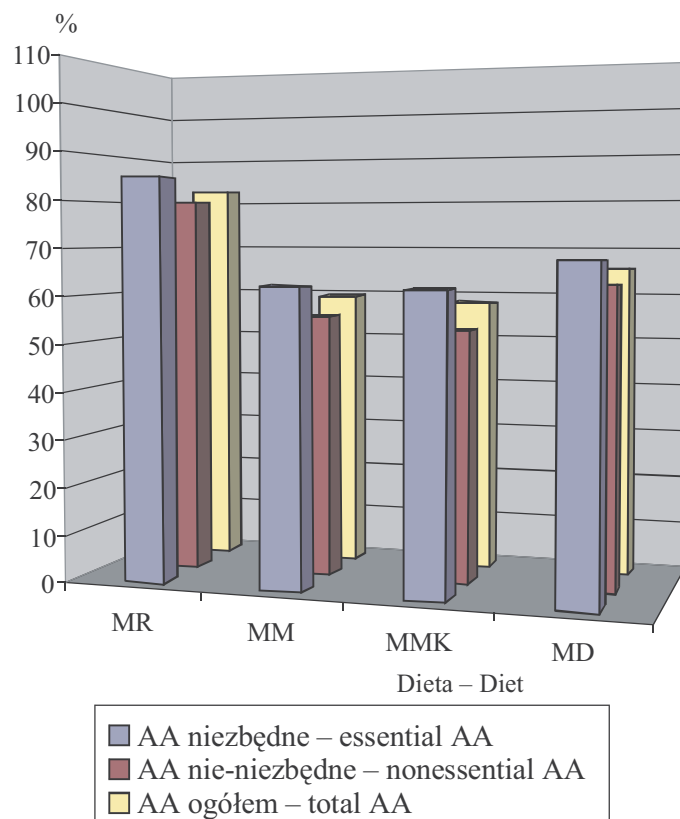
Table 15. True ileal digestibility (%) of protein and amino acids

Aminokwas Amino acid	Dieta – Diet ¹							
	MR		MM		MMK		MD	
	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
Arg	90,2 ^a	0,80	75,8 ^b	1,45	70,4 ^c	2,39	78,2 ^d	1,43
Phe	85,4 ^a	1,07	66,2 ^b	2,15	62,8 ^c	1,99	68,0 ^b	1,80
His	79,2 ^a	2,16	55,4 ^b	7,52	58,4 ^{bc}	1,03	61,9 ^c	4,07
Ile	83,9 ^a	1,27	60,7 ^b	2,57	58,1 ^b	1,57	66,9 ^c	2,47
Leu	86,0 ^a	1,00	63,3 ^b	2,06	61,2 ^b	1,52	66,1 ^c	2,90
Lys	86,5 ^a	1,06	61,3 ^b	2,12	66,8 ^c	2,24	65,7 ^c	3,24
Met	85,4 ^a	0,94	64,4 ^b	2,02	66,2 ^{bc}	2,57	68,8 ^c	2,32
Thr	82,6 ^a	2,23	57,8 ^b	2,18	58,7 ^b	2,70	65,0 ^c	3,20
Trp	84,1 ^a	1,88	57,2 ^b	6,63	65,5 ^c	2,08	73,8 ^d	2,66
Val	83,6 ^a	1,15	61,1 ^b	2,39	57,1 ^c	1,27	65,0 ^d	2,29
Ala	83,9 ^a	1,21	65,1 ^b	2,01	65,4 ^b	2,26	67,0 ^b	2,31
Asp	67,8 ^a	3,05	30,4 ^b	2,01	40,0 ^c	1,87	49,7 ^d	4,52
Cys	72,4 ^a	2,72	34,8 ^b	2,60	20,4 ^c	1,69	52,5 ^d	2,79
Glu	84,4 ^a	1,24	59,7 ^b	2,32	59,5 ^b	1,57	64,3 ^c	1,47
Gly	77,4 ^a	2,51	61,5 ^b	1,68	59,6 ^b	3,15	67,5 ^c	3,15
Pro	83,1 ^a	2,18	67,2 ^b	1,59	61,7 ^c	2,28	66,5 ^b	2,37
Ser	82,1 ^a	1,70	57,3 ^b	1,35	51,4 ^c	2,30	66,1 ^d	2,19
Tyr	86,7 ^a	0,88	66,2 ^b	3,01	65,0 ^b	2,12	67,8 ^b	4,30
Niezbędne Essential	84,7 ^a	1,18	62,3 ^b	2,74	61,9 ^b	1,58	67,9 ^c	2,43
Nie-niezbędne Nonessential	79,8 ^a	1,87	55,3 ^b	1,46	52,9 ^b	1,90	62,7 ^c	2,70
Ogółem – Total	82,5 ^a	1,47	59,1 ^b	2,01	57,9 ^b	1,33	65,6 ^c	2,58
Białko – Protein	83,3 ^a	1,33	63,2 ^b	2,20	60,9 ^b	1,41	59,4 ^b	2,02

¹ objaśnienia jak w tab. 10 – for explanations, see Table 10

a..d – wartości średnie w rzędach oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ($P < 0,05$) – means in rows with different superscripts differ significantly ($P < 0.05$)

Spośród testowanych mączek zwierzęcych statystycznie istotnie największą ($P < 0,05$) strawność rzeczywistą metioniny stwierdzono po diecie MR (85,4%), a najniższą po diecie MM (64,4%). Strawność rzeczywista tego aminokwasu z białka diet MMK i MD wynosiła odpowiednio 66,2 i 68,8%. Strawność rzeczywista aminokwasów niezbędnych była nieznacznie wyższa od ich strawności pozornej, przy czym największe różnice stwierdzono dla aminokwasów z białka mączki mięsnej i mięsno-kostnej. Spośród aminokwasów niezbędnych zdecydowanie wyższe współczynniki strawności rzeczywistej od pozornej odnotowano dla treoniny, a różnice dla diet MR, MM, MMK i MD wynosiły odpowiednio: 4,4; 7,4; 8,4 i 5,2 jednostek procentowych (tab. 14, 15).



Rys. 7. Jelitowa strawność rzeczywista aminokwasów (%)
 Fig. 7. True ileal digestibility (%) of amino acids

Najlepiej uwalnianym aminokwasem nie-niezbędnym z białka badanych mączek była tyrozyna, a najgorzej kwas asparaginowy i cystyna, przy czym dla tyrozyny i kwasu asparaginowego odnotowano małe, a dla cystyny zdecydowanie większe różnice między strawnością rzeczywistą a pozorną (tab. 14, 15). Statystycznie istotnie największą ($P < 0,05$) strawność rzeczywistą cystyny stwierdzono w jelicie cienkim lisów po diecie MR (72,4%), pośrednią po diecie MD (52,5%), a najmniejszą po dietach MM (34,8%) i MMK (20,4%). Należy zaznaczyć, że strawność rzeczywista cystyny była znacząco większa od strawności pozornej tego aminokwasu, a różnice między współczynnikami strawności dla diet MR, MM, MMK i MD wynosiły odpowiednio: 16,0; 19,3; 14,3 i 5,2 jednostek procentowych.

6. DYSKUSJA

Lisy polarne z zespoleniami jelitowo-rektalnymi były przez cały okres badań w bardzo dobrej kondycji fizycznej i zdrowotnej. Miały dobry apetyt i podawaną paszę wyjadały w całości.

Skład chemiczny i aminokwasowy mączki rybnej stosowanej w badaniach wskazuje, że była wyprodukowana na bazie wyłącznego lub przeważającego udziału mięsa pełnej ryby [Skrede 1977, 1978a, 1979a, Jørgensen i wsp. 1984, Kiiskinen i wsp. 1985, Knabe i wsp. 1989, Szymeczko i Skrede 1990, Szymeczko i wsp. 1992, Szymeczko i Podkówka 1994, Makkink i wsp. 1997, Skrede i wsp. 1998, Ahlstrøm i wsp. 2000, Ljøkjel i wsp. 2000, Szymeczko 2001, Skrede i Ahlstrøm 2004].

Mączki mięsna i mięsno-kostna pochodziły z odpadów poubojowych, na co wskazuje duża zawartość popiołu i tłuszczu oraz znaczny udział cystyny, seryny i proliny w białku [Mello i wsp. 1975, Jørgensen i wsp. 1984, Kiiskinen i wsp. 1985, Batterham i Darnell 1986, Parsons 1986, Knabe i wsp. 1989, Nguyen i Zarkadas 1989, Murray i wsp. 1997, Parsons i wsp. 1997, Johnson i wsp. 1998, Wang i Parsons 1998a, b, Ahlstrøm i wsp. 2000].

Najwięcej białka, cystyny, seryny i proliny miała mączka drobiowa. Jednocześnie niski udział lizyny, metioniny i tryptofanu oraz popiołu wskazuje, że była ona wyprodukowana z różnego rodzaju odpadów poubojowych miękkich ze znaczną domieszką piór [Burgos i wsp. 1974, Kiiskinen i wsp. 1985, Knabe i wsp. 1989, Han i Parsons 1990, Latshaw 1990, Douglas i wsp. 1997, Murray i wsp. 1997, Wang i Parsons 1997, Johnson i wsp. 1998, Yamka i wsp. 2003].

Metodą stosowaną dotychczas do oceny strawności poszczególnych składników pokarmowych, a zwłaszcza białka i aminokwasów w paszach dla mięsożernych zwierząt futerkowych (lisa, norki, jenota, tchórzofretki) była metoda zaproponowana przez Kuikena i Lymana [1948] oznaczania strawności białka i aminokwasów w całym przewodzie pokarmowym na podstawie porównania ilości tych składników pobranych z paszą i wydalonych w kale.

W badaniach oprócz wymienionej metody od wielu lat stosowana jest tzw. metoda jelitowa oznaczania strawności składników pokarmowych u różnych gatunków zwierząt monogastrycznych i ptaków. Polega ona na porównaniu ilości składników pokarmowych w paszy i przepływających w treści przez końcowy odcinek jelita cienkiego tych zwierząt. Za pomocą metody jelitowej oceniano wpływ różnych czynników doświadczalnych, np. poziomu i rodzaju białka oraz aminokwasów w diecie [Żebrowska 1971, 1973a, Żebrowska i Buraczewska 1972a, b, Just i wsp. 1985, Walker i wsp. 1986, Asche i wsp. 1989a, b, Fan i wsp. 1994, Hess i wsp. 1998, Mariotti i wsp. 1999, Bednar i wsp. 2000, Hendriks i Sritharan 2002, Yamka i wsp. 2003], różnego rodzaju i składu diet [Buraczewska i wsp. 1975b, Żebrowska i wsp. 1975, Haydon i wsp. 1984, Zuo

i wsp. 1996, Hendriks i Emmens 1998, Murray i wsp. 1998b], metod i parametrów obróbki termicznej surowców paszowych [Payne i wsp. 1968, Buraczewska i wsp. 1973, Rudolph i wsp. 1983, Graham i wsp. 1989, Herkleman i wsp. 1990, Marty i wsp. 1994, Fernández-Figares i wsp. 1995, Igbasan i Guenter 1996, Qin i wsp. 1996, Zhang i Parsons 1996, Huang i wsp. 1997, Marsman i wsp. 1997, Evenepoel i wsp. 1998, Grala i wsp. 1998b, Ljøkjel i wsp. 2000], rodzaju i poziomu włókna w diecie [Just i wsp. 1985, Mariscal-Landin i wsp. 1995, Muir i wsp. 1996, Grala i wsp. 1998a, b, c, Roverter i Lindberg 1998, Cole i wsp. 1999, Silvio i wsp. 2000, Bednar i wsp. 2001, Burkhalter i wsp. 2001], dodatku enzymów, probiotyków i prebiotyków [Almirall i wsp. 1995, Li i wsp. 1996, Biehl i Baker 1997, Schneitz i wsp. 1998, Ravindran i wsp. 1999, Tabeling i wsp. 1999, Flickinger i wsp. 2000, Hesta i wsp. 2001] oraz różnych metod eksperymentalnych [Fuller i Livingstone 1982, Picard i wsp. 1984, Mariscal-Landin i wsp. 1995, Yin i wsp. 1997, 2000, Viljoen i wsp. 1997, 1998, Bodin i wsp. 1998, Leterme i wsp. 1998, Ravindran i wsp. 1998, Wauer i wsp. 1999, van Leeuwen i wsp. 2000] na szybkość pasażu treści, efektywności trawienia i wchłaniania w jelicie cienkim różnych składników pokarmowych, a w szczególności białka i poszczególnych aminokwasów.

Pierwsze, i jak dotychczas jedyne badania nad porównaniem efektywności trawienia białka i wchłaniania aminokwasów do końca jelita cienkiego i w całym przewodzie pokarmowym nerek i lisów polarnych, żywionych dietami z udziałem różnych pasz białkowych i poziomu białka, zostały przeprowadzone przez autora prezentowanej pracy [Szymeczko i Skrede 1990, 1991, Szymeczko i wsp. 1992, Szymeczko i Burlikowska 1996, Szymeczko 2001, Vhile i wsp. 2005]. Podobnie jak u innych gatunków zwierząt monogastrycznych, tak i u nerek i lisów polarnych strawność pozorna białka i poszczególnych aminokwasów była niższa w jelicie cienkim niż w całym przewodzie pokarmowym, a wielkość tych różnic zależała przede wszystkim od rodzaju i poziomu białka w paszy.

Zdaniem wielu autorów, metoda jelitowa badania strawności białka i aminokwasów jest metodą dokładniejszą w ocenie ich dostępności dla zwierząt niż metoda ogólna. Umożliwia bowiem dokonanie pomiaru ilości aminokwasów wchłoniętych do końca jelita cienkiego, przed ich bakteryjną degradacją lub syntezą *de novo* w jelicie ślepyim i okrężnicy [Żebrowska 1973b, 1975, Żebrowska i wsp. 1978a, b, 1982, Sauer i wsp. 1980, Just i wsp. 1981, Gargallo i Zimmerman 1981, Wünsche i wsp. 1982, Rudolph i wsp. 1983, Jørgensen i wsp. 1984, Darcy-Vrillon 1991, Johnson 1992, Williams 1995, Hendriks i wsp. 1996, Buraczewska i wsp. 1999, Ragland i wsp. 1999, Hendriks i Sritharan 2002, Hendriks 2003]. W badaniach Justa i wsp. [1985] wykazano, że ilość białka odłożonego w ciele rosnących świń jest znacznie lepiej skorelowana z zawartością białka i aminokwasów strawnych, oznaczonych do końca jelita cienkiego niż z ich strawnością ogólną, oznaczoną w całym przewodzie pokarmowym. Yin i wsp. [1993] odnotowali również lepsze wykorzystanie paszy u rosnących świń, żywionych dawkami pokarmowymi optymalizowanymi na

bazie surowców o znanej, oznaczonej metodą jelitową, zawartości strawnych aminokwasów. Potwierdzeniem tych wyników są badania Buraczewskiej i Buraczewskiego [1997], w których stwierdzono większe zatrzymanie azotu i lepsze dzienne przyrosty masy ciała u rosnących świń karmionych zbilansowanymi dietami, pokrywającymi potrzeby pokarmowe tych zwierząt pod względem zawartości strawnych w jelicie cienkim aminokwasów.

Prezentowane wyniki badań własnych nad oceną stopnia strawności pozornej składników pokarmowych w jelicie cienkim lisów polarnych z zespoleniami jelitowo-rektalnymi wykazały statystycznie istotny, zależny od rodzaju testowanej mączki, stopień różnicowania strawności pozornej białka i aminokwasów. Spośród wszystkich ocenianych mączek istotnie największe wartości współczynników strawności pozornej białka i aminokwasów w jelicie cienkim lisów doświadczalnych stwierdzono przy żywieniu dietą MR z udziałem mączki rybnej, pośrednie po diecie MD zawierającej mączkę drobiową, a najmniejsze po dietach MM z mączką mięsną i MMK z mączką mięsno-kostną.

