

Wioletta Biel

**Skład chemiczny i wartość odżywcza białka różnych form owsa,
ze szczególnym uwzględnieniem form krótkosłomych
z wprowadzonym genem karłowatości *Dw6***

Szczecin 2013

ZACHODNIOPOMORSKI UNIWERSYTET TECHNOLOGICZNY W SZCZECINIE

WIOLETTA BIEL

**Skład chemiczny i wartość odżywcza białka różnych form owsa,
ze szczególnym uwzględnieniem form krótkosłomych
z wprowadzonym genem karłowatości *Dw6***

Szczecin 2013

Recenzenci

FRANCISZEK BOROWIEC

BARBARA KŁOCEK

Opracowanie redakcyjne

ALICJA BERNER

WYDANO ZA ZGODĄ

REKTORA ZACHODNIOPOMORSKIEGO UNIWERSYTETU TECHNOLOGICZNEGO W SZCZECINIE

Praca naukowa sfinansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego na naukę w latach 2008–2010 jako projekt badawczy habilitacyjny (N N312 1954351)

ISBN 978-83-7663-159-2

Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie
70-311 Szczecin, al. Piastów 50, tel. 91 449-47-60, e-mail: wydawnictwo@zut.edu.pl

Druk PPH Zapol, Dmochowski, Sobczyk Sp.j., 71-062 Szczecin, al. Piastów 42, tel. 91 434-10-21
e-mail: zarzad@zapol.com.pl

Spis treści

Wykaz ważniejszych skrótów	5
1. Wstęp	7
2. Przegląd piśmiennictwa	9
3. Cel pracy	17
4. Materiał i metody badań	19
4.1. Materiał badawczy	19
4.2. Oznaczenie składu chemicznego	20
4.3. Określenie wartości odżywczej białka	20
4.3.1. Metoda chemiczna	20
4.3.2. Metoda biologiczna	21
4.4. Ocena wskaźników lipidowych krwi	22
4.5. Analiza statystyczna wyników	23
5. Wyniki i dyskusja	25
5.1. Skład chemiczny ziarna owsa	25
5.2. Wartość odżywcza białka	33
5.3. Badania eksperymentalne na zwierzętach laboratoryjnych	38
5.3.1. Określenie wartości biologicznej białka	38
5.3.2. Zawartość substancji lipidowych w surowicy	40
6. Podsumowanie	43
7. Wnioski	45
Aneks	47
Piśmiennictwo	63
Summary	73
Zusammenfassung	75

Wykaz skrótów

AA	– suma aminokwasów (ang. <i>total amino acids</i>)
ADF	– kwaśne detergentowe włókno (ang. <i>acid detergent fibre</i>)
ADL	– frakcja ligninowa kwaśnego włókna (ang. <i>acid detergent lignin</i>)
BAW	– związki bezazotowe wyciągowe (ang. <i>nitrogen free extract</i>)
BV	– wartość biologiczna (ang. <i>biological value</i>)
CS	– wskaźnik aminokwasu ograniczającego (ang. <i>chemical score</i>)
DFA	– kwasy neutralne i hipocholesterolemiczne (ang. <i>neutral and hypocholesterolemic acids</i> (C18 : 0 + UFA))
procent	– procent aminokwasów egzogennych w stosunku do sumy wszystkich aminokwasów (ang. <i>essential amino acid</i> _{MH,WE} <i>as per cent of total AA</i>)
E _{MH,WE} /AA	
EAA	– aminokwasy egzogenne (ang. <i>essential amino acid</i>)
EAAI	– zintegrowany wskaźnik aminokwasów niezbędnych (ang. <i>essential amino acid index</i>)
HDL	– cholesterol o dużej gęstości (ang. <i>high-density-lipoprotein</i>)
LDL	– cholesterol o małej gęstości (ang. <i>low-density-lipoprotein</i>)
MH	– standard aminokwasów dla człowieka dorosłego (ang. <i>mature human</i>)
MUFA	– jednonienasycone kwasy tłuszczowe (ang. <i>monounsaturated fatty acids</i>)
NDF	– frakcja włókna obojętnego (ang. <i>neutral detergent fibre</i>)
OFA	– kwasy hipercholesterolemiczne (ang. <i>hypercholesterolemic acids</i> (C14 : 0 + + C16 : 0))
PER	– współczynnik wydajności wzrostowej (ang. <i>protein efficiency ratio</i>)
PER ₁ –PER ₃	– przewidywana wartość wydajności wzrostowej (ang. <i>the predicted protein efficiency ratio</i>)
PUFA	– wielonienasycone kwasy tłuszczowe (ang. <i>polyunsaturated fatty acids</i>)
SFA	– nasycone kwasy tłuszczowe (ang. <i>saturated fatty acids</i>)
s.m.	– sucha masa (ang. <i>dry matter</i>)
TCH	– cholesterol całkowity (ang. <i>total cholesterol</i>)
TD	– strawność rzeczywista (ang. <i>true digestibility</i>)
TGC	– triglicerydy (ang. <i>triglycerides</i>)
UFA	– nienasycone kwasy tłuszczowe (ang. <i>unsaturated fatty acids</i>)
WE	– standard aminokwasów jaja kurzego (ang. <i>whole egg protein</i>)

