



WYDZIAŁ
NAUK O ZWIERZĘTACH
I BIOGOSPODARKI

Mgr inż. Maciej Bąkowski

Efektywność stosowania różnych odmian i form nasion lnu w odchowcie cieląt

Praca wykonana pod kierunkiem

Prof. dr hab. Renata Klebaniuk

Instytut Żywienia Zwierząt i Bromatologii
Wydział Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Recenzenci

Prof. dr hab. Cezary Purwin

Katedra Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa
Wydział Bioinżynierii Zwierząt
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Dr hab. Dorota Wojtysiak, profesor UR

Katedra Genetyki, Hodowli i Etologii Zwierząt
Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Lublin, 2020

Spis treści

1. Wstęp	3
2. Hipoteza badawcza i cel badań	4
3. Materiał i metody	5
3.1. Układ doświadczeń	5
3.2. Pomiary doświadczalne.....	9
3.3. Analizy laboratoryjne materiału biologicznego.....	9
3.4. Analiza statystyczna.....	10
4. Wyniki	11
4.1. Etap I.....	11
4.2. Etap II.....	13
Doświadczenie 1.....	13
Doświadczenie 2.....	17
5. Podsumowanie i wnioski.....	21

1. Wstęp

Osiągana aktualnie wysoka produktywność bydła mlecznego stwarza potrzebę badań ukierunkowanych na poznanie mechanizmów żywieniowego oddziaływania na funkcjonowanie organizmu od pierwszych dni po urodzeniu. Już pierwsze tygodnie odchowu cieląt wpływają istotnie na wskaźniki użytkowania tych zwierząt w dalszych etapach ich rozwoju. Najpoważniejszy problem w odchowcie cieląt stanowią schorzenia układu pokarmowego i oddechowego, wynikające z niskiej odporności nowourodzonych cieląt. W efekcie stale rosnących oczekiwań hodowców co do poprawy warunków szeroko pojętego chowu zwierząt, a także rosnących oczekiwań konsumentów, co do jakości pozyskiwanych surowców od zwierząt, pojawia się konieczność opracowania mieszanek uzupełniających zapewniających cielętom nie tylko pokrycie zapotrzebowania na składniki pokarmowe, ale również wspomagających ich system odpornościowy w pierwszych tygodniach życia, a także zapewniających wysokie efekty końcowe chowu.

Na obecnym etapie rozwoju produkcji zwierzęcej, mimo racjonalnego żywienia zwierząt, występują niedobory związków stymulujących funkcjonowanie organizmu. Dlatego też, poszukuje się źródeł i sposobów pokarmowych działających kompleksowo, poprawiających zdrowie i efektywność chowu zwierząt, a także jakość pozyskiwanych produktów zwierzęcych. Jedną z metod w tym zakresie może być stosowanie w dietach dla zwierząt, różnych materiałów paszowych dostarczających nie tylko podstawowych składników pokarmowych, ale również będących źródłem związków stymulujących przemiany metaboliczne czy pobudzające odporność zwierząt lub ich potomstwa. Takimi materiałami paszowymi mogą być m.in. nasiona roślin oleistych i oleje roślinne [Bas i Morand-Fehr, 2000], podane w odpowiedniej ilości i formie.

2. Hipoteza badawcza i cel badań

Skład chemiczny i wartość pokarmowa nasion lnu oleistego zależy od odmiany. Poprzez zastosowanie ekstruzji można wpływać na dostępność dla przewodu pokarmowego składników pokarmowych zawartych w nasionach, modulować w pewnym zakresie skład i wartość pokarmową nasion, a w efekcie ich przydatność żywieniową.

Poprzez dodatek do mieszanek paszowych nasion określonych odmian lnu w odpowiedniej formie, można wpływać na wskaźniki odchowu zwierząt, a także jakość pozyskiwanych surowców zwierzęcych.

Dla weryfikacji hipotezy przeprowadzono doświadczenia mające na celu:

- ocenę składu i wartości pokarmowej nasion różnych odmian lnu oleistego poddanych ekstruzji
- określenie wpływu zastosowania w dawkach pokarmowych dla cieląt nasion lub ekstrudatów nasion wybranych odmian lnu, na wskaźniki odchowu cieląt i jakość mięsa.

3. Materiał i metody

3.1. Układ doświadczeń

Badania realizowano w dwóch etapach:

Etap I – badania laboratoryjne.

Analiza składu chemicznego i wartości pokarmowej nasion lnu oleistego wybranych odmian oraz różnych jego form, w celu wyboru czynnika doświadczalnego do badań na zwierzętach.

Etap II – doświadczenia na zwierzętach.

Ocena efektywności zastosowania, wybranych na podstawie wyników etapu I, odmian lnu w formie surowej oraz poddanej procesowi ekstruzji, w żywieniu cieląt.

Etap I

Do badań w etapie I wybrano pięć odmian lnu oleistego: Szafir i Oliwin wyhodowane przez Hodowlę Roślin w Strzelcach przy współpracy z IHAR w Poznaniu, Jantarol i Bukoz wyhodowane w Instytucie Włókien Naturalnych w Poznaniu oraz Amon – wyhodowana w Czechach. Odmiany Amon, Jantarol i Oliwin są odmianami o nasionach żółtych, a odmiany Bukoz i Szafir mają nasiona brązowe. Odmiany polskie: Szafir, Oliwin, Jantarol i Bukoz umieszczone są w krajowym rejestrze Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych [coboru.pl, 2020]. Odmiana czeska Amon jest odmianą o zmienionym składzie kwasów tłuszczowych tłuszczu, dopuszczoną na polskim rynku paszowym i żywnościowym.

Kolekcja nasion do badań pochodziła z trzech kolejnych lat, po 5 pobrań każdej z odmian lnu w każdym roku. W rokrocznie pozyskiwanych nasionach każdej z odmian lnu oznaczono podstawowy i szczegółowy skład chemiczny oraz oszacowano ich wartość pokarmową. Na podstawie uzyskanych na tym etapie wyników wybrano do dalszych badań nasiona dwóch odmian lnu oleistego (Szafir i Amon), różniące się przede wszystkim proporcją nasyconych kwasów tłuszczowych w tłuszczu, z których udziałem przygotowano ekstrudaty. Ekstrudat został wykonany metodą ekstruzji na sucho, należąca do metod HTST (*high temperature short time*). Ekstruzja metodą na sucho jest procesem, w czasie którego na obrabiany materiał oddziałuje ciepło i ciśnienie. Proces jest stosowany dla roślin zawierających powyżej 15% oleju. Ekstrudat wykonano z całych nasion lnu oleistego i śrutowanego ziarna pszenicy, w proporcji 60:40. Ziarna pszenicy przed procesem ekstruzji rozdrobniono w rozdrabniaczu. Proces ekstruzji został przeprowadzony za pomocą ekstrudera jednoślakowego Insta-Pro 2500 w temp. 120- 130°C na wyjściu materiału z ekstrudera oraz pod ciśnieniem ok. 16MPa.

Etap II

W etapie II przeprowadzono dwa doświadczenia na zwierzętach (dośw. 1 i dośw. 2). Na realizację badań uzyskano zgodę II-iej Lokalnej Komisji Etycznej ds. badań na zwierzętach w Lublinie: Uchwała nr 52/2009 z dnia 9 września 2009 r. oraz Uchwała nr 49/2013 z dnia 2 lipca.

Doświadczenia prowadzono w oborze uwięziowej, w gospodarstwie specjalizującym się w produkcji bydła mlecznego- krowy rasy polskiej holsztyno-fryzyjskiej, odmiany czarno-białej. Gospodarstwo zlokalizowane jest w województwie lubelskim. Stado krów liczyło w chwili rozpoczęcia badań 163 krowy o średniej wydajności mlecznej 6700 kg. Stado jest wyrównane pod względem wieku (80% stada stanowią krowy w 2-4 laktacji) oraz wydajności. Nasilenie wycieleń w stadzie ma miejsce w miesiącach marzec – kwiecień.

Cielęta objęte doświadczeniami pochodziły od krów żywionych systemem PMR (Partly

Mixed Ration). Dawki pokarmowe dla krów oparte były na paszach gospodarskich (kiszonka z kukurydzy, sianokiszonka, mieszanka treściwa z premiksem mineralno-witaminowym) i zbilansowane zgodnie z IZ PIB-INRA [2009]. Cielęta po urodzeniu utrzymywano indywidualnie, a następnie w kojcach po 2 sztuki. W okresie pierwszych 14 dni życia cielęta pojono indywidualnie siarą i mlekiem od matek. Po tym okresie podstawą żywienia cieląt były preparaty mlekozastępcze (PM) podawane zgodnie z zaleceniami producenta. Od 7 tygodnia życia skarmiano również pełnoporcjową mieszankę treściwą (MP), przy stałym dostępie do siana i wody. Obserwacje cieląt trwały od ich urodzenia do końca 12 tygodnia życia.