Strawność pozorna białka i aminokwasów, oznaczona w treści wydalonej z jelita cienkiego lisów po diecie zawierającej mączkę rybną, wynosiła odpowiednio 79,4 i 79,2%. W badaniach przeprowadzonych na norkach i lisach polarnych [Szymeczko i Skrede 1990, Szymeczko i wsp. 1992, Szymeczko 2001] oraz na świniach [Jørgensen i wsp. 1984, Sauer i Ozimek 1986, Knabe i wsp. 1989, Makkink i wsp. 1997], żywionych dietami z udziałem mączki rybnej stwierdzono niższe współczynniki jelitowej strawności pozornej białka i aminokwasów. Różnice między wynikami badań własnych a uzyskanymi przez cytowanych wyżej autorów mogły wynikać z odrębności gatunkowej zwierząt doświadczalnych, zastosowanej metody kolekcji treści pokarmowej i różnej jakości wykorzystanych w badaniach mączek rybnych. Do aminokwasów niezbędnych najlepiej wchłanianych do końca jelita cienkiego, podobnie jak w prezentowanych badaniach, należały arginina, metionina i lizyna, a najgorzej – treonina. Spośród aminokwasów nie-niezbędnych alanina i kwas glutaminowy były aminokwasami o najwyższej strawności pozornej, a cystyna, kwas asparaginowy i prolina należały do aminokwasów o najniższej jelitowej strawności pozornej. W badaniach van Leeuwena i wsp. [1996] na świniach z kaniułami jelitowymi umieszczonymi zgodnie z techniką PVTC (Post Valve T-Caecum) oraz w doświadczeniach Viljoena [1997, 1998] na świniach z zespoleniami jelitowo-rektalnymi „koniec do końca”, wykonanymi techniką IRA (Ileo-Rectal Anastomosis), stwierdzono natomiast wyższe współczynniki strawności dla białka, a zwłaszcza dla poszczególnych aminokwasów, od prezentowanych w badaniach własnych na lisach z zespoleniami jelitowo-rektalnymi „koniec do końca”.

Strawność pozorna białka i aminokwasów w jelicie cienkim lisów po diecie MD z udziałem mączki drobiowej wynosiła odpowiednio 55,7 i 63,0%. Wyższą strawność tych składników stwierdzono u psów z prostymi przetokami umieszczonymi w końcowym odcinku jelita cienkiego [Muir i wsp. 1996, Zuo

i wsp. 1996, Murray i wsp. 1997, Johnson i wsp. 1998, Bednar i wsp. 2000, Burkhalter i wsp. 2001, Yamka i wsp. 2003], karmionych dawkami pokarmowymi z udziałem lepszej jakości surowców użytych do produkcji drobiowych mączek doświadczalnych [Burgos i wsp. 1974, Knabe i wsp. 1989] i zastosowanego procesu obróbki termicznej (ekstruzja) diet przygotowanych z ich udziałem. W pracy Marsmana i wsp. [1997] wykazano bowiem, że ekstruzja śruty sojowej wpłynęła istotnie na wzrost strawności pozornej białka sojowego w jelicie cienkim kurcząt brojlerów. Podobnie jak u lisów doświadczalnych, głównie arginina i metionina były aminokwasami o najwyższej, a treonina o najniższej strawności pozornej w jelicie cienkim psów. Spośród aminokwasów nie-niezbędnych najlepiej wchłaniały się alanina, glutaminian i glicyna, a najgorzej cystyna i asparaginian [Muir i wsp. 1996, Zuo i wsp. 1996, Murray i wsp. 1997, Johnson i wsp. 1998, Bednar i wsp. 2000, Burkhalter i wsp. 2001, Yamka i wsp. 2003].

W badaniach na świniach [Żebrowska i wsp. 1982, Jørgensen i wsp. 1984, Sauer i Ozimek 1986, Knabe i wsp. 1989, van Leeuwen i wsp. 1996] i psach [Murray i wsp. 1997, Johnson i wsp. 1998] z przetokami umieszczonymi w końcowym odcinku jelita biodrowego, żywionych dietami z udziałem mączek mięsno-kostnych, uzyskano wyższe współczynniki pozornej strawności jelitowej białka i aminokwasów od strawności jelitowej tych składników u lisów doświadczalnych żywionych dietami zawierającymi mączki: mięsną i mięsno-kostną. Arginina i metionina, podobnie jak u lisów doświadczalnych, były aminokwasami niezbędnymi najlepiej wchłanianymi do końca jelita cienkiego psów i świń, a treonina – najgorzej. Podobnie jak w przypadku innych badanych źródeł białka, strawność pozorna aminokwasów nie-niezbędnych, tj. alaniny i kwasu glutaminowego, była największa, a strawność jelitowa cystyny i kwasu asparaginowego najmniejsza. Oprócz wpływu licznych wcześniej przytoczonych czynników, niższa strawność jelitowa białka i aminokwasów u lisów polarnych była najprawdopodobniej spowodowana wysoką zawartością popiołu w badanych mączkach zwierzęcych i przygotowanych z ich udziałem dawek pokarmowych. Skrede [1978b] wykazał również istotny negatywny wpływ zawartości popiołu w karmie na pozorną i rzeczywistą strawność azotu u nerek. Sławoń [1987] podaje także znaczne zmniejszenie strawności pozornej białka odpadów drobiowych w wyniku wzrastającej w nich ilości popiołu surowego. W badaniach na psach wykazano nieznacznie wyższą jelitową strawność pozorną aminokwasów niezbędnych diety z mączką drobiową o mniejszej zawartości popiołu [Johnson i wsp. 1998]. Strawność pozorna sumy aminokwasów w przewodzie pokarmowym nerek otrzymujących diety z trzema rodzajami mączek mięsno-kostnych o zróżnicowanej zawartości popiołu (24,2; 20,3 i 25,7%) wynosiła odpowiednio: 57,9; 62,6 i 53,8% [Ahlstrøm i wsp. 2000]. W badaniach własnych stwierdzono również istotnie niższą jelitową strawność pozorną białka i innych składników pokarmowych u lisów polarnych żywionych karmą z dużą zawartością popiołu surowego [Szymeczko i wsp. 2005b].

Strawność pozorna aminokwasów zależała od rodzaju białka. Biorąc pod uwagę wartość współczynników strawności pozornej, można ustalić wspólny dla wszystkich badanych mączek malejący szereg strawności poszczególnych aminokwasów w jelicie cienkim zwierząt doświadczalnych. Aminokwasami niezbędnymi o najwyższej jelitowej strawności pozornej były arginina, tryptofan, lizyna, fenyloalanina i metionina, o najniższej zaś treonina i histydyna. Spośród aminokwasów nie-niezbędnych najlepiej wchłaniały się tyrozyna, alanina, prolina, glicyna i kwas glutaminowy, a najgorzej cystyna i kwas asparaginowy.

Badania przeprowadzone na norkach, lisach i psach wykazały zbliżony szereg wchłaniania poszczególnych aminokwasów uwalnianych z tych samych źródeł białka w procesie trawienia w jelicie cienkim wymienionych gatunków zwierząt [Szymeczko i Skrede 1990, Szymeczko i wsp. 1992, Muir i wsp. 1996, Zuo i wsp. 1996, Murray i wsp. 1997, Johnson i wsp. 1998, Bednar i wsp. 2000, Burkhalter i wsp. 2001, Szymeczko 2001, Yamka i wsp. 2003]. Podobną kolejność wchłaniania aminokwasów można zaobserwować w badaniach przeprowadzonych na świniach [Żebrowska i wsp. 1982, Jørgensen i wsp. 1984, Sauer i Ozimek 1986, Knabe i wsp. 1989, van Leeuwen i wsp. 1996].

Określona w badaniach własnych jelitowa strawność pozorna poszczególnych aminokwasów była prawdopodobnie wypadkową zależną od składu chemicznego diet i rodzaju zawartego w nich białka, specyfiki działania enzymów proteolitycznych [Gitler 1964, Gray i Cooper 1971, Matthews 1972, Shlygin 1977, Low 1979, Silk i wsp. 1985, Li i wsp. 1993, Baglieri i wsp. 1995, Krehbiel i Matthews 2003] i tempa metabolizmu aminokwasów w enterocytach jelita cienkiego [Stoll i wsp. 1998, Wu 1998]. Z podanych przez cytowanych autorów informacji o specyfice działania enzymów proteolitycznych wynika, że arginina, lizyna, fenyloalanina i tyrozyna są aminokwasami najszybciej uwalnianymi z trawionego białka w postaci gotowych do wchłaniania, krótkich peptydów (głównie di- i tripeptydów) lub wolnych aminokwasów. Aminokwasami uwalnianymi w następnej kolejności są: leucyna, metionina, walina, izoleucyna, treonina i histydyna. Można więc przyjąć, że przedstawiony wzór uwalniania i wchłaniania aminokwasów jest w znacznym stopniu zbieżny z wartościami współczynników strawności pozornej aminokwasów uzyskanymi w badaniach własnych.

Aminokwasem najłatwiej uwalnianym ze wszystkich badanych źródeł białka i wchłanianym do końca jelita cienkiego lisów była arginina. Należy podkreślić, że arginina jest kluczowym metabolitem w detoksyfikacji amoniaku, przeciwdziałającym hyperamonemii u zwierząt mięsożernych, prawdopodobnie poprzez znaczący udział w zachodzącej w enterocytach syntezie mocznika [Deshmukh i wsp. 1991, Legrand-Defretin 1994, Damgaard 1997, 1998, Wu 1995, 1998]. Najwyższa strawność pozorna argininy mogła być również konsekwencją wysokiego tempa katabolizmu jelitowego aminokwasów u lisów żywionych dietami MR, MM, MMK i MD z wysoką zawartością białka. Podobnie w jelicie

cienkim świń [Żebrowska i wsp. 1982, Jørgensen i wsp. 1984, Sauer i Ozimek 1986, Knabe i wsp. 1989, Williams 1995, van Leeuwen i wsp. 1996, Viljoen i wsp. 1997, 1998] i psów [Muir i wsp. 1996, Zuo i wsp. 1996, Murray i wsp. 1997, Bednar i wsp. 2000, Burkhalter i wsp. 2001, Yamka i wsp. 2003] arginina była najlepiej wchłanianym aminokwasem z białka diet, zawierających wysoki lub znaczny udział białka z mączek pochodzenia zwierzęcego. W doświadczeniu na norkach żywionych dietami zawierającymi różne źródła białka stwierdzono stopniowe zmniejszanie się zawartości argininy, metioniny, lizyny, leucyny i izoleucyny w treści pokarmowej od dwunastnicy do jelita biodrowego oraz zwiększającą się zawartość treoniny, histydyny, cystyny i kwasu asparaginowego od żołądka do końca jelita cienkiego. Najniższy poziom argininy, metioniny, lizyny, leucyny i izoleucyny oraz najwyższy treoniny, histydyny, cystyny i kwasu asparaginowego, wykazany w treści z końcowego odcinka jelita cienkiego tych zwierząt świadczył odpowiednio, o najwyższej i najniższej strawności pozornej tych aminokwasów [Szymeczko i Skrede 1990, Szymeczko 2001].

Spośród wszystkich aminokwasów niezbędnych treoninę charakteryzowała najniższa pozorna strawność w jelicie cienkim, niezależnie od rodzaju mączki stosowanej w dietach. Podobne wyniki uzyskali również inni autorzy w badaniach na lisach i psach [Szymeczko i wsp. 1992, Muir i wsp. 1996, Zuo i wsp. 1996, Murray i wsp. 1997, Bednar i wsp. 2000, Burkhalter i wsp. 2001, Yamka i wsp. 2003]. Niższą niż innych aminokwasów strawność jelitową treoniny wykazano również w doświadczeniach na świniami [Jørgensen i wsp. 1984, Knabe i wsp. 1989, van Leeuwen i wsp. 1996]. Niska strawność pozorna treoniny w ocenianych mączkach zwierzęcych mogła być wynikiem stosunkowo wysokiej zawartości tego aminokwasu w białku endogennym, wydzielonym do jelita cienkiego lisów żywionych dietą bezbiałkową, podobnie jak to stwierdzono w jelicie cienkim świń [Żebrowska i Buraczewska 1972b]. Wyniki wcześniejszych badań na lisach polarnych [Szymeczko i Skrede 1991] oraz dane uzyskane w doświadczeniach na innych gatunkach zwierząt monogastrycznych wykazały również wysoką zawartość treoniny w ogólnej puli aminokwasów pochodzenia endogennego [Horszczaruk i wsp. 1974, Buraczewska i wsp. 1975a, b, Buraczewska 1979, Low 1979, Skrede 1979a, Kiiskinen i wsp. 1985, de Lange i wsp. 1989a, b, Li i wsp. 1993, Dugan i wsp. 1994, Mariscal-Landin i wsp. 1995, Hendriks i wsp. 1996, Hendriks 2003].

Strawność pozorna cystyny i kwasu asparaginowego była niska przy skarmianiu wszystkich badanych diet z udziałem mączki rybnej (MR), mięsnej (MM), mięsno-kostnej (MMK) i drobiowej (MD). Najmniejszą strawność tych aminokwasów wykazano również w jelicie cienkim nerek [Szymeczko i Skrede 1990, Szymeczko 2001], lisów polarnych [Szymeczko i wsp. 1992, Szymeczko 2001, Vhile i wsp. 2005], psów [Muir i wsp. 1996, Zuo i wsp. 1996, Murray i wsp. 1997, Bednar i wsp. 2000, Burkhalter i wsp. 2001, Yamka i wsp. 2003] i świń [van Leeuwen i wsp. 1996], żywionych paszami z udziałem wymienionych wcześniej mączek pochodzenia zwierzęcego. Niska i zróżnicowana straw-

ność pozorna cystyny i kwasu asparaginowego może być częściowo wynikiem różnego poziomu tych aminokwasów w testowanych źródłach białka i znacznego ich udziału, a w szczególności cystyny, w białku endogennym, co wykazano zarówno w obecnych, jak i we wcześniejszych badaniach na norkach [Skrede 1979a] i na lisach polarnych [Szymeczko i Skrede 1991]. Białko endogenne, tj. enzymy trawienne, a także zbudowane z glikoprotein mucyny śluzu zawierają dużą ilość cystyny i kwasu asparaginowego [Shlygin 1977, Low 1979, Taverner i wsp. 1981, Skrede i Krogdahl 1985, Forstner i Forstner 1986, Souffrant 1991, Butts i wsp. 1993b, Hendriks i wsp. 1996, Lien i wsp. 1997, Stoll i wsp. 1998, Stein i wsp. 1999, Paszkiewicz-Gadek i Piotrowska 2000, Hendriks 2003]. Rola fizjologiczną mucyn śluzu jest ochrona nabłonka przewodu pokarmowego przed hydrolitycznym oddziaływaniem enzymów proteolitycznych i toksycznym wpływem hydrofobowych kwasów żółciowych [Bartman i wsp. 1998].