1. Wstęp

Zboża stanowią 50% produkcji roślinnej na świecie, natomiast w naszym kraju zajmują 55% powierzchni użytków rolnych, a ich udział w zasiewach wynosi 70–75%. Pod względem powierzchni zasiewów oraz wielkości zbiorów zbóż Polska zajmuje trzecie miejsce w Unii Europejskiej. Ziarno zbóż jest wykorzystywane głównie na potrzeby konsumpcyjne i żywienia zwierząt. W Polsce ponad 70% ziarna zbóż wykorzystuje się do produkcji pasz, zwłaszcza dla zwierząt monogastrycznych (Lisowska i in., 2012).

W ostatnich latach w Polsce i na świecie wzrosło zainteresowanie uprawą nagoziarnistych odmian owsa. Wyniki badań krajowych i światowych wskazują, że ziarno owsa nagiego charakteryzuje się korzystniejszym składem chemicznym, mniejszą zawartością włókna surowego oraz wyższą energią metaboliczną niż owies odmian oplewionych. Cechy te powodują wzrost zainteresowania tą formą owsa jako rośliny paszowej zarówno dla zwierząt monogastrycznych, jak i przeżuwaczy. Ponieważ owies nagi zawiera znaczne ilości dobrej jakości białka, tłuszcz bogaty w nienasycone kwasy tłuszczowe, związki o właściwościach antyoksydacyjnych i wiele innych substancji korzystnych dla organizmu, jest stosowany także w żywieniu ludzi i coraz częściej wykorzystywany w przemyśle spożywczym (Braaten i in., 1994; Hussein i in., 2004; White i in., 2008).

Głównym zadaniem hodowców jest zwiększenie plonu ziarna owsa odmian nagich, który jest znacznie mniejszy od plonu ziarna form oplewionych. Główną przyczyną tego jest wytwarzanie wielu drobnych ziaren przez wielokwiatkowe kłoski oraz gorsze kiełkowanie nasion w warunkach polowych, spowodowane, prawdopodobnie, występującymi mikrouszkodzeniami ziarna (Valentine i Hale, 1990; Peltonen-Sainio, 1994). Większe plony można uzyskać poprzez wprowadzenie do uprawy odmian owsa krótkosłomego, z genami karłowatości. Wykazano na innych gatunkach zbóż, że jest to najskuteczniejszy sposób zabezpieczenia upraw przed wyleganiem, które utrudnia procesy asymilacji, pogarsza warunki wegetacji oraz powoduje nieprawidłowości w rozwoju i wzroście roślin. Wyleganie sprzyja rozwojowi patogenów grzybowych i przyczynia się do obniżenia jakości uzyskiwanego ziarna oraz utrudnia zbiór. W Polsce krótkosłoma forma owsa nie jest aktualnie uprawiana, jednak prace hodowlane są bardzo zaawansowane (Maciorowski i in., 2006; Biel i in., 2011).