Doświadczenie 1 przeprowadzono na 56-ciu cielętach pochodzących od 56 krów. Krowy –matki cieląt doświadczalnych podzielono na 3 grupy: kontrolna (Kr1) - 24 szt., i dwie doświadczalne (KrS i KrA) po 16 szt. w każdej, dobranych do grup na zasadzie analogów, stopniowo wraz z rozpoczęciem okresu zasuszenia, (tab. 1). Czynnikiem doświadczalnym w tym doświadczeniu (dośw. 1) były nasiona lnu dwóch odmian (tradycyjna, brązowa – Szafir, oraz o zmienionym składzie kwasów tłuszczowych, żółta - Amon). Len podawano w formie gniecionej krowom grup doświadczalnych w ilości 3% (w okresie zasuszenia) i 6% (podczas laktacji) suchej masy dawki. Cielęta pozyskane od krów w tym doświadczeniu (dośw. 1) podzielono na siedem grup (tab. 1). Czynnikiem doświadczalnym były nasiona lnu analogicznej odmiany jak stosowana dla matek, początkowo podawane w formie zaparzonej z preparatem mlekozastępczym, następnie gniecionej w mieszance treściwej. Cielęta od krów grupy kontrolnej (Kr1) podzielono na trzy grupy otrzymujące odpowiednio: pasze podstawowe bez dodatku lnu (K1), z dodatkiem nasion lnu odmiany Szafir (K+S) oraz z dodatkiem nasion lnu odmiany Amon (K+A). Cielęta pochodzące od krów otrzymujących dodatek określonej odmiany lnu (grupa S i A), podzielono na dwie grupy każda, odpowiednio na grupę kontrolną otrzymującą dawkę bez dodatku doświadczalnego (S- i A-) oraz grupę otrzymującą dodatek lnu odmiany Szafir (S+) lub odmiany Amon (A+), w ilości 6% w suchej masie dawki (tab. 1).

Doświadczenie 2 przeprowadzono analogicznie na 56 cielętach, uwzględniając ich pochodzenie od matek. Krowy podzielono na 3 grupy: kontrolna (Kr2) - 24 szt. i dwie doświadczalne po 16 szt. w każdej (KrES i KrEA) (tab. 2). Czynnikiem doświadczalnym był ekstrudat lnu odmiany brązowej Szafir oraz ekstrudat lnu odmiany żółtej Amon. Grupę kontrolną krów (Kr2) żywiono dawką pasz bez dodatku ekstrudatu lnu. Krowy grup ES i EA otrzymywały ekstrudat nasion lnu określonej odmiany (tab. 2). W doświadczeniu 2 analogicznie jak w doświadczeniu 1 cielęta urodzone od krów grupy kontrolnej (Kr2) podzielono na trzy grupy otrzymujące odpowiednio: pasze podstawowe bez dodatku ekstrudatu lnu (K2), z dodatkiem ekstrudatu lnu odmiany tradycyjnej Szafir (K+ES) oraz z ekstrudatem lnu odmiany Amon (K+EA). Cielęta pochodzące od krów grup ES i EA, otrzymujących dodatek ekstrudatu lnu, podzielono na dwie grupy każda, odpowiednio na grupę kontrolną otrzymującą dawkę bez dodatku doświadczalnego (ES- i EA-) oraz grupę otrzymującą dodatek ekstrudatu lnu określonej odmiany (ES+ lub EA+), w ilości 6% samego lnu z ekstrudatu w suchej masie dawki (tab. 2).

Tabela 1. Układ doświadczenia 1

<i>Krowy</i>							
Okres doświadczalny, tyg. (przyjmując wycielenie jako 0)	Grupa						
	Kr1 - kontrola		KrS (surowe nasiona lnu odmiany Szafir)			KrA (surowe nasiona lnu odmiany Amon)	
- 6 do 0	Pasze obj. + MT		Pasze obj. + MT + S (3%)			Pasze obj. + MT + A (3%)	
0 do 17	Pasze obj. + MT		Pasze obj. + MT + S (6%)			Pasze obj. + MT + A (6%)	
Krowy, szt.	24		16			16	
<i>Cielęta</i>							
Okres doświadczalny	Grupa						
	K1	K+S	K+A	S-	S+	A-	A+
1 – 14 dni	siara/mleko	siara/mleko	siara/mleko	siara/mleko	siara/mleko	siara/mleko	siara/mleko
3– 6 tyg.	PM	PM + S (6%)	PM + A (6%)	PM	PM + S (6%)	PM	PM + A (6%)
7 – 12 tyg.	MP	MP + S (6%)	MP + A (6%)	MP	MP + S (6%)	MP	MP + A (6%)
Cielęta, szt.	8	8	8	8	8	8	8

Kr1- grupa kontrolna krów- matek cieląt; KrS- krowy otrzymujące pasze z dodatkiem nasion lnu odmiany Szafir; KrA- krowy otrzymujące pasze z dodatkiem nasion lnu odmiany Amon; MT- mieszanka treściwa podstawowa (standardowa) dla krów; S- nasiona lnu odmiany Szafir; A- nasiona lnu odmiany Amon; K1- cielęta grupy kontrolnej, pochodzące od krów grupy kontrolnej, otrzymujące pasze podstawowe bez dodatku lnu; K+S- cielęta, pochodzące od krów grupy kontrolnej, otrzymujące pasze podstawowe z dodatkiem lnu odmiany Szafir; K+A- cielęta, pochodzące od krów grupy kontrolnej, otrzymujące pasze podstawowe z dodatkiem lnu odmiany Amon; S- - cielęta otrzymujące pasze podstawowe bez dodatku lnu, pochodzące od krów otrzymujących pasze podstawowe z dodatkiem nasion lnu odmiany Szafir; S+- cielęta otrzymujące pasze z dodatkiem lnu odmiany Szafir, pochodzące od krów otrzymujących pasze podstawowe z dodatkiem nasion lnu tej odmiany; A- - cielęta otrzymujące pasze podstawowe bez dodatku lnu, pochodzące od krów otrzymujących pasze podstawowe z dodatkiem lnu odmiany Amon; A+ - cielęta otrzymujące pasze podstawowe z dodatkiem lnu odmiany Amon, pochodzące od krów otrzymujących pasze podstawowe z dodatkiem nasion tej odmiany; PM- preparat mlekozastępczy; MP- mieszanka pełnoporcjowa dla cieląt

Tabela 2. Układ doświadczenia 2

<i>Krowy</i>							
Okres doświadczalny, tyg. (przyjmując wycielenie jako 0)	Grupa						
	Kr2 - kontrola	KrES (ekstrudat nasion lnu odmiany Szafir)			KrEA (ekstrudat nasion lnu odmiany Amon)		
- 6 do 0	Pasze obj. + MT		Pasze obj. + MT + ES (3%)			Pasze obj. + MT + EA (3%)	
0 do 17	Pasze obj. + MT		Pasze obj. + MT + ES (6%)			Pasze obj. + MT + EA (6%)	
Krowy, szt.	24		16			16	
<i>Cielęta</i>							
Okres doświadczalny	Grupa						
	K2	K+ES	K+EA	ES-	ES+	EA-	EA+
1 – 14 dni	siara/mleko	siara/mleko	siara/mleko	siara/mleko	siara/mleko	siara/mleko	siara/mleko
3– 6 tyg.	(2)PM	(2)PM + ES (6%)	(2)PM + EA (6%)	(2)PM	(2)PM + ES (6%)	(2)PM	(2)PM + (2)EA (6%)
7 – 12 tyg.	(2)MP	(2)MP+ ES (6%)	(2)MP + EA (6%)	(2)MP	(2)MP+ ES (6%)	(2)MP	(2)MP + (2)EA (6%)
Cielęta, szt.	8	8	8	8	8	8	8

Kr2- grupa kontrolna krów- matek cieląt; KrES- krowy otrzymujące pasze z dodatkiem ekstrudatu nasion lnu odmiany Szafir; KrEA- krowy otrzymujące pasze z dodatkiem ekstrudatu nasion lnu odmiany Amon; MT- mieszanka treściwa podstawowa (standardowa) dla krów; ES- ekstrudat z 60% udziałem nasion lnu odmiany Szafir; EA- ekstrudat z 60% udziałem nasion lnu odmiany Amon; K2- cielęta grupy kontrolnej, pochodzące od krów grupy kontrolnej, otrzymujące pasze podstawowe bez dodatku ekstrudatu lnu; K+ES- cielęta, pochodzące od krów grupy kontrolnej, otrzymujące pasze podstawowe z dodatkiem ekstrudatu lnu odmiany Szafir; K+EA- cielęta, pochodzące od krów grupy kontrolnej, otrzymujące pasze podstawowe z dodatkiem ekstrudatu lnu odmiany Amon; ES- - cielęta otrzymujące pasze podstawowe bez dodatku ekstrudatu lnu odmiany Szafir, pochodzące od krów otrzymujących pasze podstawowe z dodatkiem ekstrudatu lnu odmiany Szafir; ES+- cielęta otrzymujące pasze z dodatkiem ekstrudatu lnu odmiany Szafir, pochodzące od krów otrzymujących pasze podstawowe z dodatkiem ekstrudatu lnu odmiany Szafir; EA- - cielęta otrzymujące pasze podstawowe bez dodatku ekstrudatu lnu, pochodzące od krów otrzymujących pasze podstawowe z dodatkiem ekstrudatu lnu odmiany Amon; EA+ - cielęta otrzymujące pasze z dodatkiem ekstrudatu lnu odmiany Amon, pochodzące od krów otrzymujących pasze podstawowe z dodatkiem ekstrudatu lnu tej odmiany; PM- preparat mlekozastępczy; MP- mieszanka pełnoporcjowa dla cieląt

3.2. Pomiary doświadczalne

W czasie trwania badań oceniono:

- pobranie pasz przez cielęta (codziennie w pierwszym okresie doświadczalnym oraz raz w tygodniu w 2. i 3. okresie), kg/dzień, z pobraniem prób pasz do analiz chemicznych – 2. krotnie w każdym z okresów doświadczalnych,
- próby siary - 4-krotnie: do 2 godz. po wycieleniu, po 12, 24, 72 godzinach po porodzie oraz mleka.
- masę ciała cieląt – na początku i końcu okresów doświadczalnych czyli: przy urodzeniu, w 15 dobie życia, po 6 tygodniach od urodzenia i na koniec okresu doświadczalnego,
- próbki krwi od cieląt – 3-krotnie w ciągu całego doświadczenia, t.j. w 15 dobie życia, po 6 tygodniach od urodzenia i na koniec okresu doświadczalnego.