Białka i peptydy diety silniej niż wolne aminokwasy stymulują trzustkę do wydzielania enzymów trawiennych, dla których są również bardziej preferowanymi substratami niż peptydy i białka endogenne [Temler i wsp. 1983]. Wolniejsze więc uwalnianie aminokwasów z białek endogennych i ich wchłanianie [Ochoa-Solano i Gitler 1968, Żebrowska 1971, Żebrowska i Buraczewska 1972b, Taverner i wsp. 1981, Stein i wsp. 1999] mogło prowadzić, podobnie jak to wykazano u szczurów [Snook i Meyer 1964, Darragh i wsp. 1990, Butts i wsp. 1991], psów i kotów [Hendriks i wsp. 1996, Hendriks 2003] i świń [de Lange i wsp. 1990, Butts i wsp. 1993a] do większego wydalania aminokwasów endogennych z jelita biodrowego lisów doświadczalnych po dietach białkowych niż po diecie bezbiałkowej. Wynikiem tego mogło być obniżenie strawności pozornej aminokwasów, a zwłaszcza cystyny oraz kwasu asparaginowego, a więc tych aminokwasów, których udział w białku endogennym jest stosunkowo wysoki. Souffrant [1991] stwierdza również, że ilość azotu endogennego wydalonego z jelita biodrowego świń jest zmienna i zależy między innymi od zawartości składników pokarmowych w diecie, jakości białka, poziomu włókna, wieku zwierząt i obecności różnych składników antyżywniowych w paszy.

Jedną z głównych przyczyn niskiej strawności cystyny i kwasu asparaginowego w badanych mączkach zwierzęcych mógł być zakres zmian, jakim uległy te aminokwasy pod wpływem oddziaływania wysokiej temperatury, zastosowanej w czasie produkcji tych mączek. Na skutek ogrzewania aminokwasy związane w białku mogą łączyć się bowiem z cukrami, tłuszczami i produktami ich utleniania, z kwasami oraz innymi aminokwasami i białkami [Dworschak 1980, Hurrell 1984, Hurrell i Finot 1985]. Powstające w czasie ogrzewania wiązania poprzeczne między poszczególnymi aminokwasami tworzą odporne na działanie enzymów trawiennych kompleksy, np. mostki dwusiarczkowe cystyny, a także izopeptydy powstałe z połączenia lizyny z kwasem asparaginowym i glutaminowym lub z asparaginą czy glutaminą [Bjarnason i Carpenter 1970, Ford i Shorrock 1971, Hurrell i wsp. 1976, Opstvedt i wsp. 1984]. Kompleksy

te, zwalniając proces trawienia białka w przewodzie pokarmowym, wzmagają wydzielanie enzymów trawiennych [Schneeman i Dunaif 1984] i zwiększają ilość wydalonych z jelita biodrowego niewchłoniętych aminokwasów diety [Hurrell i Finot 1985]. Inną przyczyną niskiej strawności aminokwasów w badanych mączkach, a zwłaszcza w mączce mięsnej, mięsno-kostnej i drobiowej mogły być reakcje białek lub pewnych aminokwasów, tj. metioniny, cystyny, lizyny i tryptofanu z utleniającymi tłuszczami [Dworschak 1980, Opstvedt i wsp. 1984]. Wszystkie mączki białkowe wykorzystane w badaniach własnych charakteryzowała bowiem duża zawartość tłuszczu, od 9,9% w mączce rybnej do 19,2% w mięsno-kostnej. Traktowanie mączki rybnej i śruty sojowej wysoką temperaturą spowodowało również statystycznie istotne zmniejszenie ilości argininy, lizyny i cystyny oraz obniżenie strawności rzeczywistej białka i wszystkich aminokwasów, a zwłaszcza cystyny i kwasu asparaginowego w przewodzie pokarmowym norek [Skrede i Krogdahl 1985, Ljøkjel i wsp. 2000, Ljøkjel i Skrede 2000].

W ocenie strawności pozornej białka i aminokwasów diety, wyliczonej z różnicy tych składników w badanej paszy i zebranej po niej treści jelitowej, nie uwzględnia się udziału endogennych związków azotowych, które wydalone są głównie jako enzymy trawienne, mucyny śluzu, złuszczone komórki nabłonka jelitowego, albuminy surowicy krwi, peptydy, wolne aminokwasy, amidy, aminy i mocznik [Snook 1973, Souffrant 1991, Moughan i Schuttert 1991]. Podstawowym źródłem endogennych związków azotowych są ślina, sok żołądkowy, trzustkowy, żółć i sok jelitowy [Souffrant 1991, Tamminga i wsp. 1995]. Endogenne związki azotowe są trawione i wchłaniane w 70-80% do końca jelita cienkiego, a niestrawiona ich część, w postaci wysoce opornych na działanie enzymów proteolitycznych, glikoprotein mucyn i soli kwasów żółciowych, jest wydalana z treścią [Taverner i wsp. 1981, Moughan i Schuttert 1991, Souffrant i wsp. 1993, Krawielitzki i wsp. 1994]. Zmienna i zależna od składu diety, a w szczególności od poziomu i rodzaju białka, włókna i czynników antyżywniowych, ilość wydalanego azotu endogennego wpływa na współczynniki strawności pozornej białka i aminokwasów [Souffrant 1991, Darragh i Hodgkinson 2000]. W badaniach na świniach i ptakach wykazano bowiem, że rezultatem małej ilości białka i aminokwasów w badanych dietach oraz wysokiej ich zawartości w treści uzyskanej po tych dietach były stosunkowo niskie wartości współczynników strawności pozornej tych składników pokarmowych [Fan i wsp. 1994, Angkanaporn i wsp. 1997].

Darragh i Hodgkinson [2000] sugerują, że strawność rzeczywista jest lepszą miarą oceny aminokwasów wchłoniętych z jelita, a zatem i oceny jakości badanego białka, niż strawność pozorna. Do oznaczenia strawności rzeczywistej białka i aminokwasów niezbędne są dane dotyczące zawartości tych składników w białku endogennym, wydalonym po diecie bezbiałkowej [Skrede 1979a, Darragh i Hodgkinson 2000]. Współczynniki strawności rzeczywistej lepiej również różnicują białka pasz zawierające czynniki antyżywniowe, ponieważ do-

datkowe straty aminokwasów pochodzenia endogenego zmniejszają ich wartość liczbową [Darragh i Hodgkinson 2000].

Strawność rzeczywista białka i aminokwasów mączki rybnej w jelicie cienkim lisów była wysoka, istotnie większa od strawności rzeczywistej białka i aminokwasów pozostałych badanych mączek pochodzenia zwierzęcego, tj. mączki mięsnej, mięsno-kostnej i drobiowej. Badania Skrede i wsp. [1998] wskazują na dobrą współzależność między strawnością rzeczywistą białka i aminokwasów oznaczoną do końca jelita biodrowego świń i w całym przewodzie pokarmowym nerek. Badania własne na lisach polarnych wykazały jednak brak takiego związku. Strawność rzeczywista białka i aminokwasów mączki rybnej w jelicie cienkim lisów była bowiem mniejsza od strawności tych składników w całym przewodzie pokarmowym nerek, a różnice te dla białka wynosiły 10,4 i dla sumy aminokwasów 13,2 jednostek procentowych. Ponadto współczynniki jelitowej strawności rzeczywistej poszczególnych aminokwasów były bardziej zróżnicowane u lisów doświadczalnych (90,2-67,8%) niż strawność ogólna u nerek (98,1-87,7%) [Ljøkjel i wsp. 2000].

Strawność rzeczywista aminokwasów białka mączki mięsnej, mięsno-kostnej i drobiowej – oznaczona w treści jelita cienkiego lisów – była mniejsza od strawności rzeczywistej aminokwasów mączek zwierzęcych w odchodach kogutów po resekcji jelit ślepych [Burgos i wsp. 1974, Parsons 1986, Han i Parsons 1990, Angkanaporn i wsp. 1997, Douglas i wsp. 1997, Parsons i wsp. 1997, Wang i Parsons 1998a, b]. Niższe wartości współczynników strawności rzeczywistej aminokwasów uzyskane w badaniach na lisach mogły być spowodowane różnicami gatunkowymi w budowie układu trawiennego, jakością badanych mączek, składem diet doświadczalnych oraz różnymi metodami doświadczalnymi.

Prezentowana w pracy strawność rzeczywista aminokwasów była większa od strawności pozornej tych składników w jelicie cienkim lisów żywionych dietami zawierającymi badane mączki pochodzenia zwierzęcego. Należy przy tym zaznaczyć, że największe różnice stwierdzono dla mączki mięsnej i mięsno-kostnej, czyli dla tych mączek, których strawność pozorna aminokwasów była najmniejsza. Wykazano również, że różnice w strawności rzeczywistej białka i aminokwasów między badanymi mączkami były mniejsze niż różnice w strawności pozornej tych składników. Zdaniem Makkink i wsp. [1997] większy stopień zróżnicowania strawności pozornej azotu między określonymi źródłami białka nie jest spowodowany różnicami w jego strawności rzeczywistej, ale wskazuje na znacznie większe straty azotu endogenego.

Spośród aminokwasów niezbędnych najwyższymi współczynnikami jelitowej strawności rzeczywistej lisów żywionych badanymi dietami charakteryzowała się arginina, a najniższymi histydyna i treonina. Niewielkie różnice między strawnością pozorną a rzeczywistą argininy i histydyny wskazują również na małą zawartość tych aminokwasów w białku endogennym. Duże różnice między współczynnikami strawności pozornej i rzeczywistej dla treoniny

świadczą o tym, że niska strawność pozorna tego aminokwasu była spowodowana wysokim udziałem treoniny w białku endogennym. Znaczny bowiem udział tego aminokwasu w białku endogennym wykazano w badaniach własnych, jak również we wcześniejszych badaniach na lisach polarnych i innych gatunkach zwierząt [Horszczaruk i wsp. 1974, Buraczewska i wsp. 1975a, b, Buraczewska 1979, Low 1979, Skrede 1979a, Kiiskinen i wsp. 1985, de Lange i wsp. 1989a, b, Szymeczko i Skrede 1990, 1991, Li i wsp. 1993, Dugan i wsp. 1994, Mariscal-Landin i wsp. 1995, Hendriks i wsp. 1996, Hendriks 2003].

Małe różnice między strawnością pozorną a rzeczywistą kwasu asparagijnowego wskazują, że najbardziej prawdopodobną przyczyną niskiej strawności pozornej tego aminokwasu była jego niska dostępność z badanych mączek, a zwłaszcza z mączki mięsnej, mięsno-kostnej i drobiowej. Spowodowana ona była zapewne zmianami powstałymi pod wpływem oddziaływania na badane źródła białka wysokiej temperatury, ciśnienia i wilgotności w czasie produkcji mączek wykorzystanych w obecnym doświadczeniu [Payne i wsp. 1968, Bjarnason i Carpenter 1970, Ford i Shorrocks 1971, Hurrell i wsp. 1976, Dworschak 1980, Hurrell 1984, Hurrell i Finot 1985, Hendriks i wsp. 1996, Ljøkjel i wsp. 2000]. Niska strawność rzeczywista cystyny w badanych mączkach mogła być wynikiem małej zawartości cystyny w dietach doświadczalnych, a zwłaszcza w dietach z udziałem mączek mięsnej i mięsno-kostnej [Jørgensen i wsp. 1984, Parsons i wsp. 1997, Skrede i wsp. 1998], dużego udziału popiołu, kolagenu, keratyn sierści, włosa i piór [Skrede 1978a, 1979b, Jarosz 1993, Parsons i wsp. 1997, Wang i Parsons 1998a, Ahlstrøm i wsp. 2000], stosunkowo wysokiego udziału tego aminokwasu w ogólnej puli aminokwasów endogennych [Skrede 1979a, Skrede i Krogdahl 1985, Szymeczko i Skrede 1991, Skrede i wsp. 1998, Paszkiewicz-Gadek i Piotrowska 2000], jak i zmian powstałych w obrębie cząsteczki tego aminokwasu w czasie produkcji wykorzystanych w obecnych badaniach mączek zwierzęcych [Dworschak 1980, Hurrell 1984, Opstvedt i wsp. 1984, Hurrell i Finot 1985, Ljøkjel i wsp. 2000].

Przedstawione w pracy wyniki wskazują na duży stopień zróżnicowania strawności pozornej i rzeczywistej białka i aminokwasów badanych mączek pochodzenia zwierzęcego, oznaczonej do końca jelita cienkiego lisów z zespoleniami jelitowo-rektalnymi. W przeprowadzonych badaniach wykazano, że białko mączki rybnej ma najwyższą wartość pokarmową dla lisów polarnych i innych gatunków mięsożernych zwierząt futerkowych. Wartość pokarmowa pozostałych mączek zwierzęcych jest znacznie mniejsza i w związku z tym dietę zwierząt nimi żywionych należy uzupełniać źródłami białka o wysokiej wartości odżywczej. Przeprowadzone doświadczenia wykazały również dużą przydatność metody zespolenia jelitowo-rektalnego do oceny strawności jelitowej różnych źródeł białka wykorzystywanych w żywieniu zwierząt mięsożernych.

7. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Praca przedstawia aktualny stan wiedzy dotyczącej trawienia białka i wchłaniania aminokwasów w przewodzie pokarmowym lisa polarnego na tle badań przeprowadzonych na innych gatunkach zwierząt monogastrycznych. Omówiono poszczególne zagadnienia dotyczące biologii lisa polarnego, takie jak: charakterystyka gatunku, budowa przewodu pokarmowego i trawienie białka w różnych jego odcinkach, zapotrzebowanie na białko i aminokwasy, źródła białka i aminokwasów, metody oceny wartości pokarmowej białka i strawności aminokwasów oraz szczegółowo opisano metodę zespołen jelitowo-rektalnych wykorzystaną w badaniach własnych.