Aby zwiększyć efektywność uprawy owsa i doprowadzić do wzrostu zapotrzebowania na jego ziarno, należy zwiększyć wydajność odmian, jakość ziarna oraz hodowli, a uprawę ukierunkować na określone rynki, spełniając ich wymagania. Dzięki znajomości zawartości β -glukanów można wybrać odpowiednie odmiany dla przemysłu spożywczego i farmaceutycznego. Przemysł spożywczy preferuje odmiany z dużą ilością β -glukanów, zawierające specyficzne tłuszcze i przeciwutleniacze. Producenci mąki poszukują odmian o niskiej koncentracji tłuszczu, o dużym ziarnie z małą zawartością łuski. W żywieniu zwierząt pożądane są odmiany wysokobiałkowe o dobrze zbilansowanym składzie aminokwasowym, wysokiej zawartości tłuszczu, a niskiej β -glukanów (Nita, 2003).

Wprowadzanie do uprawy nowych odmian roślin wymaga wszechstronnych i kompleksowych badań nad określeniem ich wartości pokarmowej.

2. Przegląd piśmiennictwa

Efektom prac hodowlanych nad owsem jest otrzymanie odmian nagoziarnistych tego zboża. Małe wymagania termiczne, dobre wykorzystanie zwiększonej ilości opadów, fitosanitarna i regeneracyjna rola w płodozmianach ze znaczną przewagą zbóż, co umożliwia uzyskiwanie dużych plonów innych gatunków, ale przede wszystkim wysoka wartość odżywcza owsa powodują większe zainteresowanie tym gatunkiem (Sułek i Leszczyńska, 2004; Ralcewicz i Knapowski, 2006; Biel i in., 2011).

Owies oplewiony, ze względu na dużą zawartość włókna surowego oraz niekorzystny skład frakcji węglowodanowych, jest w ograniczonej ilości stosowany w żywieniu zwierząt monogastrycznych. Genetyczne pozbawienie owsa włóknistej łuski znacznie zwiększyło wartość paszową tego zboża i możliwość jego wykorzystania w żywieniu zwierząt. W 1997 r. została wpisana do Krajowego Rejestru Odmian pierwsza odmiana owsa nagoziarnistego 'Akt', wyhodowana w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin w Strzelcach. Odmiana 'Akt' została skreślona z KRS w 2008 r. Aktualnie w krajowym rejestrze znajduje się pięć odmian o nieoplewionym ziarnie: 'Cacko', 'Maczo', 'Nagus', 'Polar', 'Siwek'. Obecnie odmianą wzorcową jest 'Polar'. W porównaniu z odmianą 'Akt' charakteryzuje się ona większą masą 1000 ziaren i lepszym wyrównaniem ziarna. Odmiana 'Polar' charakteryzuje się większą zawartością białka w ziarnie niż odmiana 'Akt'. Odmiany nagoziarniste, ze względu na korzystniejszy skład włókna, mogą być stosowane zarówno w żywieniu trzody chlewnej, jak i drobiu (Brand i Merve, 1996; Petkov i in., 2001; Fabijańska i in., 2003).

Jednak podstawowym problemem we wprowadzaniu odmian nagoziarnistych do produkcji pozostaje mały plon ziarna – nawet o 10% mniejszy od plonu ziarna form oplewionych (Cyfert i in., 2005). Wielokwiatkowe kłoski, które wytwarzają wiele drobnych ziaren, są uważane za główną przyczynę (Valentine i Hale, 1990; Peltonen-Sainio, 1994, 1997; Piech i in., 2001), a zmiany tej cechy na drodze hodowlanej są trudne, ponieważ jest to plejotropowy efekt genów warunkujących „nagoziarnistość” (Barr i in., 1996). Jedną z możliwości zwiększenia plonów jest wprowadzenie do uprawy odmian krótkosłomych owsa nagoziarnistego, z genami karłowatości (Nita, 1999, 2003). Są one efektywnym źródłem kontroli wylegania, co umożliwia zastosowanie intensywnych zabiegów agrotechnicznych (głównie nawożenia azotem) jako czynnika maksymalizującego plon ziarna. Zmniejszenie wysokości roślin jest jednym z najważniejszych celów w hodowli roślin zbożowych (Reynolds i Borlaug, 2006; Ellis i in., 2007). Skrócenie słomy uważa się za sukces hodowlany w przypadku pszenicy i ryżu w drugiej połowie XX w. (Calderini i Slafer, 1998; Austin, 1999; Slafer, 2003). Wpływa to jednak na liczne zmiany fizjologiczne i morfologiczne roślin, które odzwierciedlają się na we wskaźnikach kształtujących plon ziarna. Do najważniejszych zmian, które zostały udokumentowane w odniesieniu do owsa, można zaliczyć: zwiększone krzewienie produkcyjne, wskutek mniejszej konkurencji wewnątrzgatunkowej, i w związku z tym lepszą obsadę wiech, większą liczbę wykształconych i lepiej wypełnionych ziaren z jednostki powierzchni, co powoduje zwiększenie indeksu plonowania, zmiany fotoperiodyczne prowadzące do skrócenia