Dwunastotygodniowe cielęta zostały poddane ubojowi, a ich tusze trafiły do dysekcji. Ocenę poubojową tusz wykonano metodą szczegółowej dysekcji, stosowaną w Stacji Oceny Mięśnej Buhajów Instytutu Zootechniki [Choroszy i in. 2004], z pobranem wybranych tkanek i narządów do analiz.

3.3. Analizy laboratoryjne materiału biologicznego

Analizy laboratoryjne materiału biologicznego (pasze, mieszanki paszowe, dodatki doświadczalne, siara, mleko, preparat mlekozastępczy, krew, mięso) wykonano w Laboratorium Instytutu Żywienia Zwierząt i Bromatologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Lublinie, a także w Centralnym Laboratorium Badawczym tegoż Uniwersytetu oraz w Lubelskiej Spółdzielni Usług Mleczarskich w Lublinie.

Zawartość podstawowych składników pokarmowych w próbkach materiałów paszowych oraz mięsa oznaczono zgodnie z AOAC [2011]. Zawartość wybranych składników mineralnych w materiałach paszowych wykonano metodą absorpcyjnej spektrofotometrii atomowej ASA (PN-EN ISO 6869:2002) na aparacie UNICAM 939/959, zawartość fosforu ogólnego metodą spektrofotometryczną (PN-EN ISO 6491:2000) w oparciu o metodę opisaną przez Fiske i Subbarowa [1925]. W tłuszczu pasz, siary, mleka oraz mięsa oznaczono profil kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej. Próbkę estrów analizowane były za pomocą chromatografu gazowego Varian 3800. W nasionach lnu i i ich ekstraktach oznaczono skład aminokwasowy białka metodą HPLC z wykorzystaniem analizatora aminokwasów AAA 400 INGOS, zawartość HCN oznaczono według Makkar i in. [2007], linamaryny i linostatyny metodą Cooke [1978] w modyfikacji O'Brien i in. [1991].

W próbkach siary i mleka oznaczono zawartość białka, tłuszczu i laktozy metodą spektrometrii w podczerwieni, Milkoscan Bentley'a (PN-ISO 9622:2015-09).

W próbkach mięsa dodatkowo oznaczono pH za pomocą pH- metru TESTO 205 (TESTO SE & Co KGaA), a w próbkach mięsa i narządów zawartość cholesterolu całkowitego w oparciu o metodę opisaną przez Rhee i in. [1982].

W pełnej krwi cieląt oznaczono wskaźniki hematologiczne: liczba krwinek czerwonych (RBC), stężenie hemoglobiny (Hb), hematokryt (HCT) oraz wskaźniki czerwonych (MCV – średnia objętość krwinki czerwonej, MCH – średnia masa hemoglobiny w krwince czerwonej, MCHC – średnie stężenie hemoglobiny w krwince czerwonej), a także liczbę krwinek białych (WBC) oraz skład odsetkowy krwinek białych (leukogram) z wykorzystaniem aparatu hematologicznego Abacus Vet-5.

Osocze do analizy parametrów biochemicznych krwi uzyskano przez odwirowanie pełnej krwi przy 3000 rpm ($603 \times g$) przez 10 min w wirówce laboratoryjnej MPW-350R w temperaturze 4 C. Osocze bez oznak hemolizy analizowano pod kątem zawartości białka całkowitego (B.cał.), glukozy, kwasu moczowego, kreatyniny, bilirubiny, cholesterolu całkowitego (CHOL), frakcji cholesterolu o wysokiej gęstości (HDL-Chol) i triacylogliceroli (TG). Zawartość cholesterolu lipoprotein o niskiej gęstości (LDL-Chol) oszacowano zgodnie z równaniem Friedewald i in. [1972]. W osoczu oznaczono również aktywność aminotransferazy alaninowej (ALT), asparaginianowej (AST), fosfatazy alkalicznej (ALP), dehydrogenazy mleczanowej (LDH) oraz gamma- glutamylotransferazy (GGT), a także zawarość składników mineralnych: fosforu, wapnia, magnezu, żelaza, miedzi i cynku. Wskaźniki biochemiczne oznaczono stosując zestawy odczynników BioMaxima, Lublin, Polska oraz Cormay Lublin, Polska na analizatorze biochemicznym Metrolab 2300 GL. Spektrofotometrycznie oznaczono również całkowity potencjał antyoksydacyjny (TAS) przy wykorzystaniu testów firmy Randox.

W siarze, mleku oraz osoczu krwi cieląt oznaczono immunoglobuliny klasy IgG, IgA oraz IgM. Stężenie immunoglobulin klasy IgG, IgA oraz IgM w osoczu krwi badanych zwierząt oznaczono ilościowo metodą immunoenzymatyczną testem ELISA w czytniku mikroplętek BioTek ELx808 TM. Analizy zostały zweryfikowane przy użyciu kontrolnego osocza wieloparametrycznego (BioCal) oraz osocza kontrolnego o normalnym poziomie (BioNorm) i wysokim poziomie (BioPath) wskaźników (BioMaxima, Lublin, Polska).

Matematycznie wyliczono zawartość związków bezazotowych wyciągowych (BAW), sumę aminokwasów oraz zawartość aminokwasów niezbędnych, a także wartość indeksu aminokwasowego (EAAI) na podstawie równania Osera [1951]. Wartość pokarmową pasz, mieszanek paszowych i dodatków doświadczalnych oszacowano przy wykorzystaniu programu Winwar 2.1.3.13.

3.4. Analiza statystyczna

Otrzymane wyniki poddano obliczeniom statystycznym programem Statistica 13.3 [Statsoft Inc. 2013] za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji według ogólnego modelu:

$$Y_j = \mu + a_i + e_i$$

gdzie:

μ - średnia ogólna

a_i - wpływ dodatku

e_i - błąd losowy

Dodatkowo, w celu stwierdzenia ewentualnych interakcji, wyniki poddano także dwu- i trzyczynnikowej analizie wariancji uwzględniając wpływ czynników:

- dodatek lnu w dawce matek/cieląt
- odmiany lnu w dawce matek/cieląt
- termin pobrania

Istotność różnic między średnimi wyznaczono za pomocą wielokrotnego przedziału ufności testem Tukey'a, przyjmując poziom istotności 0,05.

4. Wyniki

4.1. Etap I

Podstawowy skład wybranych do badań nasion odmian lnu różnił się istotnie. Przeciętna zawartość suchej masy w nasionach lnu odmiany Oliwin osiągnęła najwyższą wartość (96,53%), istotnie wyższą w porównaniu do odmian Bukoz i Amon. Również zawartość tłuszczu surowego i białka ogólnego była najwyższa w nasionach lnu odmiany Oliwin, co znalazło potwierdzenie w oszacowanej wartości pokarmowej tych nasion.

Zawartość tłuszczu w nasionach badanych odmian lnu wahała się od 346,2 g kg⁻¹ w odmianie Jantarol do około 412,8 g kg⁻¹ w nasionach odmiany Oliwin. Ogólna zawartość kwasów nasyconych (SFA), jednonienasyconych (MUFA) i wielonienasyconych (PUFA) w tłuszczu nasion badanych odmian lnu również różniła się istotnie. Najwyższą zawartość SFA stwierdzono w odmianie Amon, przy jednoczesnym najwyższym udziale kwasów PUFA w tłuszczu nasion tej odmiany. Bardzo zróżnicowany okazał się profil kwasów tłuszczowych tłuszczu nasion badanych odmian. Kwas linolenowy (C18:3), jako główny komponent stanowił w tłuszczu lnu odmiany tradycyjnej Szafir 58,09%, podczas gdy w odmianie Amon, zaledwie 4,22%. Głównym kwasem tłuszczowym tłuszczu nasion lnu odmiany Amon był natomiast kwas linolowy (C18:2), stanowiący blisko 67%. Dla porównania, w tłuszczu lnu tradycyjnego odmiany Szafir udział tego kwasu był najniższy - rzędu 11-12%. W nasionach lnu pozostałych badanych odmian zawartość kwasów linolowego (C18:2) i linolenowego (C18:3) była zbliżona i wynosiła odpowiednio około 15 i 53%.