W pracy przedstawiono, uzyskane za pomocą tej metody, wyniki badań własnych nad strawnością białka i aminokwasów w jelicie cienkim lisów polarnych, żywionych dietami z udziałem różnych pasz pochodzenia zwierzęcego. Uzyskane wyniki, określające wartość pokarmową zawartego w różnych mączkach zwierzęcych białka, upoważniają do sformułowania następujących wniosków:

- 1) skład chemiczny i aminokwasowy badanych mączek wskazuje, że mączka rybna była wyprodukowana z mięsa pełnej ryby, a mączki mięsna, mięsno-kostna i drobiowa pochodziły z różnych odpadów poubojowych, o czym świadczy duża zawartość popiołu i tłuszczu oraz znaczący udział cystyny, seryny i proliny w białku,
- 2) przy wykorzystaniu metody zespołen jelitowo-rektalnych wykazano, że mączka rybna charakteryzuje się największą strawnością pozorną białka i aminokwasów w jelicie cienkim lisów, natomiast współczynniki strawności mączek mięsnej, mięsno-kostnej i drobiowej są istotnie mniejsze,
- 3) strawność pozorną poszczególnych aminokwasów wykazuje duży stopień zróżnicowania, zależny od rodzaju trawionego białka. Spośród aminokwasów niezbędnych (przy żywieniu wszystkimi dietami) największą strawność pozorną stwierdzono w przypadku argininy, a najmniejszą – treoniny i histydyny. Z aminokwasów nie-niezbędnych najmniejsze wartości współczynników strawności pozornej mają kwas asparaginowy i cystyna,
- 4) zawartość białka endogennego wydalonego z jelita cienkiego po diecie bezbiałkowej jest mała, a jego skład aminokwasowy charakteryzuje się stosunkowo wysokim udziałem treoniny, kwasu asparaginowego, cystyny, kwasu glutaminowego, proliny i seryny w puli wszystkich aminokwasów,
- 5) spośród badanych mączek największą strawnością rzeczywistą białka i aminokwasów charakteryzuje się mączka rybna, natomiast pozostałe mączki – mięsna, mięsno-kostna i drobiowa – cechują istotnie mniejsze

wartości współczynników strawności. Strawność rzeczywista białka i aminokwasów jest mniej zróżnicowana od strawności pozornej tych składników,

- 6) stosunkowo małe różnice między strawnością rzeczywistą i pozorną białka i aminokwasów ocenianych mączek wskazują na nieznaczny udział azotu endogennego w treści jelitowej wydalanej po dietach białkowych, przy czym największe różnice dotyczą mączek mięsnej i mięsno-kostnej, o najmniejszej strawności pozornej białka i aminokwasów, oznaczonej do końca jelita cienkiego lisów,
- 7) wśród aminokwasów niezbędnych największymi wartościami współczynników strawności rzeczywistej charakteryzowała się arginina, a najmniejszymi histydyna i treonina. Niska strawność pozorna i znacznie większa strawność rzeczywista treoniny wskazuje na stosunkowo wysoką zawartość tego aminokwasu w białku endogennym wydalonym z jelita cienkiego lisów polarnych po dietach białkowych, a zwłaszcza po dietach z udziałem mączki mięsnej i mięsno-kostnej,
- 8) spośród aminokwasów nie-niezbędnych niska strawność rzeczywista kwasu asparaginowego, przy stosunkowo małych różnicach między strawnością pozorną i rzeczywistą tego aminokwasu, świadczy o małej jego dostępności z badanych mączek zwierzęcych, a zwłaszcza z mączek mięsnej, mięsno-kostnej i drobiowej,
- 9) duże różnice między strawnością rzeczywistą a pozorną cystyny wskazują zarówno na wysoki udział tego aminokwasu w białku endogennym, jak i mniejszą jego dostępność z ocenianych źródeł białka w jelicie cienkim lisów doświadczalnych,
- 10) uzyskane wyniki badań własnych wskazują, że mączka rybna charakteryzuje się wysoką strawnością białka i jest najlepszym źródłem aminokwasów dla lisów polarnych spośród wszystkich badanych mączek. Strawność białka i aminokwasów mączek: drobiowej, mięsnej i mięsno-kostnej jest niższa i w związku z tym w żywieniu lisów polarnych oraz innych gatunków zwierząt mięsożernych mączki te powinny być stosowane w kombinacji z białkami o wysokiej wartości pokarmowej,
- 11) wyniki obecnych i wcześniej przeprowadzonych badań świadczą o tym, że metoda zespołów jelitowo-rektalnych, umożliwiająca całkowitą kolekcję wydalanej z jelita cienkiego treści, jest metodą wysoce przydatną do oceny wartości pokarmowej białka pasz dla lisów polarnych i innych gatunków zwierząt mięsożernych.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Ahlstrøm Ø., Fuglei E., Mydland L.T., 2003. Comparative nutrient digestibility of arctic foxes (*Alopex lagopus*) on Svalbard and farm-raised blue foxes (*Alopex lagopus*). *Comp. Biochem. Physiol. A* 134, 63-68.
- [2] Ahlstrøm Ø., Skrede A., 1998. Comparative nutrient digestibility in dogs, blue foxes, mink and rats. *J. Nutr.* 128, 2676S-2677S.
- [3] Ahlstrøm Ø., Skrede A., Heggset O.S., Mikkelsen O., Tangen S.F., 2000. Meat-and-bone meals from different animal by-products as protein sources for fur animals. *Scientifur* 24, 63-66.
- [4] Akajewski A., 1997. *Anatomia zwierząt domowych. T. 2*, PWRiL Warszawa.
- [5] Almirall M., Francesch M., Perez-Vendrell A.M., Brufau J., Esteve-Garcia E., 1995. The differences in intestinal viscosity produced by barley and β -glucanase alter digesta enzyme activities and ileal nutrient digestibilities more in broiler chicks than in cocks. *J. Nutr.* 125, 947-955.
- [6] Angkanaporn K., Ravindran V., Bryden W.L., 1997. Influence of caecectomy and dietary protein concentration on apparent excreta amino acid digestibility in adult cockerels. *Br. Poultr. Sci.* 38, 270-276.
- [7] Asche G.L., Austin J.L. Jr., Peo E.R., 1989a. Protein digestion in weanling pigs: Effect of dietary protein source. *J. Nutr.* 119, 1093-1099.
- [8] Asche G.L., Lewis A.J. Jr., Peo E.R., 1989b. Protein digestion in weanling pigs. Effect of feeding regimen and endogenous protein secretion. *J. Nutr.* 119, 1083-1092.
- [9] Baglieri A., Mahé S., Benamouzing R., Savoie L., Tomé D., 1995. Digestion patterns of endogenous and different exogenous proteins affect the composition of intestinal effluents in humans. *J. Nutr.* 125, 1894-1903.
- [10] Balish E., Cleven D., Brown J., Yale C.E., 1977. Nose, throat, and fecal flora of beagle dogs housed in "locked" or "open" environments. *Appl. Environ. Microbiol.* 34, 207-221.
- [11] Bartman A.E., Buisine M.P., Aubert J.P., Niehans J.P., Toribara N.W., Kim Y.S., Kelly E.J., Crabtree J.E., Ho S.B., 1998. The MUC6 secretory mucin gene is expressed in a wide variety of epithelial tissues. *J. Pathol.* 186, 398-405.
- [12] Batterham E.S., Darnell R.E., 1986. Effect of pressure and temperature on the availability of lysine in meat and bone meal as determined by slope-ratio assays with growing pigs, rats and chicks and by chemical techniques. *Br. J. Nutr.* 55, 441-453.

- [13] Bednar G.E., Murray S.M., Patil A.R., Flickinger E.A., Merchen N.R., Fahey G.C. Jr., 2000. Selected animal and plant protein sources affect nutrient digestibility and fecal characteristic of ileally cannulated dogs. *Arch. Anim. Nutr.* 63, 127-140.
- [14] Bednar G.F., Patil A.R., Murray S.M., Grieshop Ch.M., Merchen N.R., Fahey G.C. Jr., 2001. Starch and fiber fractions in selected food and feed ingredients affect their small intestinal digestibility and fermentability and their large bowel fermentability in a canine model. *J. Nutr.* 131, 276-286.
- [15] Beisel W.R., 1982. Single nutrients and immunity. *Am. J. Clin. Nutr.* 35, 417S-468S.
- [16] Beisel W.R., 1996. Nutrition and immune function: Overview. *J. Nutr.* 126, 2611S-2615S.
- [17] Bieguszewski H., Lewicki Cz., 1969. Przemiana białek u zwierząt futerkowych mięsożernych. IV. Wpływ różnego zestawu dawki pokarmowej i zmiennego poziomu białka w diecie na strawność i bilans azotu oraz niektóre wskaźniki krwi u lisów polarnych. *Rocz. Nauk Roln.* 91 B(4), 603-613.
- [18] Bieguszewski H., Lorek O., Głowińska B., 1989. Morfologiczny i biochemiczny obraz krwi oraz wskaźniki równowagi kwasowo-zasadowej u lisów polarnych żywionych krwią konserwowaną. *Przeegl. Nauk. Liter. Zoot., Zesz. Spec.*, 80-88.
- [19] Bieguszewski H., Pietryga T., Głowińska B., 1991. Strawność składników pokarmowych dawki i retencja azotu u tchórzy hodowlanych żywionych karmą z udziałem krwi poubojowej i liweksu. *Przeegl. Hod., Zesz. Nauk.* 5, 133-139.
- [20] Bieguszewski H., Szymeczko R., 1979. Wpływ hormonu wzrostowego i tyroksyny na przyrosty ciężaru ciała, strawność składników pokarmowych dawki i bilans azotu oraz rozwój okrywy włosowej u rosących lisów polarnych. *Rocz. Nauk Roln.* 99 B(3), 45-52.
- [21] Biehl R., Baker D.H., 1997. Microbial phytase improves amino acid utilization in young chicks fed diets based on soybean meal but not diets based on peanut meal. *Poultry Sci.* 76, 355-360.
- [22] Bielorai R., Tamir S., Hurwitz S., 1977. Amino acid absorption along the intestinal tract of chicks fed heated and raw soybean meal. *J. Nutr.* 107, 1775-1778.
- [23] Bjarnason J., Carpenter K.J., 1970. Mechanisms of heat damage in proteins. 2. Chemical changes in pure proteins. *Br. J. Nutr.* 24, 313-329.
- [24] Bodin J.C., McMillan E., Maillard R., van Kempen T., Williams P.E.C., 1998. Effect of time post-surgery on the measurement of ileal digestibility in ileal rectal anastomosed pigs. *Proc. Brit. Soc. Anim. Sci.*, 162.

- [25] Boisen S., Hvelplund T., Weisbjerg M.R., 2000. Ideal amino acid profiles as a basis for feed protein evaluation. *Livest. Prod. Sci.* 64, 239-251.
- [26] Børsting Ch.F., Clausen T.N., 1996. Requirements of essential amino acids for mink in the growing-furring period. *Anim. Prod. Rev., Appl. Sci. Rep.* 28, 15-24.
- [27] Brass W., Schünemann C., 1989. Permanent fistulas in the ileum and colon of the dog: Implantation, maintenance, use and effect on the digestive process. *Adv. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 19, 6-13.
- [28] Buddington R.K., Paulsen D.B., 1998. Development of the canine and feline gastrointestinal tract. Recent advances in canine and feline nutrition. II, Iams Nutrition Symp. Proc., Orange Frazer Press. Walmington, Ohio, USA, 195-215.
- [29] Buddington R.K., Sunvold G.D., 1998. Fermentable fibre and the gastrointestinal tract ecosystem. Recent advances in canine and feline nutrition. II, Iams Nutrition Symp. Proc., Orange Frazer Press. Walmington, Ohio, USA, 449-461.
- [30] Bueno A.R., Cappel T.G., Sunvold G.D., Moxley R.A., Reinhart R.A., Clemens E.T., 2000. Feline colonic microbes and fatty acid transport: effects of feeding cellulose, beet pulp and pectin/gum arabic fibers. *Nutr. Res.* 20, 1319-1328.
- [31] Buraczewska L., 1979. Secretion of nitrogenous compounds in the small intestine of pigs. *Acta Physiol. Pol.* 30, 319-326.
- [32] Buraczewska L., Buraczewski S., 1984. A note on the determination of methionine and tryptophan. *Proc. 6th Intern. Symp. on Amino Acids*, Serock, Poland, 47-50.
- [33] Buraczewska L., Buraczewski S., 1997. Nutritional effects in pigs fed diets supplemented with amino acids according to the requirement based on their total or ileal digestible content. *Digestive physiology in pigs*, EAAP publication 88, 387-390.
- [34] Buraczewska L., Buraczewski S., Horszczaruk F., Jones A.S., Żebrowska T., 1975a. An attempt to estimate the endogenous nitrogen content in the digesta of pigs fed on diets with protein containing hydroxyproline. *Rocz. Nauk Roln.* 96 B(4), 105-114.
- [35] Buraczewska L., Buraczewski S., Raczyński G., Żebrowska T., 1973. Wpływ ogrzewania kazeiny w obecności glukozy na jej trawienie i wchłanianie w jelicie cienkim świń. *Rocz. Nauk Rol.* 94 B(4), 123-134.
- [36] Buraczewska L., Buraczewski S., Żebrowska T., 1975b. Digestion and absorption in the small intestine of pigs. Part 2. Amino acid content in digesta and their absorption. *Rocz. Nauk Rol.* 97 B(1), 103-115.

- [37] Buraczewska L., Wasilewko J., Fandrejewski H., Żebrowska T., Han I.K., 1999. Formulation of pigs diets according to ileal digestible amino acid content. *Livest. Prod. Sci.* 59, 13-24.
- [38] Buraczewski S., 1980. Digestion of proteins and absorption of amino acids in the digestive tract of pigs. *Arch. Tierernähr.* 8, 29-40.
- [39] Buraczewski S., Ziółcka A., 1991. Podstawy żywienia zwierząt i paszoznawstwo. IFiŻŻ Jabłonna.
- [40] Burgos A., Floyd J.I., Stephenson E.L., 1974. The amino acid content and availability of different samples of poultry by product meal and feather meal. *Poultry Sci.* 53, 198-203.
- [41] Burkhalter T.M., Merchen N.R., Bauer L.L., Murray S.M., Patil A.R., Brent J.L., Fahey G.C. Jr., 2001. The ratio of insoluble to soluble fiber components in soybean hulls affects ileal and total-tract nutrient digestibilities and fecal characteristics of dogs. *J. Nutr.* 131, 1978-1985.
- [42] Burlikowska K., Szymeczko R., Błaszyk J., 2003. Apparent ileal digestibility of fat and fatty acids in polar foxes. *Scientifur* 4, 71-77.
- [43] Butts C.A., Moughan P.J., Smith W.C., 1991. Endogenous amino acid flow at the terminal ileum of the rat determined under peptide alimentation. *J. Sci. Food Agric.* 55, 175-187.
- [44] Butts C.A., Moughan P.J., Smith W.C., Carr D.H., 1993a. Endogenous lysine and other amino acid flows at the terminal ileum of the growing pig (20 kg body weight): the effect of protein-free, synthetic amino acid, peptide and protein alimentation. *J. Sci. Food Agric.* 61, 31-40.
- [45] Butts C.S., Moughan P.J., Smith W.C., Reynolds G.W., Garrick D.J., 1993b. The effect of food dry matter intake on endogenous ileal amino acid excretion determined under peptide alimentation in the 50 kg liveweight pig. *J. Sci. Food Agric.* 62, 235-243.
- [46] Campbell J.M., Fahey G.C. Jr., Wolf B.W., 1997. Selected indigestible oligosaccharides affect large bowel mass, cecal and fecal short-chain fatty acids, pH and microflora in rats. *J. Nutr.* 127, 130-136.
- [47] Chandra R.K., 1991. Nutrition and immunity: lessons from the past and new insights into the future. *Am. J. Clin. Nutr.* 53, 1087-1101.
- [48] Charlet-Lery G., Fiszlewicz M., Morel M.T., Richard J.P., 1981. Influence des modalités de présentation de l'aliment sur la vitesse de transit digestif chez le vison. *Ann. Zootech.* 30, 347-360.
- [49] Chesemore D.L., 1968. Distribution and movement of white foxes in northern and western Alaska. *Can. J. Zool.* 46, 849-853.
- [50] Cholewa R., 1988. Chów i hodowla lisów. PWRiL Warszawa.