okresu wegetacji, a także zmniejszenie systemu korzeniowego i zaburzenia w udziale części nadziemnej w całej roślinie i zwiększone zapotrzebowanie na wodę i pokarm (Brown i in., 1980; Anderson i McLean, 1989; Mäkela i in., 1996; Peltonen-Sainio i Rajala, 2001; Rajala i Peltonen-Sainio, 2001; Peltonen-Sainio i in., 2003; Mäkela i in., 2004).

Dotychczas w przypadku gatunków z rodzaju *Avena* opisano osiem genów karłowatości, niemniej jednak tylko jeden z nich, dominujący gen *Dw6*, jest wykorzystywany w programach hodowlanych. Wykorzystanie tego genu wiąże się z pewnymi ograniczeniami w hodowli związanymi ze zmniejszeniem wielkości uzyskiwanych plonów, wielkości nasion i ich jakości (Kibite i Clayton, 2000; Milach i Federizzi, 2001). Gen ten jest wrażliwy na egzogeny kwas giberelinowy i skrócenie roślin o 30–37% – głównie poprzez skrócenie trzech górnych międzywęźli (Milach i in., 1997, 2002). Skrócenie dokłosa w liniach z *Dw6* sprawia, że przy braku optymalnych warunków środowiska wiecha nie wysuwa się całkowicie z pochwy liścia flagowego, co negatywnie wpływa na plon. Farnham i in. (1990) wykryli w populacjach pochodzących od *A. sterilis* i *A. fatua* geny modyfikatory, które w obecności genu *Dw6* wydłużają dokłosa i powodują, że rośliny o skróconej słomie normalnie wiechują. Wykrycie tych modyfikatorów znacznie zwiększyło możliwość wykorzystania genu *Dw6* w hodowli owsa o skróconej słomie.

Do najbardziej znanych odmian owsa o krótkiej słomie należą: angielska odmiana 'Icon' (nagoziarnista), amerykańska 'Pal' (oplewiona), holenderska 'Kontant' (oplewiona), norweska 'Grane' (oplewiona) i australijska 'Bandicoot' (nagoziarnista) – Barr (1988); Green (1999); Peltonen-Sainio i Rajala (2001). Ta ostatnia odmiana stała się donorem krótkiej słomy wszystkich polskich niskich linii hodowlanych.

Wpisanie do rejestru nowej oryginalnej odmiany owsa poprzedzane jest wszechstronną oceną rolniczej wartości rodów owsa, przeprowadzaną we wstępnych zespołowych doświadczeniach polowych. Badania lokalizowane są w odmiennych warunkach klimatycznych, glebowych i agrotechnicznych, które różnicują badane odmiany pod względem wielkości plonu oraz wielu ważnych cech użytkowych rodów owsa. Umożliwia to wyselekcjonowanie spośród licznych nowych wyhodowanych form takich rodów owsa, które charakteryzują się większym plonem oraz lepszymi cechami niż odmiany wzorcowe. Prowadzone w Polsce prace hodowlane przyczyniają się do wzrostu liczby odmian owsa (Nita, 2003; Sułek i Leszczyńska, 2004).

W polskich warunkach odmiany owsa w doświadczeniach COBORU osiągają wysokość od 90 do 110 cm (Zych, 2001; Cyfert i in., 2005). W piśmiennictwie powszechnie używa się określeń: formy półkarłowe i karłowe, ale brakuje jednoznacznego granicznego kryterium podziału odmian pod względem wysokości roślin. Można przyjąć, że w polskich warunkach, przy przeciętnych warunkach pogodowych, odmiany można zaklasyfikować do form tradycyjnych wówczas, gdy wysokość roślin kształtuje się w zakresie 90–120 cm, do form półkarłowych, gdy wysokość roślin wynosi 70–90 cm, natomiast do form karłowych, gdy wysokość roślin wynosi poniżej 70 cm.