Zawartość białka ogólnego w nasionach badanych odmian lnu różniła się istotnie i wynosiła od 212 g kg⁻¹ w odmianie Jantarol do około 265 g kg⁻¹ w nasionach odmiany Amon i Oliwin. Najwyższą sumaryczną zawartość aminokwasów (AA) oraz zawartość aminokwasów niezbędnych (EAA) odnotowano w białku nasion odmiany Szafir, istotnie wyższą zwłaszcza w porównaniu do odmiany Jantarol. Wartość indeksu amiokwasowego (EAAI) w nasionach tej odmiany, podobnie jak w odmianie Szafir, była najwyższa.

Użyte w badaniach własnych odmiany nasion lnu różniły się istotnie zawartością substancji antyodżywczych. Najwyższą ($p \leq 0,05$) zawartość HCN przy najniższym poziomie linustatyny i neolinustatyny w 100 g nasion stwierdzono w nasionach lnu odmiany Amon. W nasionach lnu odmiany Bukoz stwierdzono istotnie wyższą zawartość linustatyny, natomiast w odmianie Jantarol i Szafir – neolinustatyny, w porównaniu do pozostałych odmian.

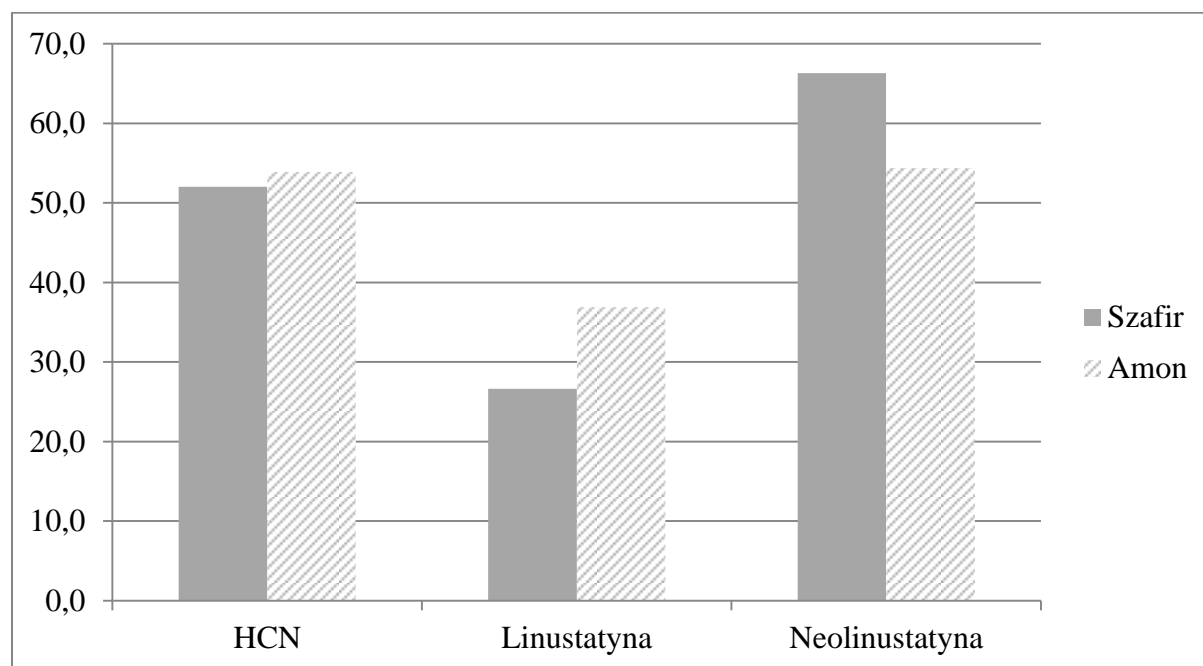
Z udziałem nasion lnu badanych odmian wykonano na bazie ziarna pszenicy ekstrudaty. Skład chemiczny i wartość pokarmowa uzyskanych ekstrudatów różniła się i zależała od odmiany lnu użytej do ich wykonania. Istotne różnice stwierdzono w zawartości białka ogólnego, co miało przełożenie na wartość białka rzeczywiście trawionego w jelicie cienkim, obliczonego na podstawie dostępnego w żwaczu azotu pasz (BTJN). Zawartość tłuszczu w ekstrudatach lnu, poza odmianą Oliwin była zbliżona, ale ogólna zawartość kwasów nasyconych (SFA) okazała się istotnie wyższa w tłuszczu ekstrudatów z nasionami lnu odmiany Jantarol i Oliwin. Profil kwasów tłuszczowych tłuszczu w ekstrudatach był podobnie jak w nasionach surowych różny, zależny od odmiany nasion lnu użytej w ekstrudacie. W odniesieniu do kwasów jednonienasyconych stwierdzono najniższy ich udział w ekstrudatach z udziałem nasion lnu odmiany Amon. Zawartość kwasów wielonienasyconych (PUFA) była zbliżona w ekstrudatach z nasionami lnu odmiany Szafir

i Amon i wyniosła około 65,7%. Kwas linolenowy (C18:3) w ekstrudacie lnu odmiany Szafir stanowił około 45%, podczas gdy w ekstrudacie z udziałem nasion lnu odmiany Amon jedynie 2,3%. Głównym kwasem tłuszczowym tłuszczu ekstrudatu z nasionami lnu odmiany Amon był natomiast kwas linolowy (C18:2), stanowiący blisko 63,5 %.

Suma aminokwasów (AA) była największa w ekstrudacie lnu odmiany Amon, wartość indeksu amiokwasowego (EAAI) była najwyższa w ekstrudacie z udziałem lnu odmiany Jantarol, ale najwyższą zawartość aminokwasów niezbędnych (EAA) odnotowano w białku ekstrudatu odmiany Szafir. Były to jednak różnice nieistotne statystycznie.

Oceniając wpływ procesu ekstruzji na skład chemiczny nasion lnu stwierdzono istotne ograniczenie zawartości substancji antyodżywczych w ekstrudatach w porównaniu do ich zawartości w nasionach surowych (Wykres 1). Najniższą zawartość linustatyny i neolinustatyny stwierdzono w ekstrudacie z udziałem nasion lnu w odmiany Amon. Spośród pozostałych czterech objętych badaniami ekstrudatów lnu, odmiana Szafir gwarantowała najniższe zawartości tych związków. Zawartość HCN była natomiast nieistotnie wyższa w ekstrudacie z udziałem nasion lnu odmiany Amon.

Wykres 1. Ograniczenie (%) zawartości substancji antyodżywczych w ekstrudatach z udziałem nasion lnu



4.2. Etap II

Doświadczenia na zwierzętach (dośw. 1 i dośw. 2)

Na podstawie wyników uzyskanych w pierwszym etapie badań, wybrano do etapu drugiego – badania na zwierzętach – dwie odmiany lnu oleistego: Szafir i Amon oraz ekstruzję o określonych parametrach technologicznych.

Doświadczenie 1.