- [51] Clausen T.N., Therkildsen N., Børsting Ch., 1998. Determination of the requirement for methionine and cystine in the growing period. *Scientifur* 1, 49.
- [52] Cole J.T., Fahey G.C. Jr., Merchen N.R., Patil A.R., Murray S.M., Hussein H.S., Brent J.L. Jr., 1999. Soybean hulls as a dietary fiber source for dogs. *J. Anim. Sci.* 77, 917-924.
- [53] Dahlman T., Blomstedt L., 2000. Effect of feed protein level on fur and skin of the blue fox. *Scientifur* 24, 13-16.
- [54] Dahlman T., Kiiskinen T., Mäkelä J., Niemelä P., Syrjälä-Ovist L., Valaja J., Jalava T., 2002a. Digestibility of nitrogen utilisation of diets containing protein of different levels and supplemented with DL-methionine and L-lysine in blue fox (*Alopex lagopus*). *Anim. Feed Sci. Tech.* 98, 219-235.
- [55] Dahlman T., Mäntysalo M., Rasmussen P.V., Skovlørkke L.L., 2002b. Influence of dietary protein level and the amino acids methionine and lysine on leather properties of blue fox (*Alopex lagopus*) pelts. *Arch. Anim. Nutr.* 56, 443-454.
- [56] Dahlman T., Niemelä P., Kiiskinen T., Mäkelä J., Korhonen H., 1996. Influence of protein quantity and quality on mink. *Anim. Prod. Rev., Appl. Sci. Rep.* 28, 9-14.
- [57] Dahlman T., Valaja J., Niemelä P., Jalava T., 2002c. Influence of protein level and supplementary L-methionine and lysine on growth performance and fur quality of blue fox (*Alopex lagopus*). *Acta Agric. Scand.* 52, 174-182.
- [58] Damgaard B., 1997. Dietary energy supply to mink (*Mustela vison*) – Effects on physiological parameters, growth performance and health. Ph. D. Thesis. Department of Animal Science and Animal Health, The Royal Veterinary and Agricultural University Copenhagen, Denmark.
- [59] Damgaard B., 1998. Effect of dietary protein supply of arginine on urinary orotic acid excretion, growth performance and blood parameters in growing mink (*Mustela vison*) kit fed low protein diets. *Acta. Agric. Scand.* 48, 113-121.
- [60] Damgaard B.M., Clausen T.N., Børsting C.F., 1998. Effect of dietary supplement of essential amino acids on mortality rate, liver traits and blood parameters in mink (*Mustela vison*) fed low protein diets. *Acta Agric. Scand.* 48, 175-183.
- [61] Damgaard B.M., Clausen T.N., 1999. Dietary protein content and the health of mink. *Scientifur* 4, 281-286.
- [62] Darcy-Vrillon B., Souffrant W.B., Laplace J.P., Rerat A., Corring T., Vaugelade P., Gebhardt G., Kohler R., 1991. Exogenous and endogenous contributions to nitrogen fluxes in the digestive tract of pigs fed a casein

- diet. II. Ileal and faecal digestibilities and absorption of amino acids. *Reprod. Nutr. Dev.* 31, 561-573.
- [63] Darragh A.J., Hodgkinson S.M., 2000. Quantifying the digestibility of dietary protein. *J. Nutr.* 130, 1850S-1856S.
- [64] Darragh A.J., Moughan P.J., Smith W.C., 1990. The effect of amino acid and peptide alimentation on the determination of endogenous amino acid flow at the terminal ileum of the rat. *J. Sci. Food Agric.* 51, 47-56.
- [65] Davis C.P., Cleven D., Balish E., Yale C.E., 1977. Bacterial association in the gastrointestinal tract of beagle dogs. *Appl. Environ. Microbiol.* 34, 194-206.
- [66] De Lange C.F.M., Sauer W.C., Mosenthin R., Souffrant W.B., 1989a. The effect of feeding different protein-free diets on the recovery and amino acid composition of endogenous protein collected from the distal ileum and feces in pigs. *J. Anim. Sci.* 67, 746-754.
- [67] De Lange C.F.M., Sauer W.C., Souffrant W., 1989b. The effect of protein status of the pig on the recovery and amino acid composition of endogenous protein in digesta collected from the distal ileum. *J. Anim. Sci.* 67, 755-762.
- [68] De Lange C.F.M., Souffrant W.B., Sauer W.C., 1990. Real protein and amino acid digestibilities in feedstuffs for growing pigs as determined with the ¹⁵N-isotope dilution technique. *J. Anim. Sci.* 68, 409-418.
- [69] Deshmukh D.R., Sarnaik A.P., Mukopadhyay A., Portoles M., 1991. Effect of arginine-free diet on plasma and tissue amino acids in young and adult ferrets. *J. Nutr. Biochem.* 2, 72-78.
- [70] Douglas M.W., Johnson M.L., Parsons C.M., 1997. Evaluation of protein and energy quality of rendered spent hen meals. *Poultry Sci.* 76, 1387-1391.
- [71] Drochner W., Meyer H., 1991. Verdanung organischer substanzen im dickdarm verschiedener haustierarten. *Fortschr. Tierphysiol. Tierernährg.* 22, 18-40.
- [72] Dugan M.E.R., Sauer W.C., Dugan J.M. Jr., Caine W.R., 1994. Determination of bacterial amino acids contributions to ileal digesta from pigs using ³⁵S and DAPA marker techniques. *J. Anim. Feed Sci.* 3, 149-159.
- [73] Dust J.M., Grieshop C.M., Parsons C.M., Karr-Lilienthal L.L., Schasteen C.S., Quigley J.D., III, Merchen N.R., Fahey G.C. Jr., 2005. Chemical composition, protein quality, palatability, and digestibility of alternative protein sources for dogs. *J. Anim. Sci.* 83, 2414-2422.
- [74] Dworschak E., 1980. Nonenzyme browning and its effect protein nutrition. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 13, 1-40.

- [75] Eggum B.O., 1968. Determination of tryptophan. *Acta Agric. Scand.* 18, 127-131.
- [76] Einarsson E.J., Skrede A., 1989. *Avl og fôring av rev.* Landbruksforlaget, ISBN 82-529-1207-9.
- [77] Evenepoel P., Geypens B., Luypaerts A., Hiele M., Ghoo Y., Rutgeerts P., 1998. Digestibility of cooked and raw egg protein in humans as assessed by stable isotope techniques. *J. Nutr.* 128, 1716-1772.
- [78] Fan M.Z., Sauer W.C., Hardin R.T., Lien K.A., 1994. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in pigs: effect of dietary amino acid level. *J. Anim. Sci.* 72, 2851-2859.
- [79] Fan Y.Y., Chapkin R.S., 1998. Importance of dietary γ -linolenic acid in human health and nutrition. *J. Nutr.* 128, 1411-1414.
- [80] Faulkner W.L., Anderson D.M., 1991. The effects of fibre supplementation on diet digestibility by silver foxes. *Can. J. Anim. Sci.* 71, 943-947.
- [81] Faulkner W.L., Egan L.A., Anderson D.M., 1992. Apparent and true digestibility of dry matter, crude protein and amino acids in diets for mature silver foxes. *Norw. J. Agric. Sci., Suppl.* 9, 268-274.
- [82] Fekete S., Hullár I., Andrásosfzky E., Rigó Z., Berkényi T., 2001. Reduction of energy density of cat foods by increasing their fibre content with a view to nutrient's digestibility. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 85, 200-204.
- [83] Fernández-Figares L., Nieto P.R., Aguilera J.F., Prieto C., 1995. The effect of heat treatment on ileal amino acid digestibility of growing broilers given vetch and bitter vetch meals. *Br. J. Anim. Sci.* 60, 493-497.
- [84] Flickinger E.A., Wolf B.W., Garleb K.A., Chow JoMay, Leyer G.J., Johns P.W., Fahey G.C. Jr., 2000. Glucose-based oligosaccharides exhibit different in vitro fermentation patterns and affects in vivo apparent nutrient digestibility and microbial population in dogs. *J. Nutr.* 130, 1267-1273.
- [85] Ford J.E., Shorrocks C., 1971. Metabolism of heat-damaged proteins in the rat. Influence of heat damage on the excretion of amino acids and peptides in the urine. *Br. J. Nutr.* 26, 311-322.
- [86] Forstner G.G., Forstner J.F., 1986. Structure and function of gastrointestinal mucus. *Molecular and cellular basis of digestion.* Ed. P. Desnuelle, Elsevier Amsterdam, The Netherlands, 125-143.
- [87] Frafjord K., 1993. Food habits of arctic foxes (*Alopex lagopus*) on the western coast of Svalbard. *Arctic* 46, 49-54.
- [88] Fuller M.F., Livingstone R.M., 1982. Annual report of studies in animal nutrition and allied sciences. Rowett Research Institute.

- [89] Gajda M., Flickinger E.A., Grieshop C.M., Bauer L.L., Merchen N.R., Fahey G.C. Jr., 2005. Corn hybrid affects *in vitro* and *in vivo* measures of nutrient digestibility in dogs. *J. Anim. Sci.* 83, 160-171.
- [90] Gargallo J., Zimmerman D., 1981. Effect of casein and starch infusion in the large intestine on nitrogen metabolism in growing swine. *J. Nutr.* 111, 1390-1396.
- [91] Gawęcki J., 1998. Białka w żywności i żywieniu. Instytut Danone – Fundacja Promocji Zdrowego Żywienia, Warszawa.
- [92] Gibbson G.R., Roberfroid M.B., 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr.* 125, 1401-1412.
- [93] Gitler C., 1964. Protein digestion and absorption in nonruminants. *Mamalian protein metabolism*. Eds. H.N Munro, J.B. Allison, Academic Press New York and London, vol. I, 35-69.
- [94] Glem-Hansen N., 1980. The requirements for sulphur containing amino acids of mink during the growth period. *Acta Agric. Scand.* 30, 249-356.
- [95] Glem-Hansen N., 1982. Utilization of L-cystine and L- and D-methionine by mink during the period of intensive hair growth. *Acta Agric. Scand.* 32, 167-170.
- [96] Glem-Hansen N., 1990. Protein-og aminosyrebehov til mink. NJF-Seminar Nr. 185, Tästrup, Denmark.
- [97] Glem-Hansen N., 1992. Review of protein and amino acid requirements for mink. *Scientifur* 16, 122-124.
- [98] Glem-Hansen N., Hansen E.N., 1981. Amino acid deposition in mink during the growth period. *Acta Agric. Scand.* 31, 410-414.
- [99] Glem-Hansen N., Jørgensen G., 1975. Fordøjelighedsforsøg med fjerkræaffaldsprodukter til mink. *Statens Husdyrbrugsforsøg. Med.* 23, 3.
- [100] Glem-Hansen N., Jørgensen G., 1978. Digestibility of feedstuffs determined on mink. *Scientifur* 2, 37-58.
- [101] Gliński K., Kostro K., 2002. Podstawy hodowli lisów i norek. Profilaktyka i zwalczanie chorób. PWRiL Warszawa.
- [102] Głowińska B., Bieguszewski H., 1991. Wskaźniki hematologiczne i równowaga kwasowo-zasadowa krwi tchórzy hodowlanych żywionych karmą z udziałem krwi poubojowej i liweksu. *Przeegl. Hod., Zesz. Nauk.* 5, 166-171.
- [103] Głowińska B., Bieguszewski H., 1992. The effects on some physiological and performance indices of adding formic acid-preserved feed to the meat ration of ferrets. *Norw. J. Agric. Sci., Suppl.* 9, 289-292.

- [104] Graham H., Fadel J.G., Newman C.W., Newman R.K., 1989. Effect of pelleting and β -glucanase supplementation on the ileal and fecal digestibility of a barley-based diet in the pig. *J. Anim. Sci.* 67, 1293-1298.
- [105] Grala W., Buraczewska L., Wasilewko J., Verstegen M.W.A., Tamminga S., Jansman A.J.M., Huisman J., Korczyński W., 1998a. Flow of endogenous and exogenous nitrogen in different segments of the small intestine in pigs fed diets with soybean concentrate, soybean meal or rapeseed cake. *J. Anim. Feed Sci.* 7, 1-20.
- [106] Grala W., Verstegen M.W.A., Jansman A.J.M., Huisman J., van Leeuwen P., 1998b. Ileal apparent protein and amino acid digestibilities and endogenous nitrogen losses fed soybean and rapeseed products. *J. Anim. Sci.* 76, 557-568.
- [107] Grala W., Verstegen M.W.A., Jansman A.J.M., Huisman J., Wasilewko J., 1998c. Nitrogen utilization in pigs fed diets with soybean and rapeseed products leading to different ileal endogenous nitrogen losses. *J. Anim. Sci.* 76, 569-577.
- [108] Gray M.G., Cooper L.H., 1971. Protein digestion and absorption. *Gastroenterology* 61, 535-544.
- [109] Grieshop Ch.M., Flickinger E.A., Fahey G.C. Jr., 2002. Oral administration of arabinogalactan affects immune status and faecal microbial population in dogs. *J. Nutr.* 132, 478-482.
- [110] Guan D., Green G.M., 1996. Significance of peptic digestion in rat pancreatic secretory response to dietary protein. *Amer. J. Physiol.* 271, G42-G47.
- [111] Han Y., Parsons C.M., 1990. Determination of available amino acids and energy in alfalfa meal, feather meal and poultry by-product meal by various methods. *Poultry Sci.* 69, 1544-1522.
- [112] Hansen N.E., 1992. Recent advances in the nutrition of fur animals. *Norw. J. Agric. Sci., Suppl.* 9, 221-231.
- [113] Hansen N.E., Finne L., Skrede A., Tauson A.H., 1991. Energiforsyningen hos mink og raev. NJF – Utredning/Rapport Nr. 63, København.
- [114] Haydon K.D., Knabe D.A., Tanksley T.D. Jr., 1984. Effects of level of feed intake on nitrogen, amino acid and energy digestibilities measured at the end of the small intestine and over the total digestive tract of growing pigs. *J. Anim. Sci.* 3, 717-724.
- [115] Hejlesen K., 2004. The effect of protein level on N-balance in mink (*Mustela vison*). *Scientifur* 3, 182-187.
- [116] Hendriks W.H., 2003. Canine and feline amino acid requirements for different physiological functions. *Amino acids in animal nutrition*. 2nd ed., ed. J.P.F. D'Mello, CAB International, 411-426.

- [117] Hendriks W.H., Emmens M., 1998. Apparent ileal nitrogen and amino acids digestibility of a moist cat food. *J. Nutr.* 128, 2801S-2802S.
- [118] Hendriks W.H., Moughan P.J., Tarttelin M.F., 1996. Gut endogenous nitrogen and amino acid excretions in adult domestic cats fed a protein-free diet or an enzymatically hydrolysed casein-based diet. *J. Nutr.* 126, 955-962.
- [119] Hendriks W.H., Sritharan K., 2002. Apparent ileal and fecal digestibility of dietary protein is different in dogs. *J. Nutr.* 132, 1692S-1694S.
- [120] Herkelman K.L., Rodhouse S.L., Veum T.L., Ellersieck M.R., 1990. Effect of extrusion on the ileal and fecal digestibilities of lysine in yellow corn in diets for young pigs. *J. Anim. Sci.* 68, 2414-2424 .
- [121] Herman W., 1986. Hodowla zwierząt futerkowych. PWN Warszawa.
- [122] Hersteinsson P., 1989. Population genetics and ecology of different colour morphs of arctic foxes (*Alopex lagopus*) in Iceland. *Finn. Game Res.* 46, 64-78.
- [123] Hersteinsson P., Macdonald D.W., 1996. Diet of arctic foxes (*Alopex lagopus*) in Iceland. *J. Zool.* 240, 457-474.
- [124] Hess V., Thibault J.N., Seve B., 1998. The ¹⁵N amino acid dilution method allows the determination of the real digestibility and of the ileal endogenous losses of the respective amino acid in pigs. *J. Nutr.* 128, 1969-1977.
- [125] Hesta M., Janssens G.P.J., Debraekeleer J., De Wilde R., 2001. The effect of oligofructose and inulin on faecal characteristics and nutrient digestibility in healthy cats. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 85, 135-141.
- [126] Hill R.C., Burrows C.F., Ellison G.W., Bauer J.E., 1996. The use of chromic oxide as a marker for measuring small intestinal digestibility in cannulated dogs. *J. Anim. Sci.* 74, 1629-1634.
- [127] Hill R.C., Burrows C.F., Ellison G.W., Bauer J.E., 2000. The effect of texturized vegetable protein containing soy carbohydrate on oroileal transit of chromic oxide in cannulated dogs. *J. Anim. Sci.* 78, 2633-2638.
- [128] Horszczaruk F., Buraczewska L., Buraczewski S., 1974. Ilość i skład soku jelitowego wydzielanego do izolowanej pętli jelita cienkiego u świń. *Rocz. Nauk Roln.* 95 B(4), 69-77.
- [129] Horszczaruk F., Żebrowska T., 1973. Trwałe przetoki jelitowe do badań nad trawieniem u świń. III. Wykonywanie przetok mostkowych jelita cienkiego. *Rocz. Nauk Roln.* 95 B(1), 157-168.
- [130] Horszczaruk F., Żebrowska T., Dobrowolski W., 1972. Trwałe przetoki jelitowe do badań nad trawieniem u świń. II. Wykonanie prostych przetok jelita cienkiego. *Rocz. Nauk Roln.* 94 B(3), 99-105.