Skład chemiczny i wartość pokarmowa skarmianych pasz i dawek

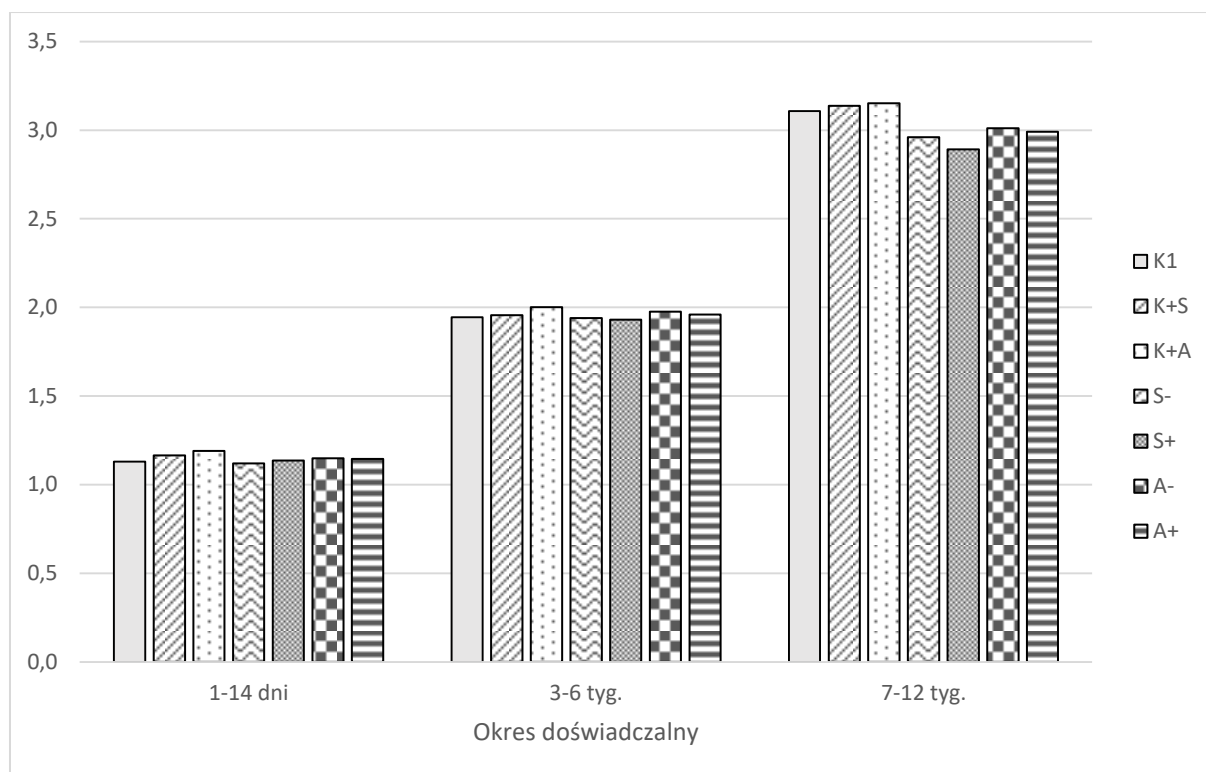
Skład chemiczny i wartość pokarmowa pasz i mieszanek stosowanych w dawkach dla krów podczas realizacji pierwszego doświadczenia, były charakterystyczne dla danego rodzaju pasz i nie odbiegały od wartości podawanych w literaturze [IZ PIB-INRA, 2009; Strzetelski i in. 2014]. Zawartość tłuszczu w nasionach lnu odmiany tradycyjnej (Szafir), jak i odmiany czeskiej (Amon) była zbliżona (ok. 420g/kg SM). Profil kwasów tłuszczowych nasion tych odmian był odmienny. Kwas linolenowy (C18:3), jako główny komponent stanowił w tłuszczu lnu odmiany tradycyjnej 51,8%, podczas gdy w odmianie Amon, zaledwie 2,3%. Głównym kwasem tłuszczowym nasion tej odmiany był kwas linolowy (C18:2), stanowiący około 70% tłuszczu. Dla porównania, w tłuszczu lnu tradycyjnego udział tego kwasu był rzędu 16%.

Skład podstawowy siary i mleka - pierwszej paszy dla cieląt oraz stosowanego od 3-go tygodnia życia cieląt preparatu mlekozastępczego, a także mieszanek pełnoporcjowych, był typowy dla tego typu pasz [IZ PIB-INRA, 2009; Strzetelski i in. 2014]. Skład siary w kolejnych godzinach po wycieleniu ulegał istotnym, ale typowym zmianom. Siara krów żywionych dawkami z udziałem lnu, bez względu na odmianę, charakteryzowała się wyższą zawartością białka, a zwłaszcza tłuszczu. Obecność nasion lnu w dawce krów, zwłaszcza odmiany Amon, wpłynęła istotnie na wzrost poziomu immunoglobulin IgG w sianie oraz całkowitego potencjału antyoksydacyjnego TAS. Wykazano istotny wpływ stosowania nasion lnu na udział poszczególnych kwasów tłuszczowych w tłuszczu siary. W tłuszczu siary krów otrzymujących dodatek lnu, niezależnie od odmiany, stwierdzono wyższy udział kwasów wielonienasyconych, głównie C18:3. Obecność lnu w dawce wpłynęła również istotnie na obniżenie stosunku kwasów n6 do n3 w tłuszczu siary.

Efekty produkcyjne cieląt

Dodatek lnu, jak i jego odmiana miały statystycznie istotny, pozytywny wpływ na przyrosty masy ciała cieląt. W pierwszych dwóch tygodniach odchowu zaznaczył się też pozytywny wpływ ($p \leq 0,05$) pochodzenia cieląt od matek otrzymujących w dawkach dodatek lnu. Nie zanotowano natomiast istotnych różnic przy porównywaniu efektywności obu odmian w dawce matki, chociaż zaznaczyły się tendencje na korzyść lnu odmiany Szafir. Dodatek lnu tej odmiany podwyższył przyrosty o ok. 3% w porównaniu z kontrolą. Różnice w zużyciu suchej masy paszy na 1kg przyrostu cieląt, były niewielkie. Stwierdzono jednak istotny wpływ dodatku lnu w dawce, a zwłaszcza w dawce matki na lepsze wykorzystanie paszy przez cielęta (wykres 2).

Wykres 2. Zużycie suchej masy paszy, kg/kg przyrostu cieląt (dośw. 1)



Średnia masa buhajków poddanych ubojowi wynosiła 105 kg (+2,79 kg). Dodatek lnu odmiany tradycyjnej – Szafir polepszył wydajność rzeźną cieląt, zaś przy stosowaniu nasion odmiany Amon wydajność rzeźna była zbliżona do grupy kontrolnej. Najwyższe pH stwierdzono w rostbefie cieląt żywionych z dodatkiem nasion lnu odmiany Amon i pochodzących od krów otrzymujących pasze podstawowe z dodatkiem lnu tej odmiany (grupa A+), zaś w udźcu – w grupie K+A. Stwierdzono wyższą masę wątroby u cieląt otrzymujących dodatek lnu, przy najwyższej masie tego organu u cieląt otrzymujących len odmiany Amon, pochodzących od matek żywionych dawką z jegododatkiem.

Zawartość suchej masy w mięsie (rostbef, udziec, łopatka) oraz wątrobie i sercu różniła się istotnie pomiędzy grupami, jednak nie zanotowano w tym względzie jednoznacznego wpływu dodatku lnu. Nie stwierdzono różnic istotnych statystycznie w zawartości suchej masy w łopatce i sercu pomiędzy grupami. Zawartość suchej masy w rostbefie była wyższa ($p \leq 0,05$) przy stosowaniu dodatku lnu Amon, zaś w mięsie udźca przy udziale lnu w dawce matki. W wątrobie cieląt pochodzących od matek otrzymujących dodatek lnu zanotowano niższą zawartość białka. Zastosowanie dodatku lnu w dawce dla cieląt podwyższyło natomiast zawartość tłuszczu zarówno w wątrobie jak i rostbefie oraz udźcu, przy znacznie silniejszym oddziaływaniu lnu odmiany Amon.

Stwierdzono istotny wzrost ($p \leq 0,05$) zawartości cholesterolu w wątrobie cieląt otrzymujących dodatek lnu obydwu odmian. Nie było istotnego wpływu dodatku lnu na zawartość tego składnika w mięsie.

Istotny wpływ dodatku lnu oraz odmiany lnu w dawkach cieląt stwierdzono w odniesieniu do składu kwasów tłuszczowych tłuszczu śródmięśniowego pobranych wyrębów. Dodatek lnu w dawkach cieląt wpłynął na wzrost zawartości kwasu CLA oraz kwasu linolenowego, a także stosunek kwasów grupy n-6 do n-3 w tłuszczu śródmięśniowym udźca, rostrbefu i łopatki. Mięso cieląt żywionych dawkami z lnem odmiany Amon charakteryzowało się wyższym udziałem kwasów nienasyconych w tym kwasu linolenowego, przy niższej zawartości CLA i kwasu linolenowego. Najwyższą zawartość CLA stwierdzono w mięsie cieląt grup otrzymujących len tradycyjny Szafir (blisko 3-krotnie wyższą w porównaniu do pozostałych grup), natomiast dodatek lnu odmiany Amon nie miał wpływu na wartość tego wskaźnika. Mięso cieląt grup otrzymujących len Szafir cechowało się też najkorzystniejszym, z punktu widzenia żywienia człowieka, stosunkiem kwasów z rodziny n-6 do n-3.

Wskaźniki krwi cieląt

Uzyskane w doświadczeniu 1 wyniki wskaźników hematologicznych jak i biochemicznych krwi cieląt w większości mieściły się w granicach wartości referencyjnych podawanych w literaturze [Winnicka, 2015; Baumgartner, 2005; Kaneko, 2008]. Analiza otrzymanych wyników wskaźników hematologicznych krwi cieląt wykazała nieznaczny wpływ czynnika doświadczalnego w dawce cieląt i / lub matki na parametry hematologiczne krwi cieląt. Stwierdzono jedynie istotny wpływ stosowania lnu jak i skarmianej odmiany lnu na liczbę erytrocytów oraz poziom hemoglobiny we krwi cieląt w końcowym etapie badań. U cieląt grup K+S oraz S+ otrzymujących len odmiany Szafir stwierdzono niższą liczbę erytrocytów, zawartość hemoglobiny i wartość MCHC w porównaniu z cielętami grup kontrolnych (K, S- i A-) oraz grup otrzymujących len odmiany Amon (K+A i A+).

Przeprowadzona analiza statystyczna wskaźników białokrwinkowych wykazała po 6 tygodniu życia cieląt istotne różnice w zawartości leukocytów, natomiast po 12. tygodniu istotnie różnił się procentowy udział limfo- i granulocytów pomiędzy grupami. W składzie leukocytów zanotowano w grupach z lnem (zwłaszcza odmiany Szafir) wyższy ($p \leq 0,05$) udział limfocytów, a także MID (komórek średniej wielkości).