- [131] Huang S.X., Sauer W.C., Hargreaves L., Pickard M., Li S., 1997. Effect of micronization on energy, starch and amino acid digestibilities in wheat for young pigs. *J. Anim. Feed Sci.* 6, 353-368.
- [132] Hurrell R.F., 1984. Reactions of food proteins during processing and storage and their nutritional consequences. Ed. B.J.F. Hudson, *Development in food proteins 3*. Elsevier Applied Science Publishers London, 213-244.
- [133] Hurrell R.F., Finot A., 1985. Effect of food processing on protein digestibility and amino acid availability. Eds. J.W. Finley, D.T. Hopkins, *Digestibility and amino acid availability in cereals and oilseeds*. American Association of Cereal Chemist St. Paul, 233-246.
- [134] Hurrell R.F., Karpenter K.J., Sinclair W.J., Otterburn M.S., Asquith R.S., 1976. Mechanisms of heat damage in proteins. 7. The significance of lysine-containing isopeptides and of lanthionine in heated proteins. *Br. J. Nutr.* 35, 383-395.
- [135] Igbasan F.A., Guenter W., 1996. The enhancement of the nutritive value of peas for broiler chickens: an evaluation of micronization and dehulling processes. *Poultry Sci.* 75, 1243-1252.
- [136] Jarosz S., 1993. *Hodowla zwierząt futerkowych*. PWN Warszawa.
- [137] Jarosz S., 1994. *Normy żywienia mięsożernych i roślinożernych zwierząt futerkowych*. IFiZZ Jabłonna.
- [138] Jarosz S., 1996. Digestion in monogastric fur animals. *Scientifur* 3, 283-290.
- [139] Johnson R.J., 1992. Principles, problems and applications of amino acid digestibility in poultry. *World's Poult. Sci. J.* 48, 232-246.
- [140] Johnson M.L., Parsons C.M., Fahey G.C. Jr., Merchen N.R., Aldrich C.G., 1998. Effect of species raw material source, ash content, and processing temperature on amino acid digestibility of animal by-product meals by cecectomized roosters and ileally cannulated dogs. *J. Anim. Sci.* 76, 1112-1122.
- [141] Jørgensen H., Sauer W.C., Thacker P.A., 1984. Amino acid availabilities in soybean meal, sunflower meal, fish meal and meat and bone meal fed to growing pigs. *J. Anim. Sci.* 4, 926-934.
- [142] Just A., Jørgensen H., Fernandez J.A., 1981. The digestive capacity of the caecum-colon and the value of nitrogen absorbed from the hindgut for protein synthesis in pigs. *Br. J. Nutr.* 32, 479-480.
- [143] Just A., Jørgensen H., Fernandez J.A., 1985. Correlations of protein deposited in growing female pigs to ileal and faecal digestible crude protein and amino acids. *Livest. Prod. Sci.* 12, 145-159.
- [144] Kaikusalo A., Angerbjörn A., 1995. The arctic fox in Finish Lapland, 1964-1993. *Ann. Zool. Fenn.* 32, 69-77.

- [145] Kainer R.A., 1954. The gross anatomy of the digestive system of the mink. II. The midgut and the hindgut. *Am. J. Vet. Res.* 15, 91-97.
- [146] Kearns R.J., Hayek M.G., Sunvold G.D., 1998. Microbial changes in aged dogs. Recent advances in canine and feline nutrition. II, Iams Nutrition Symp. Proc., Orange Frazer Press. Wilmington, Ohio, USA, 337-351.
- [147] Kerminen-Hakkio M., Dahlman T., Niemelä P., Jalava T., Rekilä T., Syrjälä-Ovist L., 2000. Effect of dietary protein level and quality on growth rate and fur parameters in mink. *Scientifur* 24, 7-12.
- [148] Kienzle E., Dobenecker B., Eber S., 2001. Effect of cellulose on the digestibility of high starch versus high fat diets in dogs. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 85, 174-185.
- [149] Kiiskinen T., Huida L., Pastuszewska B., Berg H., 1985. Digestibility of nitrogen and amino acids of some dry feedstuffs for mink. *Ann. Agric. Fen.* 24, 107-114.
- [150] Kiiskinen T., Mäkelä J., 1976. Kokeita Loddajauholla. *Turkistalous* 48, 387-390.
- [151] Kimura F.T., Miller V.L., 1957. Improved determination of chromic oxide in cows feed and feces. *J. Agric. Food Chem.* 5, 216-232.
- [152] Knabe D.A., LaRue D.C., Gregg E.J., Martinez G.M., Tanksley T.D. Jr., 1989. Apparent digestibility of nitrogen and amino acids in protein feedstuffs by growing pigs. *J. Anim. Sci.* 67, 441-458.
- [153] Kondos A.C., McLymont G.L., 1972. Nutritional evaluation of meat meals for poultry. VII. Effect of processing temperature on total and biologically available amino acids. *Aust. J. Agric. Res.* 23, 913-922.
- [154] Konturek S., 1976. *Fizjologia układu trawiennego*. PZWL Warszawa.
- [155] Kopczewski A., Bis-Wencel H., Saba L., Łopuszański W., 2003a. Wpływ wysokoenergetycznego żywienia na zmiany anatomiczne i histopatologiczne lisów polarnych. *Med. Wet.* 59, 1095-1098.
- [156] Kopczewski A., Zdunkiewicz T., Sroka A., 2003b. Zagrożenie chorobami odzwierzęcymi dla człowieka i środowiska związane z hodowlą mięsożernych zwierząt futerkowych oraz ich żywieniem karmą pochodzenia zwierzęcego. *Hod. Zw. Futer.* 16, 26-28.
- [157] Krawielitzki K., Kreienbring F., Żebrowska T., Schadereit R., Kowalczyk J., 1994. Estimation of N absorption, secretion, and reabsorption in different intestinal sections of growing pigs using the ¹⁵N isotope dilution method. *Digestive physiology in pigs*. EAAP publication 80, 79-82.
- [158] Krehbiel C.R., Matthews J.C., 2003. Absorption of amino acids and peptides. *Amino acids in animal nutrition*. 2nd ed., ed. I.P.F. D'Mello, CAB International, 41-70.

- [159] Krogdahl Å., Ahlstrøm Ø., Skrede A., 2004. Nutrient digestibility of commercial dog foods using mink as a model. *J. Nutr.* 134, 2141S-2144S.
- [160] Krysiak K., Świeżyński K., 2001. *Anatomia Zwierząt. T. 2. Narządy wewnętrzne i układ krążenia.* PWN Warszawa.
- [161] Krzymowski T., 1998. *Fizjologia zwierząt.* PWRiL Warszawa.
- [162] Kuiken K.A., Lyman C.M., 1948. Availability of amino acids in some foods. *J. Nutr.* 36, 359-368.
- [163] Langenfeld M.S., 1992. *Anatomia kury.* PWN Warszawa-Kraków.
- [164] Larbier M., Leclercq B., 1995. *Żywnienie drobiu.* PWN Warszawa.
- [165] Latshaw J.D., 1990. Quality of feather meal as affected by feather processing conditions. *Poultry Sci.* 69, 953-958.
- [166] Le Blay G., Michel C., Blottiere H.M., Cherbut Ch., 1999. Prolonged intake of fructo-oligosaccharides induces a short-term elevation of lactic acid-producing bacteria and a persistent increase in cecal butyrate in rats. *J. Nutr.* 129, 2231-2235.
- [167] Legrand-Defretin V., 1994. Differences between cats and dogs: a nutritional review. *Proc. Nutr. Soc.* 53, 15-24.
- [168] Leibholz J. 1982. The flow of endogenous nitrogen in the digestive tract of young pigs. *Br. J. Nutr.* 48, 50-517.
- [169] Leterme P., Sève B., Théwis A., 1998. The current ¹⁵N-leucine infusion technique is not suitable for quantitative measurements of ileal endogenous amino acid flows in pigs. *J. Nutr.* 128, 1961-1968.
- [170] Li S., Sauer W.C., Huang S.X., Gabert V.M., 1996. Effect of β-glucanase supplementation to hulles barley-or wheat-soybean meal diets on the digestibilities of energy, protein, β-glucans, and amino acids in young pigs. *J. Anim. Sci.* 74, 1649-1656.
- [171] Li S., Sauer W.C., Fan M.Z., 1993. The effect of dietary crude protein level on amino acid digestibility in early-weaned pigs. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 70, 26-37.
- [172] Lien K.A., Sauer W.A., Fenton M., 1997. Mucin output in ileal digesta of pigs fed a protein-free diet. *Z. Ernaehrwiss.* 36, 182-190.
- [173] Ljøkjel K., Harstad O.M., Skrede A., 2000. Effect of heat treatment of soybean meal and fish meal on amino acid digestibility in mink and dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.* 84, 83-95.
- [174] Ljøkjel K., Skrede A., 2000. Effect of feed extrusion temperatures on digestibility of protein, amino acids and starch in mink. *Scientifur* 24, 3-6.
- [175] Lorek O., Florek S., Rusiecka J., 1991. Strawność składników pokarmowych i retencja azotu u lisów polarnych żywionych dawką z udziałem odpadów z krewetki (*Leander adspersus*). *Przeegl. Hod., Zesz. Nauk.* 5, 124-132.

- [176] Low G.A., 1979. Studies on digestion and absorption in the intestines of growing pigs. 6. Measurements of the flow of amino acids. *Br. J. Nutr.* 41, 147-156.
- [177] Makkink C.A., Berntsen J.M., op den Kamp B.M.L., Kemp B., Verstegen M.W.A., 1994. Gastric protein breakdown and pancreatic enzyme activities in response to two different dietary protein sources in newly weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 72, 2843-2850.
- [178] Makkink C.A., Heinz T., Souffrant W.B., Verstegen M.W.A., 1997. Endogenous N losses at the terminal ileum of young pigs fed diets based on four different protein sources. *J. Anim. Feed Sci.* 6, 219-234.
- [179] Mariotti F., Mahé S., Benamouzing R., Luengo C., Dare S., Gaudichon S., Tomé D., 1999. Nutritional value of [¹⁵N]-soy protein isolate assessed from ileal digestibility and postprandial protein utilization in humans. *J. Nutr.* 129, 1992-1997.
- [180] Mariscal-Landin G., Sève B., Colléaux Y., Lebreton Y., 1995. Endogenous amino nitrogen collected from pigs with end-to-end ileorectal anastomosis is affected by the method of estimation and altered by dietary fibre. *J. Nutr.* 125, 136-146.
- [181] Marsman G.J.P., Gruppen H., van der Poel A.F.B., Kwakkel R.P., Verstegen M.W.A., Voragen A.G.J., 1997. The effect of thermal processing and enzyme treatments of soybean meal on growth performance, ileal nutrient digestibilities, and chyme characteristics in broiler chicks. *Poultry Sci.* 76, 864-872.
- [182] Marty B.J., Chavez E R., de Lange C.F.M., 1994. Recovery of amino acids at the distal ileum for determining apparent and true ileal amino acid digestibilities in growing pigs fed various heat-processed full-fat soybean products. *J. Anim. Sci.* 72, 2029-2037.
- [183] Mason V.C., Just A., Bech-Andersen S., 1976. Bacterial activity in the hind-gut of pigs. 2. Its influence on the apparent digestibility of nitrogen and amino acids. *Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde.* 36, 310-324.
- [184] Matthews D.M., 1972. Intestinal absorption of amino acids and peptides. *Proc. Nutr. Soc.* 31, 171-177.
- [185] Mello F.C. Jr., Field R.A., Chang Y.O., 1975. Amino acid profile of bovine bone during growth. *Growth* 39, 241-249.
- [186] Mizak B., Rzeżutka A., Matras J., 1998. Potencjalne czynniki zaburzeń w rozrodzie samic lisów hodowlanych. *Med. Wet.* 54, 271-275.
- [187] Moore S., 1963. On the determination of cystine as cysteic acid. *J. Biol. Chem.* 238, 235-237.

- [188] Moughan P.J., Schuttert G., 1991. Composition of nitrogen containing fractions in digesta from the distal ileum of pigs fed a protein-free diet. *J. Nutr.* 121, 1570-1574.
- [189] Muir H.E., Murray S.M., Fahey G.C. Jr., Merchen N.R., Reinhart G.A., 1996. Nutrient digestion by ileal cannulated dogs as affected by dietary fibres with various fermentation characteristics. *J. Anim. Sci.* 74, 1641-1648.
- [190] Murray R.K., Granner D.K., Mayes P.A., Rodwell V.W., 1998a. *Biochemia Harpera*. PZWL Warszawa.
- [191] Murray S.M., Patil A.R., Fahey G.C. Jr., Merchen N.R., Hughes D.M., 1997. Raw and rendered animal by-products as ingredients in dog diets. *J. Anim. Sci.* 75, 2497-2505.
- [192] Murray S.M., Patil A.R., Fahey G.C. Jr., Merchen N.R., Wolf B.N., Lai Ch., Garleb K.A., 1998b. Apparent digestibility of debranched amylopectin-lipid complex and resistant starch incorporated into enteral formulas fed to ileal-cannulated dogs. *J. Nutr.* 128, 2032-2035.
- [193] Nasset E.S., 1965. Role of digestive system in protein metabolism. *Feder. Proc.* 24, 953-958.
- [194] Nenonen N., Nieminen P., Dahlman T., Valaja J., Pölönen I., Anttila M., Mustonen A-M., Rekilä T., 2004. Effects of dietary methyl donors on health status in blue fox (*Alopex lagopus*) vixens given a low protein diet during body fat mobilisation. *Scientifur* 3, 159-164.
- [195] Nes N., Einarsson E.J., Lohi O., 1987. *Vakre Pelsdyr-og deres fargegenetik*. Ed. G. Jørgensen, Scientifur Hillerød, Denmark.
- [196] Nguyen O., Zarkadas C.G., 1989. Comparison of the amino acid composition and connective tissue protein contents of selected bovine skeletal muscles. *J. Agric. Food Chem.* 37, 1279-1286.
- [197] Niedźwiadek S., Zając J., Bielański P., Zoń A., 1996. Maximizing the proportion of fresh poultry waste in the feeding of blue foxes. *Anim. Prod. Rev., Appl. Sci. Rep.* 28, 99-106.
- [198] NRC 1982. Nutrient requirements of mink and foxes. Second revised edition. National Academy Press Washington DC.
- [199] Ochoa-Solano A., Gitler C., 1968. Digestion and absorption of ingested and secreted proteins labeled with ⁷⁵Se-selenomethionine and ³⁵S-methionine in the gastrointestinal tract of rat. *J. Nutr.* 94, 249-255.
- [200] Opstvedt J., Miller R., Hardy R.W., Spinelli J., 1984. Heat-induced changes in sulfhydryl groups and disulfide bonds in fish protein and their effect on protein and amino acid digestibility in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. Agric. Food Chem.* 32, 929-935.

- [201] Parsons C.M., 1985. Influence of caecectomy on digestibility of amino acids by roosters fed distillers' dried grains with solubles. *J. Agric. Sci. Camb.* 104, 469-472.
- [202] Parsons C.M., 1986. Determination of digestible and available amino acids in meat meal using conventional and caecectomized cokerels or chick growth assays. *Br. J. Nutr.* 56, 227-240.
- [203] Parsons C.M., Castanon F., Han Y., 1997. Protein and amino acid quality of meat and bone meal. *Poultry Sci.* 76, 361-368.
- [204] Paszkiewicz-Gadek A., Piotrowska H., 2000. Mucyny ludzkie przewodu pokarmowego jako produkty genów MUC. *Post. Hig. Med. Dośw.* 54, 183-198.
- [205] Payne W.L., Combs G.F., Kiffer R.R., Snyder D.G., 1968. Investigation of protein quality-ileal recovery of amino acids. *Fed. Proc.* 27, 1199-1203.
- [206] Payne W.L., Kiffer R.R., Snyder D.G., Combs G.F., 1971. Studies of protein digestion in the chicken. 1. Investigation of apparent amino acid digestibility of fish meal protein using cecectomized, adult male chickens. *Poultry Sci.* 104, 143-150.
- [207] Pickard M., Bertrand S., Genin F., Maillard M., 1984. Digestibilité des acides amines: Interêt de la technique du shunt ileorectal chez le porc. *J. Rech. Porc. France* 16, 353-370.
- [208] Pölönen I., Niemelä P., Ciao Y., Jalkanen L., Korhonen H., Mäkelä J., 1996. Preserved slaughter-house offal as mink feed. *Anim. Prod. Rev., Appl. Sci. Rep.* 28, 79-86.
- [209] Prestrud P., 1992. Food habits and observations of the hunting behaviours of arctic foxes, *Alopex lagopus*, in Svalbard. *Can. J. Zool.* 70, 1276-1283.
- [210] Qin G., Elst E.R., Bosch M.W., van der Poel A.F.B., 1996. Thermal processing of whole soya beans: studies on the inactivation of antinutritional factors and effect on ileal digestibility in piglets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57, 313-324.
- [211] Rademacher M., Sauer W.C., Jansman A.J.M., 1999. Standardized ileal digestibility of amino acids in pig. Deggusa-Hulls AG publication Frankfurt, Germany.
- [212] Raharjo Y.C., Farrell D.J., 1984. A new biological method for determining amino acid digestibility in poultry feedstuffs using a simple cannula, and the influence of dietary fibre on endogenous amino acid output. *Anim. Feed Sci. Technol.* 12, 29-45.
- [213] Ragland D., Thomas C.R., Elkin R.G., Shafer D.J., Adeola O., 1999. The influence of cecectomy on metabolizable energy and amino acids digestibility of selected feedstuffs for White Pekin ducks. *Poultry Sci.* 78, 707-713.

- [214] Rajs R., Szymeczko R., Głowińska B., 1999. Wpływ różnego udziału mączek pochodzenia zwierzęcego i roślinnego w karmie na poziom hormonów tarczycy u lisów polarnych. *Przegl. Hod., Zesz. Nauk.* 42, 207-211.
- [215] Rajski A., 1997. *Zoologia. T.2. Część systematyczna.* PWN Warszawa.
- [216] Rakowska M., Szkiłłądziowa W., Kunachowicz H., 1978. *Biologiczna wartość białka żywności.* WNT Warszawa.
- [217] Ravindran V., Cabahug S., Ravindran G., Bryden W.L., 1999. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. *Poultry Sci.* 78, 699-706.
- [218] Ravindran V., Hew L.I., Bryden W.L., 1998. Influence of guanidination on apparent ileal digestibility in some protein sources for broilers. *Poultry Sci.* 77, 873-877.
- [219] Rimeslåtten H., 1976. Experiments in feeding different levels of protein, fat and carbohydrates to blue foxes. 1st Int. Sci. Congr. in Fur Anim. Prod., Helsinki, Finland.
- [220] Rouvinen-Watt K., White M., Longmire L., Johnson M., 2000a. Preservation and storage stability of poultry silage feedstuffs. *Scientifur* 4, 50-53.
- [221] Rouvinen-Watt K., White M., Morse T., Boudreau D., Johnson M., 2000b. Use of culled hens and hen silage in growing-furring diets for mink. *Scientifur* 4, 95-98.
- [222] Roverter M., Lindberg J.E., 1998. Ileal digestibility of amino acids in pigs given a barley based diet with increasing inclusion of lucerne leaf meal. *Anim. Sci.* 67, 131-138.
- [223] Rudolph B.C., Boggs L.S., Knabe D.A., Tanksley T.D. Jr., Anderson S.A., 1983. Digestibility of nitrogen and amino acids in soybean products for pigs. *J. Anim. Sci.* 2, 373-386.
- [224] Rymarz A., 1976. Trawienie białka w przewodzie pokarmowym kurcząt. *Rocz. Nauk Roln.* 97 B(4), 55-67.
- [225] Sandbol P., Clausen T.N., Hejlesen C., 2004. Ideal protein for mink (*Mustela vison*) in the growing and furring periods. *Scientifur* 3, 120-128.
- [226] Sauer W.C., Just A., Jørgensen H.H., Makonnen F., Eggum B.O., 1980. The influence of diet composition on the apparent digestibility of crude protein and amino acids at the terminal ileum and overall in pigs. *Acta Agric. Scand.* 30, 449-459.
- [227] Sauer W.C., Ozimek L., 1986. Digestibility of amino acids in swine: results and their practical applications. A review. *Livest. Prod. Sci.* 15, 367-388.
- [228] Savage D.C., 1977. Microbial ecology of the gastrointestinal tract. *Ann. Rev. Microbiol.* 31, 107-133.

- [229] Schadereit R., Krawielitzki K., Żebrowska T., Kowalczyk J., Kreienbring F., 1995. Intestinal nitrogen flow, total nitrogen ^{15}N balance in pigs labelled intravenously with ^{15}N -leucine fed a meat meal diet. *J. Anim. Feed Sci.* 4, 207-215.
- [230] Schneeman B.O., Dunaif G., 1984. Nutritional and gastro-intestinal response to heated non-fat dry milk. *J. Agric. Food Chem.* 32, 477-480.
- [231] Schneitz C., Kiiskinen T., Toivonen V., Näsi M., 1998. Effect of BROILACT® on the physicochemical conditions and nutrient digestibility in the gastrointestinal tract of broilers. *Poultry Sci.* 77, 426-432.
- [232] Shlygin G.K., 1977. The physiology of intestinal digestion. *Prog. Fd. Nutr. Sci.* 2, 249-306.
- [233] Silk D.B.A., Grimble G.K., Röss R.G., 1985. Protein digestion and amino acid and peptide absorption. *Proc. Nutr. Soc.* 44, 63-72.
- [234] Silvio J., Harmon D.L., Gross K.L., McLeod K.R., 2000. Influence of fiber fermentability on nutrient digestion in the dog. *J. Nutr.* 16, 289-295.
- [235] Skrede A., 1977. Soybean meal versus fish meal as protein source in mink diets. *Acta Agric. Scand.* 27, 145-155.
- [236] Skrede A., 1978a. Utilization of fish and animal byproducts in mink nutrition. I, Effect of source and level of protein on nitrogen balance, post-weaning growth and characteristic of winter fur quality. *Acta Agric. Scand.* 29, 241-257.
- [237] Skrede A., 1978b. Utilization of fish and animal byproducts in mink nutrition. III. Digestibility of diets based on different cod (*Gadus morrhua*) fractions in mink of different ages. *Acta Agric. Scand.* 28, 141-147.
- [238] Skrede A., 1979a. Utilization of fish and animal byproducts in mink nutrition. IV. Fecal excretion and digestibility of nitrogen and amino acids by mink fed cod (*Gadus morrhua*) fillet or meat-and bone meal. *Acta Agric. Scand.* 29, 241-257.
- [239] Skrede A., 1979b. Tørket fiskeprotein til unge minkvalper. NJF's subseksjon for pelsdyr. Møte, Uppsala.
- [240] Skrede A., 1979c. Utilization of fish and animal byproducts in mink nutrition. V. Content and digestibility of amino acids in cod (*Gadus morrhua*) byproducts. *Acta Agric. Scand.* 29, 353-362.
- [241] Skrede A., Ahlstrøm Ø., 2002. Bacterial protein produced on natural gas: a new potential feed ingredient for dogs evaluated using the blue fox as a model. *J. Nutr.* 132,1668S-1669S.
- [242] Skrede A., Ahlstrøm Ø., 2004. Bacterial protein produced on natural gas as a protein source in dry diets for the growing-furring blue fox. *Scientific fur* 3, 188-192.

- [243] Skrede A., Berge G.M., Storebakken T., Herstad O., Aarstad K.G., Sundstøl F., 1998. Digestibility of bacterial protein grown on natural gas in mink, pigs, chicken, and Atlantic salmon. *Anim. Feed Sci. Technol.* 76, 103-116.
- [244] Skrede A., Krogdahl Å., 1985. Heat affects nutritional characteristics of soybean meal and excretion of proteinases in mink and chicks. *Nutr. Rep. Int.* 32, 479-489.
- [245] Skulmowski J., 1974. Metody określania składu pasz i ich jakości. PWRiL Warszawa.
- [246] Sławiński T., Bednarz M., Sławoń J., 1962a. Wstępne badania nad transportem treści pokarmowej u lisów srebrzystych (*Vulpes vulpes* L.) i u lisów niebieskich (*Alopex lagopus* L.). *Rocz. Nauk Roln.* 80 B(2), 187-198.
- [247] Sławiński T., Sławoń J., Bednarz M., 1962b. Transport treści pokarmowej u norek (*Mustela vison* Schreb.) *Rocz. Nauk Roln.* 80 B(2), 169-186.
- [248] Sławoń J., 1987. Żywnienie lisów i norek. PWRiL Warszawa.
- [249] Sławoń J., 1991a. Badania nad technologią i stosowaniem w żywieniu lisów i norek odpadów drobiowych. Cz. I. Technologia uzdatniania odpadów drobiowych. *Przevl. Hod., Zesz. Nauk.* 5, 140-145.
- [250] Sławoń J., 1991b. Badania nad technologią uzdatniania i stosowaniem w żywieniu lisów i norek odpadów drobiowych. Cz. II. Opracowanie receptur dawek pokarmowych z wysokim udziałem uzdatnionych odpadów drobiowych. *Przevl. Hod., Zesz. Nauk.* 5, 146-151.
- [251] Smith H.W., 1965. Observations on the flora of the alimentary tract of animals and factors affecting its composition. *J. Path. Bact.* 89, 95-122.
- [252] Snook J.T., 1973. Protein digestion. *World Rev. Nutr. Diet.* 18, 121-176.
- [253] Snook J.T., Meyer J.H., 1964. Response of digestive enzymes to dietary protein. *J. Nutr.* 82, 409-414.
- [254] Souffrant W.B., 1991. Endogenous nitrogen losses during digestion in pigs. *Proc. Vth Int. Cong. on Digestive Physiology in Pigs Wageningen, The Netherlands*, 147-166.
- [255] Souffrant W.B., Rerat A., Laplace J.P., Darcy-Vrillon B., Köhler R., Corring T., Gebhard G., 1993. Exogenous and endogenous contributions to nitrogen fluxes in the digestive tract of pigs fed a casein diet. Recycling of endogenous nitrogen. *Reprod. Nutr. Dev.* 33, 373-382.
- [256] Stanisław A., 1998. Przystępny kurs statystyki w oparciu o program Statistica PL na przykładach z medycyny. StatSoft Polska Sp. z o.o. Kraków.

- [257] Stein H.H., Aref S., Easter R.A., 1999. Comparative protein and amino acid digestibilities in growing pigs and sows. *J. Anim. Sci.* 77, 1169-1179.
- [258] Stevens C.E., Hume I.D., 1998. Contributions of microbes in vertebrate gastrointestinal tract to production and conservation of nutrients. *Physiol. Rev.* 2, 393-427.
- [259] Stoll B., Henry J., Reeds P.J., Yu H., Jahoor F., Burrin D.G., 1998. Catabolism dominates the first-pass intestinal metabolism of dietary essential amino acids in milk protein-fed piglets. *J. Nutr.* 128, 606-614.
- [260] Stryer L., 1998. *Biochemistry*. Ed. W.H. Freeman and Company, New York, USA.
- [261] Swanson K.S., Grieshop Ch.M., Flickinger E.A., Bauer L.L., Healy H.P., Dawson K.A., Merchen N.R., Fahey G.C. Jr., 2002. Supplemental fructo-oligosaccharides and mannanooligosaccharides influence immune function, ileal and total nutrient digestibilities, microbial population and concentrations of protein catabolites in the large bowel of dogs. *J. Nutr.* 132, 980-989.
- [262] Szymeczko R., 2001. Ileal and total digestibility of amino acids in feeds used in mink and polar fox nutrition. *J. Anim. Feed Sci.* 10, Suppl. 1, 211-222.
- [263] Szymeczko R., Bieguszewski H., Burlikowska K., 1996. The influence of dietary fibre on nutrient digestibility in polar foxes. *Anim. Prod. Rev., Appl. Sci. Rep.* 28, 67-72.
- [264] Szymeczko R., Bieguszewski H., Głowińska B., Lorek O., Bodenszat J., 1989. Ocena wskaźników równowagi kwasowo-zasadowej we krwi u tchórzofretek żywionych paszami z dodatkiem liwexu, odpadów mięsno-rybnych konserwowanych preparatami chemicznymi i odpadów olejowych. *Przeł. Nauk. Liter. Zoot., Zesz. Spec.*, 105-112.
- [265] Szymeczko R., Burlikowska K., 1996. Protein digestion in the digestive tract of polar foxes. *Scientifur* 2, 203-208.
- [266] Szymeczko R., Grajewski J., Burlikowska K., Miklaszewska B., Szczepaniak K., 2005a. Mycological quality of feeds used in reproductive polar fox nutrition. *Pr. Komis. Nauk Roln. i Biol. BTN B* 56, 215-219.
- [267] Szymeczko R., Jørgensen G., Bieguszewski H., Børsting Ch., 1992. The effect of protein source on digesta passage and nutrient digestibility in polar foxes. *Norw. J. Anim. Sci., Suppl.* 9, 275-281.
- [268] Szymeczko R., Podkówka Z., 1994. Długość okresu wstępnego i właściwego w badaniach strawnościowych u lisów polarnych. *Przeł. Hod., Zesz. Nauk.* 5, 99-108.
- [269] Szymeczko R., Skrede A., 1990. Protein digestion in mink. *Acta Agric. Scand.* 40, 189-200.