Nie stwierdzono wpływu dodatku nasion lnu w dawkach dla cieląt na obniżenie poziomu cholesterolu całkowitego w osoczu krwi. W grupach cieląt otrzymujących len (K+S, S+, K+A i A+) stwierdzono wyższy poziom tego wskaźnika w osoczu w porównaniu z grupą kontrolną (K). W osoczu krwi zwierząt tych grup obserwowano także wyższy poziom frakcji HDL cholesterolu w porównaniu do grupy kontrolnej. Nie stwierdzono następczego wpływu stosowania lnu w żywieniu krów matek na wskaźniki lipidowe krwi cieląt.

Aktywność analizowanych enzymów, szczególnie aminotransferaz alaninowej oraz asparaginianowej (ALT i AST) różniła się istotnie pomiędzy grupami. Dodatek lnu obu odmian podwyższył istotnie aktywność transaminazy alaninowej (ALT) po 6- tym tygodniu życia cieląt, w 12-tym tygodniu istotny wzrost aktywności tego enzymu zanotowano jedynie przy stosowaniu dodatku lnu odmiany Szafir. W przypadku AST, po 6-tym tygodniu odchowu cieląt, zanotowano wyższą aktywność w grupach otrzymujących len odmiany Szafir, w porównaniu do grup otrzymujących len odmiany Amon oraz do grup kontrolnych. Natomiast aktywność dehydrogenazy mleczanowej (LDH) nie różniła się istotnie statystycznie. We wszystkich grupach stwierdzono wysoką, ale nieróżniącą się statystycznie aktywność fosfatazy zasadowej (AP).

Czynnik doświadczalny nie miał wpływu na stężenie glukozy w osoczu krwi cieląt. Jedynie u 12-tygodniowych cieląt zaznaczył się wpływ odmiany lnu na poziom tego wskaźnika. Wyższy poziom glukozy w osoczu krwi stwierdzono u cieląt otrzymujących len odmiany Amon (K+A oraz A+). Zróżnicowanie pomiędzy grupami zanotowano w zawartości kwasu moczowego, mocznika, kreatyniny oraz bilirubiny całkowitej. Nie wykazano następczego wpływu udziału nasion lnu ani jego odmiany w dawkach pokarmowych matek na poziom tych wskaźników w osoczu krwi cieląt. Również dodatek lnu ani jego odmiana nie wpłynęły jednoznacznie na wartości tych parametrów. Przy stosowaniu dodatku obydwu odmian lnu notowano w osoczu krwi cieląt w 2-gim i 12-tym tygodniu życia wzrost zawartości mocznika przy czym w 12-tym tygodniu istotne różnice dotyczyły grup otrzymujących len odmiany Amon.

U cieląt pochodzących od matek otrzymujących len w początkowym etapie badań stwierdzono wyższą wartość całkowitego potencjału antyoksydacyjnego w porównaniu do cieląt pochodzących od matek grupy kontrolnej (K).

Stwierdzono istotny wpływ zmienionej pod względem zawartości kwasów tłuszczowych odmiany lnu na poziom białka w osoczu krwi cieląt. Wpływ dodatku lnu na zawartość białka całkowitego w osoczu krwi zmieniał się w okresie wzrostu cieląt. W 2-gim tygodniu życia przy stosowaniu dodatku wskaźnik ten obniżył się ($p \leq 0,05$). Zanotowano przy tym wpływ pochodzenia cielęcia - istotnie wyższą zawartość białka zanotowano we krwi cieląt, których matki otrzymywały dodatek lnu odmiany Amon w porównaniu do cieląt od krów nie otrzymujących dodatku lnu. W 12-tym tygodniu odchowu cieląt stwierdzono, że zastosowanie obu odmian lnu wpłynęło na podwyższenie poziomu tego wskaźnika w osoczu krwi. Otrzymane wyniki badań nie wykazały statystycznie istotnych różnic w koncentracji poszczególnych klas immunoglobulin. W grupach cieląt pochodzących od matek grupy kontrolnej, a którym do dawek wprowadzono len (K+S, K+A) stwierdzono, mimo że nieistotny, wzrost zawartości IgG. Duże zróżnicowanie pomiędzy grupami stwierdzono w zawartości analizowanych składników mineralnych w osoczu krwi cieląt. Nie stwierdzono następczego wpływu dodatku lnu w dawkach matek na te parametry. Istotny wpływ, szczególnie na poziom fosforu, wapnia i magnezu miało wprowadzenie nasion lnu do dawek. Zaznaczył się pozytywny wpływ dodatku lnu, zwłaszcza odmiany Amon, na zawartość w osoczu krwi fosforu ($p \leq 0,05$). W odniesieniu do zawartości mikroelementów w osoczu krwi cieląt, stwierdzono wyższy poziom miedzi i żelaza, a niższy cynku, w 12-tym tygodniu życia cieląt, w grupach otrzymujących dodatek doświadczalny, w porównaniu z grupami kontrolnymi. W końcowym etapie badań w grupach otrzymujących len odmiany tradycyjnej (K+S, S+) stwierdzono najwyższą zawartość żelaza w osoczu.

Doświadczenie 2.

Skład chemiczny i wartość pokarmowa skarmianych pasz i dawek

Zarówno skład chemiczny jak i wartość pokarmowa skarmianych komponentów dawek pokarmowych w doświadczeniu 2 były typowe dla tego typu pasz. Ekstrudat lnu odmiany Szafir sporządzony z udziałem pszenicy (proporcja 60:40) zawierał 249 g tłuszczu w SM, a ekstrudat lnu odmiany Amon wykonany analogicznie – 239 gramów, przy zawartości białka odpowiednio 186 i 203 gramy w kg suchej masy. Zawartość substancji antyodżywczych w ekstrudatach była znacząco zredukowana w porównaniu do surowych nasion lnu tych odmian. W składzie kwasów tłuszczowych tłuszczu ekstrudatów zanotowano, w porównaniu z nasionami lnu gniecionymi skarmianymi w doświadczeniu 1, wyższy poziom kwasów tłuszczowych nasyconych (SFA), przy zbliżonej zawartości kwasów jednonienasyconych (MUFA), a zmniejszonej kwasów wielonienasyconych (PUFA). Jednocześnie stwierdzono istotnie wyższy udział kwasów SFA w ekstrudacie z udziałem odmiany Amon, w porównaniu z ekstrudatem na bazie lnu odmiany Szafir. Odwrotną zależność odnotowano w odniesieniu do udziału kwasów MUFA w tych ekstrudatach.

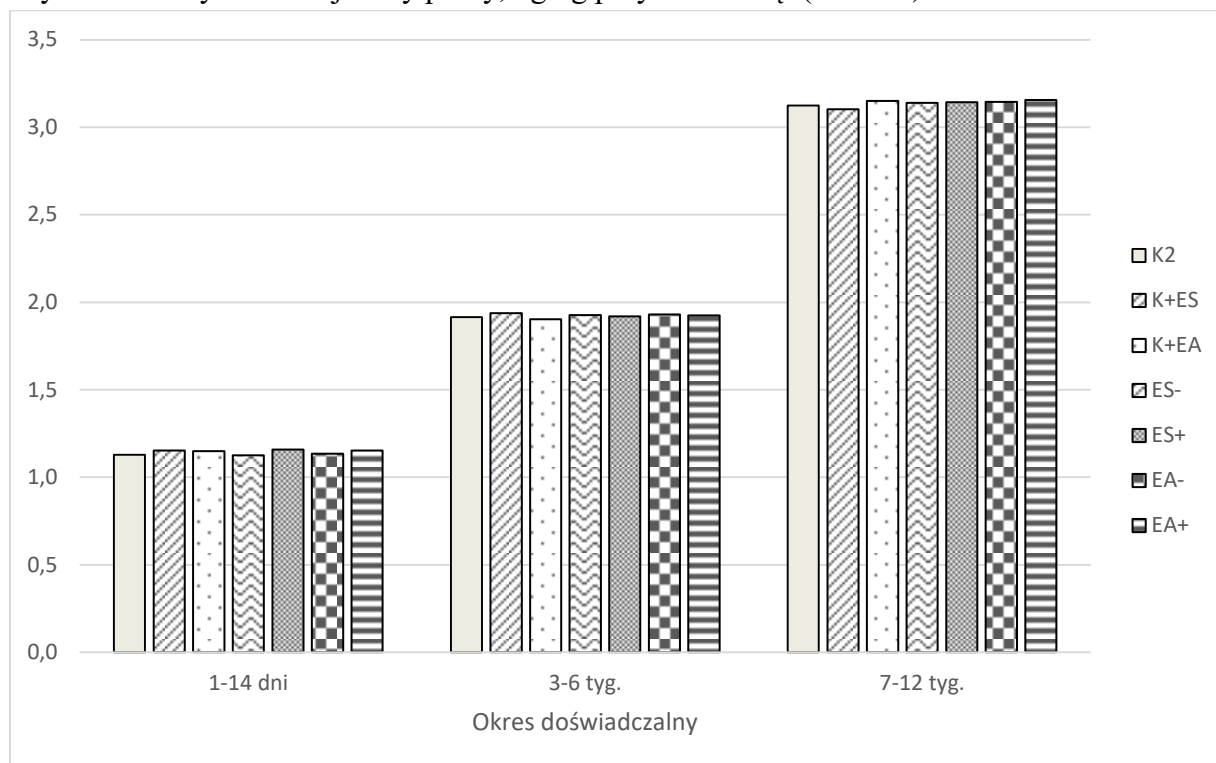
W składzie siary odnotowano pomiędzy grupami nieznaczące różnice w zawartości białka i wartości całkowitego potencjału antyoksydacyjnego, które były niższe w porównaniu do doświadczenia 1. Stwierdzono istotny wpływ stosowania ekstrudatu lnu w żywieniu krów na zawartość tłuszczu oraz białka w siarze. Ekstruzja nasion lnu nie miała istotnego wpływu na zawartość immunoglobulin w siarze. Natomiast porównując aktywność antyoksydacyjną siary krów otrzymujących len odmiany Szafir (grupa S+, doświadczenie 1) z grupą otrzymującą ekstrudat tego lnu (grupa ES+, doświadczenie 2) stwierdzono niższą wartość tego wskaźnika w próbkach siary pobranych w pierwszej dobie po wycieleniu.

Dodatek ekstrudatu lnu w znacznym stopniu zmodyfikował profil kwasów tłuszczowych siary. W 2-giej godzinie po wycieleniu notowana była istotnie wyższa zawartość CLA w grupach z tymi dodatkami, zwłaszcza w siarze krów żywionych z udziałem ekstrudatu lnu odmiany Amon. W obydwu terminach pobrania siary notowano też w grupach z ekstrudatem obniżony poziom kwasów nasyconych (SFA), wyższy natomiast jednonienasyconych (MUFA), a także w pierwszym terminie pobrania, wyższy poziom kwasów wielonienasyconych (PUFA). Obniżyła się też proporcja kwasów n-6 do n-3, głównie przy stosowaniu ekstrudatu z nasion lnu odmiany Szafir.

Efekty produkcyjne

Ekstrudaty lnu zastosowane w dawkach dla cieląt wpłynęły istotnie ($p \leq 0,05$) na ich średnie przyrostyienne. Różnice na korzyść grup otrzymujących ekstrudat zaznaczyły się we wszystkich badanych okresach życia cieląt. Stwierdzono też wpływ żywienia matki w okresie ciąży na przyrosty cieląt. Najwyższe przyrostyienne uzyskiwały cielęta otrzymujące dodatek ekstrudatu lnu odmiany Szafir, pochodzące od matek, w których dawce był również stosowany ten dodatek. Różnica pomiędzy tą grupą, a grupą kontrolną cieląt, pochodzących od matek nie otrzymujących ekstrudatu wyniosła około 10%.

Wykres 3. Zużycie suchej masy paszy, kg/kg przyrostu cieląt (dośw. 2)



Przeciętna masa buhajków poddanych ubojowi w tym doświadczeniu wynosiła 110 +/- 1,75 kg. U buhajków otrzymujących w dawkach pokarmowych ekstrudat lnu, bez względu na pochodzenie stwierdzono istotnie wyższą ($p \leq 0,05$) wydajność rzeźną w porównaniu z cielętami nieotrzymującymi dodatku doświadczalnego. Nie stwierdzono istotnego wpływu stosowania ekstrudatów lnu na masę serca i wątroby oraz pH mięsa cielęcego.

Zawartość suchej masy w mięsie i narządach badanych cieląt była zróżnicowana. Daje się zauważyć wyższy jej poziom w udźcu i łopatce cieląt otrzymujących w dawkach pokarmowych ekstrudat lnu. U buhajków tych grup zanotowano też wyższą zawartość białka w rostbefie i łopatce. Zaznaczył się ponadto wpływ żywienia matki w okresie ciąży na zawartość białka w wątrobie i sercu oraz suchej masy w sercu cieląt.

Dodatek ekstrudatu lnu podwyższył istotnie ($p \leq 0,05$) zawartość cholesterolu całkowitego w wątrobie cieląt żywionych z jego dodatkiem, a pochodzących od matek żywionych bez dodatku ekstrudatów lnu. W sercu istotnie wyższą zawartość cholesterolu stwierdzono u cieląt których matki otrzymywały dodatek ekstrudatu lnu.

Zastosowanie ekstrudatów lnu w dawkach dla cieląt w znacznym stopniu zmodyfikowało profil kwasów tłuszczowych analizowanych wyrębów – udźca, rostbefu i łopatki. W udźcu stwierdzono istotny ($p \leq 0,05$) wzrost zawartości CLA (z 0,21% w grupach kontrolnych do 0,65% w grupach z ekstrudatem). Udział tego kwasu istotnie wzrósł także w rostbefie. Przy stosowaniu ekstrudatów zanotowano w wyrębach istotny ($p \leq 0,05$), nawet blisko 2-krotny, wzrost zawartości kwasu linolenowego (C 18:3), zwłaszcza w udźcu i łopatce. Towarzyszyła temu również istotnie wyższa zawartość kwasów PUFA, ale zwłaszcza w łopatce i rostbefie cieląt żywionych z udziałem ekstrudatu lnu odmiany Szafir i pochodzących od matek żywionych analogicznie. W łopatce zanotowano natomiast, przy

stosowaniu ekstrudatów, istotnie niższą zawartość kwasów nasyconych SFA. W profilu kwasów tłuszczowych badanych mięśni stwierdzono korzystny wpływ udziału ekstrudatu lnu w dawkach cieląt na proporcję kwasów n6 do n3.

Wskaźniki krwi cieląt

Zastosowane w doświadczeniu 2 ekstrudaty lnu wpłynęły na wartości wskaźników hematologicznych krwi cieląt. Istotne statystycznie różnice ($p \leq 0,05$) odnotowano w zawartości hemoglobiny w krwinkach, głównie w 12 tygodniu życia cieląt. Najwyższe wartości dla tego parametru stwierdzono przy zastosowaniu dodatku ekstrudatu lnu odmiany Szafir bezpośrednio w dawkach pokarmowych cieląt. Nie stwierdzono natomiast następczego wpływu jego stosowania. Istotny wpływ udziału ekstrudatów lnu stwierdzono również dla wartości hematokrytu w 12 tygodniu życia cieląt. U cieląt żywionych dawkami pokarmowymi z udziałem ekstrudatu lnu stwierdzono także wyższą wartość MCHC (g l^{-1}) w całym okresie badawczym w porównaniu do grupy kontrolnej. Istotny co do wartości tego wskaźnika okazał się również następczy wpływ obecności ekstrudatu lnu w dawkach matek cieląt.

Nie stwierdzono znaczących różnic w liczbie leukocytów w krwi cieląt pomiędzy grupami, ale udział limfocytów w całkowitej liczbie białych krwinek był istotnie wyższy ($p \leq 0,05$) już u dwutygodniowych cieląt pochodzących od matek żywionych z udziałem ekstrudatów lnu. W kolejnych tygodniach istotnie wyższy ($p \leq 0,05$) udział limfocytów w całkowitej liczbie krwinek białych stwierdzono jedynie w krwi cieląt dla których kontynuowano po odsadzeniu podawanie ekstrudatów lnu w dawce. Odwrotne zależności stwierdzono w zawartości midów, których najwyższym (nawet dwu-trzy krotnie wyższym) poziomem charakteryzowała się krew cieląt grupy kontrolnej.

W badaniach wykazano wpływ dodatku ekstrudatu z udziałem nasion lnu w dawkach na poziom cholesterolu całkowitego, jak i jego frakcji w osoczu krwi cieląt. W grupach otrzymujących ekstrudat lnu stwierdzono wyższy poziom tego wskaźnika w porównaniu z grupą kontrolną (K2), głównie do 6 tygodnia odchowu. W osoczu krwi zwierząt tych grup obserwowano jednocześnie wyższy udział frakcji HDL cholesterolu w cholesterolu całkowitym, w porównaniu do grupy kontrolnej. Od 6 tego tygodnia życia cieląt otrzymujących ekstrudaty z udziałem lnu zanotowano istotnie wyższy poziom HDL w stosunku do grupy kontrolnej. Natomiast odmiana lnu w ekstrudacie nie miała wpływu na zawartość HDL-cholesterolu w osoczu krwi cieląt. Stwierdzono następczy wpływ stosowania w żywieniu krów matek odmiany lnu w ekstrudatach na wskaźniki lipidowe krwi cieląt.