- [270] Szymeczko R., Skrede A., 1991. Protein digestion in fistulated polar foxes. *Scientifur* 3, 227-232.
- [271] Szymeczko R., Święch E., Burlikowska K., Podkówka Z., 2005b. Content and apparent ileal digestibility of nutrients in diets fed to breeding polar foxes over the non-mating season. *J. Anim. Feed Sci.* 14, Suppl. 1, 557-562.
- [272] Śmiełowska-Łoś E., Klimentowski S., 1996. Śmiertelność osesków lisów hodowlanych w świetle badań bakteriologicznych. *Med. Wet.* 52, 397-399.
- [273] Śmiełowska-Łoś E., Klimentowski S., Rypała K., Karczmarczyk R., 1998. Udział czynników zakaźnych w zaburzeniach rozrodu u samic lisów hodowlanych. *Życie Wet.* 3, 93-97.
- [274] Tabeling R., Gregory P., Kamphues J., 1999. Studies on nutrient digestibilities (pre-caecal and total) in pancreatic duct-ligated pigs and the effects of enzyme substitution. *J. Anim. Physiol. a. Nutr.* 82, 251-263.
- [275] Tamminga S., Schulze H., van Bruchen J., Huisman J., 1995. The nutritional significance of endogenous N-losses along the gastro-intestinal tract of farm animals. *Arch. Anim. Nutr.* 48, 9-22.
- [276] Tauson A.H., Olafson B.L., Elnif J., Treuthardt J., Ahlstrøm Ø., 1992. Minkes och rävens mineralförsörjning. NJF- Utredning/Rapport Nr. 79, København.
- [277] Tauson A.H., Valtonen M., 1992. Reproduction in carnivorous fur bearing animals. NJF – Utredning/Rapport Nr. 75, Copenhagen.
- [278] Taverner M.R., Hume I.D., Farrell D.J., 1981. Availability to pigs of amino acids in cereal grains. 1. Endogenous levels of amino acids in ileal digesta and faeces of pigs given cereal diets. *Br. J. Nutr.* 46, 149-158.
- [279] Temler R.S., Dormond C.A., Simon E., Morel B., Mettraux C., 1983. Response of rat pancreatic proteases to dietary proteins and their hydrolysates. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.* 53, 233-238.
- [280] Terada A., Hara H., Oishi T., Matusi S., Mitsuoka T., Nakajyo S., Fujimori I., Hara K., 1992. Effect of dietary lactosucrose on faecal flora and faecal metabolites of dogs. *Microb. Ecol. Health Dis.* 5, 87-92.
- [281] Traczyk W.Z., 1999. Diagnostyka czynnościowa człowieka. Fizjologia stosowana. PZWL Warszawa.
- [282] Työppönen J., Berg H., Valtonen M., 1987. Effect of dietary supplement of methionine and lysine on blood parameters and fur quality in blue fox during low-protein feeding. *Fin. J. Agric. Sci.* 59, 355-360.
- [283] Van Leeuwen P., Gdala J., Boisen S., Buraczewski S., van Kempen G.J.M., Verstegen M.W.A., Schaafsma G., 1996. Validation of a mathe-

matical model to explain variation in apparent ileal amino acid digestibility of diets fed to pigs. *J. Anim. Feed Sci.* 5, 303-315.

- [284] Van Leeuwen P., Babinszky L., Verstegen M.W.A., Tossenberger J., 2000. A procedure for ileostomisation of adult roosters to determine apparent ileal digestibility of protein and amino acid of diets: Comparison of six diets in roosters and growing pigs. *Livest. Prod. Sci.* 67, 101-111.
- [285] Van Soest P.J., 1995. Comparative aspects of animal models. Dietary fiber in health and disease. Eagan Press St. Paul.
- [286] While S.G., Skrede A., Ahlstrøm Ø., Szymeczko R., Hove K., 2005. Ileal and total tract nutrient digestibility in blue foxes (*Alopex lagopus*) fed extruded diets containing different protein sources. *Arch. Anim. Nutr.* 59, 61-72.
- [287] Viljoen J., Fick J.C., Coetzee S.E., Hayes J.P., Siebrits F.K., 1998. Apparent and true amino acid digestibilities of feedstuffs in pigs employing the total ileal content (TIC) technique and the mobile nylon bag technique (MNBT). *Livest. Prod. Sci.* 53, 205-215.
- [288] Viljoen J., Ras M.N., Siebrits F.K., Hayes J.P., 1997. Use of the mobile nylon bag technique (MNBT) in combination with the ileo-rectal anastomosis technique (IRA) to determine amino acid digestibility in pigs. *Livest. Prod. Sci.* 51, 109-117.
- [289] Walker J.A., Harmon D.L., Gross K.L., Collings G.F., 1994. Evaluation of nutrient utilization in the canine using the ileal cannulation technique. *J. Nutr.* 124, 2672-2676.
- [290] Walker W.R., Maxwell C.V., Owens F.N., Buchanan D.S., 1986. Milk versus soybean protein sources for pigs: II. Effects on amino acid availability. *J. Anim. Sci.* 63, 513-524.
- [291] Wang X., Parsons C.M., 1997. Effect of processing system on protein quality of feather meals and hog hair meals. *Poultry Sci.* 76, 491-496.
- [292] Wang X., Parsons C.M., 1998a. Effect of raw material source, processing systems, processing temperatures on amino acid digestibility of meat and bone meals. *Poultry Sci.* 77, 834-841.
- [293] Wang X., Parsons C.M., 1998b. Bioavailability of the digestible lysine and total sulfur amino acids in meat and bone meals varying in protein quality. *Poultry Sci.* 77, 1003-1009.
- [294] Wauer A., Stangl G.I., Kirchgessner M., Erhardt W., Henke J., Hennig U., Roth-Mayer D.A., 1999. A comparative evaluation of ileo-rectal anastomosis techniques for the measurements of apparent prececal digestibilities of folate, niacin and pantothenic acid. *J. Anim. Physiol. a. Anim. Nutr.* 82, 80-87.

- [295] White M.B., Anderson D.M., Rouvinen K.I., 1996. Raw ground herring (*Clupea harengus*) and acid or fermented herring silages as feedstuffs for mink. *Anim. Prod. Rev., Appl. Sci. Rep.* 28, 93-98.
- [296] White M.B., Anderson D.M., Rouvinen K.I., 1999. Digestibility by mink and storage stability of feedstuffs made from raw ground, acid-treated or fermented dogfish (*Squalus acanthias*). *Scientifur* 4, 290-291.
- [297] Williams P.E.V., 1995. Digestible amino acids for non-ruminant animals: theory and recent challenges. *Anim. Feed Sci. Technol.* 53, 173-187.
- [298] Wu G., 1995. Urea synthesis in enterocytes of developing pigs. *Biochem. J.* 312, 717-723.
- [299] Wu G., 1998. Intestinal mucosal amino acid catabolism. *J. Nutr.* 128, 1249-1252.
- [300] Wünsche J., Henning U., Meinel M., Kreienbring F., Bock H.D., 1982. Investigation of the absorption and utilization of amino acids infused into the caecum of growing pigs. I. N-balance measurement with regard to the utilization of lysine and isoleucine and requirement of growing pigs. *Arch. Tierernähr.* 32, 337-348.
- [301] Xu Z.R., Hu C.H., Xia M.S., Zhan X.A., Wang M.Q., 2003. Effects of dietary fructooligosaccharide on digestive enzyme activities, intestinal microflora and morphology of male broilers. *Poultry, Sci.* 82, 1030-1036.
- [302] Yamka R.M., Jamikorn U., True A.D., Harmon D.L., 2003. Evaluation a low-ash poultry meal as a protein source in canine foods. *J. Anim. Sci.* 81, 2279-2284.
- [303] Yin Y.L., Huang R.L., Zhang H.Y., Chen C.M., Li T.J., Pan J.F., 1993. Nutritive value of feedstuffs and diets for pigs: 1. Chemical composition, apparent ileal and faecal digestibilities. *Anim. Feed Sci. Technol.* 44, 1-27.
- [304] Yin Y.L., McEvoy J.D.G., Schulze H., Hennig U., Souffrant W.B., McCracken K.J., 2000. Apparent digestibility (ileal and overall) of nutrients as evaluated with PVTC-cannulated or ileo-rectal anastomised pigs fed diets containing two indigestible markers. *Livest. Prod. Sci.* 62, 133-141.
- [305] Yin Y.L., Souffrant W.B., McCracken K.J., 1997. Comparison of different digesta collection methods and indigestible markers to determine the apparent ileal nutrient digestibility. *Proc. Brit. Soc. Anim. Sci.*, 68.
- [306] Zając J., Niedźwiadek S., Bielański P., Zoń J., 2000. Blood and poultry waste as a valuable feed material for blue foxes. *Scientifur* 24, 38.
- [307] Zhang Ye., Parsons C.M., 1996. Effect of overprocessing on the nutritional quality of peanut meal. *Poultry Sci.* 75, 514-518.

- [308] Zuo Y., Fahey G.C. Jr., Merchen N.R., Bajjalich N.L., 1996. Digestion responses to low oligosaccharide soybean meal by ileally-cannulated dogs. *J. Anim. Sci.* 74, 2441-2449.
- [309] Żebrowska T., 1971. Wpływ poziomu białka w paszy na szybkość przechodzenia oraz skład treści żołądka i jelita cienkiego u świni. *Rocz. Nauk Roln.* 93 B(4), 77-88.
- [310] Żebrowska T., 1973a. Influence of dietary protein source on the rate of digestion in the small intestine of pigs. Part II. The rate of protein digestion and amino acid absorption. *Rocz. Nauk Roln.* 95 B(1), 135-155.
- [311] Żebrowska T., 1973b. Digestion and absorption of nitrogenous compounds in the large intestine of pigs. *Rocz. Nauk Roln.* 95 B(3), 85-90.
- [312] Żebrowska T., 1975. The apparent digestibility of nitrogen and individual amino acids in the large intestine of pigs. *Rocz. Nauk Roln.* 97 B(1), 117-123.
- [313] Żebrowska T., Buraczewska L., 1972a. Wpływ poziomu białka w diecie na przebieg trawienia w jelicie cienkim świń. I. Ilość i skład treści. *Rocz. Nauk Roln.* 4 B(1), 81-95.
- [314] Żebrowska T., Buraczewska L., 1972b. Wpływ poziomu białka w diecie na przebieg trawienia w jelicie cienkim świń. II. Szybkość trawienia białka i wchłaniania aminokwasów. *Rocz. Nauk Roln.* 94 B(1), 97-109.
- [315] Żebrowska T., Buraczewska L., Buraczewski S., 1978a. The apparent digestibility of amino acids in the small intestine and in the whole digestive tract of pigs fed diets containing different sources of protein. *Rocz. Nauk Roln.* 99 B(1), 87-98.
- [316] Żebrowska T., Buraczewska L., Buraczewski S., Horszczaruk F., 1975. Digestion and absorption in the small intestine of pigs. Part 1. Digestion and absorption of dry matter and nitrogen. *Rocz. Nauk Roln.* 96 B(3), 79-90.
- [317] Żebrowska T., Buraczewska L., Horaczyński H., 1978b. Apparent digestibility of nitrogen and amino acids and utilisation of the protein given orally or introduced into the large intestine of pigs. *Rocz. Nauk Roln.* 99 B(1), 99-105.
- [318] Żebrowska T., Buraczewska L., Lachowicz J., 1982. Próba oceny metod oznaczania strawności pozornej białka i aminokwasów u świń. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 239, 67-74.

STRAWNOŚĆ JELITOWA BIAŁKA I AMINOKWASÓW U LISÓW POLARNYCH ŻYWIANYCH DIETAMI Z UDZIAŁEM PASZ POCHODZENIA ZWIERZĘCEGO

Streszczenie

Celem badań była ocena strawności pozornej i rzeczywistej białka oraz aminokwasów mączek: rybnej, mięsnej, mięsno-kostnej i drobiowej, pasz najczęściej stosowanych w żywieniu lisów polarnych i innych gatunków mięsożer-nych zwierząt futerkowych. Badaniami objęto 5 jednorocznych samców lisów polarnych o średniej masie ciała $8,44 \pm 0,36$ kg, u których operacyjnie wykona- no zespolenia jelitowo-rektalne techniką „koniec do końca”. Przeprowadzono pięć 8-dniowych doświadczeń strawnościowych. Podczas badań lisy utrzymy- wano na dietach, których jedynymi źródłami białka były wymienione mączki mięsne oraz na diecie bezbiałkowej.

Wyniki badań wykazały, że strawność pozorna białka i aminokwasów mączki rybnej była istotnie większa ($P < 0,05$) od strawności tych składników z mączek: mięsnej, mięsno-kostnej i drobiowej. Strawność pozorna poszczegół- nych aminokwasów była zróżnicowana i zależała od rodzaju badanych mączek. Spośród aminokwasów niezbędnych największą strawnością pozorną charakte- ryzowały się: arginina, tryptofan, lizyna, fenyloalanina i metionina, najmniejszą – treonina i histydyna. Z aminokwasów nie-niezbędnych najlepiej wchłaniane były tyrozyna, alanina, prolina, glicyna i kwas glutaminowy, a najgorzej cysty- na i kwas asparaginowy. Przy żywieniu dietami z udziałem badanych mączek największą strawność pozorną stwierdzono w przypadku argininy, a najmniej- szą – treoniny, cystyny i kwasu asparaginowego.

W białku endogennym, wydalonym z jelita cienkiego lisów doświadczal- nych po diecie bezbiałkowej, stwierdzono wysoką zawartość treoniny, kwasu asparaginowego, cystyny, kwasu glutaminowego, proliny i seryny w ogólnej puli aminokwasów pochodzenia endogenne.

Strawność rzeczywista białka i aminokwasów w mączce rybnej była również istotnie większa ($P < 0,05$) od strawności mączek: mięsnej, mięsno-kostnej i dro- biowej, przy czym wartości współczynników strawności rzeczywistej białka i aminokwasów były wyższe i mniej zróżnicowane od wartości współczynników strawności pozornej. Największą strawnością rzeczywistą spośród aminokwasów ocenianych źródeł białka charakteryzowała się arginina, a najmniejszą kwas aspa- raginowy i cystyna. Z przeprowadzonych badań wynika, że białko mączki rybnej jest białkiem o wysokiej wartości pokarmowej dla lisów polarnych, natomiast wartość białka mączek: mięsnej, mięsno-kostnej i drobiowej jest niższa.

Uzyskane wyniki świadczą o tym, że metoda zespołów jelitowo-rektalnych jest wysoce przydatna do oceny wartości pokarmowej białka dla lisów polarnych i innych gatunków zwierząt mięsożernych.

ILEAL DIGESTIBILITY OF PROTEIN AND AMINO ACIDS IN POLAR FOXES FED DIETS WITH FEEDS OF ANIMAL ORIGIN

Summary

The aim of the present research was to evaluate the apparent and true digestibility of protein and amino acids in fish, meat, meat-and-bone and poultry meals, feeds most frequently used in the feeding of polar fox and other species of carnivorous fur animals. The research involved 5 one-year-old polar fox males of a mean body weight of 8.44 ± 0.36 kg, in which ileorectal anastomoses was carried out by operating with the 'end-to-end' technique. Throughout the research period 5 eight-day digestibility experiments were carried out during which foxes were fed diets in which the only sources of protein were the meat meals and with protein-free diets.

The results demonstrated that the apparent digestibility of protein and amino acids from fish meal was significantly higher ($P < 0.05$) than the digestibility of these nutrients in meat, meat-and-bone, and poultry meals. The ileal digestibility of respective amino acids differed and depended on the kind of the meals investigated. As for the essential amino acids, the apparent digestibility of arginine, tryptophan, lysine, phenylalanine and methionine was the highest, and that of threonine and histidine – the lowest. Out of all the nonessential amino acids, the following demonstrated the highest absorption: tyrosine, alanine, proline, glycine and glutamic acid, whereas cystine and aspartic acid – the lowest absorption. When fed diets with the experimental meals researched, the ileal digestibility of arginine was the highest, and threonine, cysteine and aspartic acid – the lowest.

In the endogenous protein excreted from small intestine in experimental foxes, the protein-free diet resulted in a high content of threonine, aspartic acid, cysteine, glutamic acid, proline and serine in the total amount of endogenous amino acids.

The true digestibility of protein and amino acids in fish meal was also significantly higher ($P < 0.05$) than in meat, meat-and-bone and poultry meals, whereas the values of true protein and amino acids digestibility coefficients were higher and differed less than the values of apparent digestibility. Out of all the amino acids of the protein sources investigated, the true digestibility of arginine was the highest, while the digestibility of aspartic acid and cystine – the lowest. The experiments show that fish meal protein is a high-nutritive value protein and the value of proteins of meat, meat-and-bone and poultry meals for polar foxes is lower.

The results demonstrated that the ileorectal anastomosis method used to evaluate the nutritive value of protein for polar foxes and other carnivorous animal species is highly applicable.