Aktywność analizowanych enzymów, szczególnie aminotransferaz alaninowej oraz asparaginianowej (ALT i AST) różniła się istotnie pomiędzy grupami. Dodatek ekstrudatu lnu obu odmian podwyższył istotnie aktywność transaminazy alaninowej (ALT), natomiast w odniesieniu do aktywności transaminazy asparaginianowej (AST) wykazano również istotny wpływ odmiany lnu zastosowanej w ekstrudacie. Następczy wpływ stosowania ekstrudatów lnu i ich odmian w żywieniu krów matek na aktywność enzymów w osoczu krwi cieląt, stwierdzono jedynie w odniesieniu do AST. W odniesieniu do glutamylotransferazy (GGT) w osoczu krwi cieląt stwierdzono istotny wpływ obecności ekstrudatów lnu w początkowym okresie życia cieląt. Istotny wpływ miał natomiast udział ekstrudatu lnu w dawce matki. Od 6-ego tygodnia życia cieląt wykazano w osoczu krwi istotne różnice pomiędzy grupami w aktywności dehydrogenazy mleczanowej (LDH). We wszystkich

grupach cieląt stwierdzono wysoką aktywność fosfatazy zasadowej (AP) w porównaniu z polskimi normami wartości referencyjnych dla bydła [Winnicka, 2015].

Dużą dynamiką zmian charakteryzowały się zawartości: glukozy, kreatyniny, mocznika i bilirubiny całkowitej w osoczu krwi cieląt. Udział ekstrudatów z udziałem nasion lnu w dawce cieląt i matek oraz odmiana lnu miały istotny wpływ na zawartość w osoczu krwi zwłaszcza kwasu moczowego, mocznika i bilirubiny całkowitej w całym okresie badawczym. Natomiast wartość całkowitego potencjału antyoksydacyjnego TAS (mmol l^{-1}) była istotnie wyższa w osoczu krwi cieląt żywionych z udziałem ekstrudatu lnu w dawce od 6 tygodnia odchowu i/lub pochodzących od matek żywionych z jego udziałem – zarówno w 6 jak i w 12 tygodniu życia cieląt.

Stwierdzono, że bezpośrednio stosowany ekstrudat z udziałem nasion lnu odmiany Szafir, miał istotny wpływ na poziom białka całkowitego w osoczu krwi cieląt, natomiast poziom immunoglobulin typu IgG w osoczu był w tym czasie istotnie wyższy ($p \leq 0,05$) u cieląt otrzymujących dodatek ekstrudatów bez względu na odmianę. Odnotowano istotne różnice w ilości tego wskaźnika pomiędzy grupami cieląt, zaznaczył się też wpływ stosowania ekstrudatu w dawkach pokarmowych matek na wartość tego parametru u cieląt.

Duże zróżnicowanie pomiędzy grupami stwierdzono w zawartości analizowanych składników mineralnych w osoczu krwi cieląt. Stwierdzono również następczy wpływ udziału ekstrudowanego lnu w dawkach matek na te parametry. Istotny wpływ, szczególnie na poziom fosforu, wapnia i magnezu oraz żelaza i miedzi miało wprowadzenie nasion ekstrudowanego lnu do dawek cieląt. Zaznaczył się pozytywny wpływ dodatku ekstrudowanego lnu, zwłaszcza odmiany Amon, na zawartość w osoczu krwi wapnia i fosforu ($p \leq 0,05$). Odnośnie mikroelementów, stwierdzono wyższy poziom miedzi i żelaza w grupach otrzymujących dodatek doświadczalny, w porównaniu z grupą kontrolną (K2).

5. Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone badania potwierdziły zasadność stosowania nasion lnu i ekstrudatów lnu w dawkach dla cieląt i / lub ich matek. Uzyskane efekty ich działania są zróżnicowane.

1. Skład chemiczny nasion lnu zależał od odmiany. Proces ekstruzji pozytywnie modulował skład chemiczny i wartość pokarmową nasion lnu.
2. Pomiędzy odmianami stwierdzono różnice w składzie podstawowym nasion surowych i ekstrudowanych. Istotne ograniczenie uzyskano w zawartości substancji antyodżywczych w ekstrudatach lnu w porównaniu do zawartości tych związków w nasionach surowych o 52,3%, 31,8%, 60,4% odpowiednio dla HCN, linustatyny i neolinustatyny. Zastosowany proces ekstruzji najistotniej ograniczył zawartość związków antyodżywczych w nasionach lnu odmiany Szafir.

W badaniach na zwierzętach wykorzystano nasiona lnu odmiany Szafir i Amon oraz ekstrudaty nasion lnu tych odmian (Szafir: wysoki udział białka, tłuszczu, niższa zawartość włókna, najwyższa zawartość niezbędnych aminokwasów w białku oraz najwyższy udział kwasu linolenowego w tłuszczu; Amon: zbliżony do odmiany Szafir skład podstawowy i wartość pokarmowa, a odmienny profil kwasów tłuszczowych w tłuszczu - najwyższy udział kwasu linolenowego).

Nasiona lnu surowe i ekstrudowane, wybrane do badań na zwierzętach wpłynęły na poprawę efektów produkcyjnych oraz wykazały działanie stymulujące zdrowotność cieląt.

1. Siara krów-matek cieląt żywionych dawkami z dodatkiem nasion lnu lub ekstrudatów lnu charakteryzowała się wyższą zawartością białka oraz immunoglobulin IgG. Obecność lnu w dawce, zwłaszcza w formie ekstrudatu, wpłynęła istotnie na wzrost zawartości tłuszczu oraz udział nienasyconych kwasów tłuszczowych w tłuszczu siary. Znacząco obniżyła stosunek kwasów n6 do n3. Obecność nasion lnu, głównie odmiany Amon w dawce pokarmowej krów, przyczyniła się do wyższego całkowitego potencjału antyoksydacyjnego TAS w siarze.
2. Stwierdzono istotny wpływ dodatku lnu i ekstrudatu lnu w dawce cieląt na uzyskane przyrosty i wykorzystanie paszy przez cielęta. Zaznaczył się również czynnik matczynej na korzyść lnu odmiany Szafir.
3. Zastosowanie ekstrudatów nasion lnu w porównaniu do nasion surowych pozytywnie ograniczyło masę (przerost) wątroby cieląt oraz zawartość cholesterolu w tym organie.
4. Zastosowanie dodatku nasion lnu w dawce dla cieląt podwyższyło zawartość tłuszczu w wątrobie, rostbefie oraz udźcu, przy znacznie silniejszym oddziaływaniu nasion lnu odmiany Amon. Nie stwierdzono tej zależności przy zastosowaniu ekstrudatów lnu tych odmian.
5. Istotny wpływ udziału dodatków doświadczalnych w dawkach pokarmowych dla cieląt stwierdzono w odniesieniu do składu kwasów tłuszczowych tłuszczu śródmięśniowego pobranych wyrębów. Udział nasion lnu i ekstrudatów lnu w dawkach cieląt wpłynął na wzrost zawartości kwasu CLA oraz kwasu linolenowego, a także stosunek kwasów grupy n-6 do n-3 w tłuszczu śródmięśniowym udźca, rostbefu i łopatki. Najwyższą zawartość CLA stwierdzono w mięsie cieląt otrzymujących lnu odmiany Szafir (3-4-krotnie wyższą w porównaniu do grupy kontrolnej). Przy stosowaniu ekstrudatów lnu zawartość CLA w mięsie cieląt była 2-4 krotnie wyższa przy stosowaniu odmiany Szafir i 2-6 krotnie przy odmianie Amon. Mięso cieląt grup otrzymujących nasiona lnu i cieląt otrzymujących ekstrudaty lnu odmiany Szafir cechowało się też najkorzystniejszym, z punktu widzenia żywienia człowieka, stosunkiem kwasów z rodziny n-6 do n-3.
6. Zastosowanie w żywieniu cieląt i ich matek dodatku nasion lnu różnych odmian i w różnych formach nie wpłynęło jednoznacznie na wartość wskaźników

hematologicznych i biochemicznych krwi cieląt. Stwierdzono istotnie wyższy udział limfocytów w leukogramie krwi cieląt pochodzących od matek żywionych z dodatkiem ekstraktów lnu, a zwłaszcza u cieląt dla których kontynuowano podawanie analogicznych dodatków. Wartości wskaźników lipidowych oraz mocznika i bilirubiny osocza potwierdziły również tę zależność.

7. W grupach cieląt otrzymujących dodatki doświadczalne, stwierdzono wyższą aktywność fosfatazy zasadowej oraz koncentrację fosforu i wapnia w osoczu w porównaniu z grupami kontrolnymi. Analogiczne zależności odnotowano, w odniesieniu do żelaza i miedzi przy stosowaniu jedynie ekstraktów nasion lnu.
8. Stosowanie ekstraktów lnu w dawce cieląt, wpłynęło na wyższą zawartość białka całkowitego w osoczu oraz podwyższyło całkowity potencjał antyoksydacyjny. Najwyższe zawartości IgG, stwierdzono w osoczu cieląt otrzymujących ekstrakt lnu odmiany Szafir. Również czynnik matczyzny okazał się istotny statystycznie w grupach otrzymujących len ekstrudowany tej odmiany.

W efekcie uzyskanych wyników, w kompleksowej ocenie stosowania w żywieniu cieląt różnych odmian i form nasion lnu o zbliżonej wartości odżywczej, ale różniących się głównie profilem kwasów tłuszczowych w tłuszczu, można zalecać stosowanie dodatku ekstrudowanych nasion lnu odmiany Szafir w ilości 6% suchej masy dawki dla cieląt, najlepiej przy zastosowaniu dodatku lnianego również w żywieniu krowy - matki.