Czynnikiem decydującym o wartości pokarmowej ziarna jest jego skład chemiczny. Wielu autorów (Åman, 1987; Pettersson i in., 1996) zwraca uwagę, że wśród zbóż właśnie owies cechuje się największą zmiennością składu chemicznego, w zależności od warunków

agrometeorologicznych. Pociąga to za sobą również zróżnicowanie wartości pokarmowej. Ziarno owsa oplewionego, z uwagi na duży udział włókna surowego, nie ma tak dużego znaczenia w żywieniu zwierząt monogastrycznych jak pozostałe zboża – mimo jego wielu niezaprzeczalnych zalet. Ziarno owsa nagiego z powodu braku łuski różni się zasadniczo składem chemicznym i wartością energetyczną od owsa oplewionego. Największe różnice pomiędzy owsem oplewionym a nagim dotyczą zawartości włókna surowego, białka ogólnego i tłuszczu surowego. Są to składniki, które decydują o wartości odżywczej i energetycznej paszy.

Cechy te wpływają na dużą atrakcyjność owsa nagoziarnistego jako rośliny paszowej dla trzody chlewnej, drobiu, koni oraz przeżuwaczy (Fearon i in., 1996; Kosieradzka, 1999; Brand i in., 2003; Hussein i in., 2004; MacLeod i in., 2008; White i in., 2008; Strusińska i in., 2009). Skład chemiczny ziarna zależy od wielu czynników, jest też cechą charakterystyczną gatunków, a nawet odmian (Redaelli i in., 2009). Bardzo dobre cechy użytkowe owsa nagoziarnistego umożliwiają produkcję żywności o wysokiej jakości biologicznej i pełnowartościowej paszy dla zwierząt monogastrycznych, również w ekologicznych gospodarstwach rolnych (Bobrecka-Jamro i Tobiasz-Salach, 1999).

W polskich odmianach i rodach owsa nagiego zawartość białka ogólnego wynosi średnio 15% i jest o 30% większa niż w przypadku owsa oplewionego (Petkov i in., 2001). Jak podają Maciejewicz-Ryś i Sokół (1999) oraz Biel i in. (2009), wartość odżywcza białka owsa nagoziarnistego jest najwyższa wśród zbóż. Wynika to z korzystniejszego składu aminokwasowego białka.

Ilość składników pokarmowych w ziarnie owsa nieoplewionego, podobnie jak w ziarnie pozostałych zbóż, zależy od odmiany, ale może być również modyfikowana poprzez kontrolowane czynniki środowiska, tj. poziom nawożenia, system uprawy i ochrony roślin, a także środowisko zewnętrzne (Åssveen, 2009; Milczarek i Osek, 2009). Duży wpływ na zawartość i wartość odżywczą białka ziarna owsa wywierają czynniki agrotechniczne, głównie nawożenie azotowe. W badaniach Lásztity (1998) stwierdzono dodatni wpływ wzrastających dawek nawożenia azotem na zawartość białka ogólnego w ziarnie owsa. Walens (2003) stwierdził, że nawożenie azotowe zwiększyło zawartość białka ogólnego w ziarnie owsa, natomiast zmniejszyło zawartość tłuszczu surowego. Ralcewicz i Knapowski (2006) zaobserwowali, że opóźnienie terminu siewu powoduje nieznaczne zmniejszenie zawartości aminokwasów egzogennych (średnio o 1,2%) i niewielki wzrost ilości aminokwasów endogennych (o około 2%), w stosunku do wartości tych parametrów w terminie optymalnym.

Należy podkreślić, że wyniki dotychczasowych badań nad wpływem nawożenia azotem nie wpływają jednoznacznie na kierunek zmian składu aminokwasowego białka w warunkach zróżnicowanego zaopatrzenia owsa w ten składnik (Nowak i Barczak, 1991; Wróbel, 1993; Lásztity, 1998). W doświadczeniu przeprowadzonym przez Nowaka i Barczak (1991) wzrastające nawożenie azotem powodowało wzrost zawartości lizyny, metioniny i argininy, natomiast zawartość pozostałych aminokwasów egzogennych w białku ziarna owsa nie zmieniła się. W badaniach innych autorów (Ralcewicz i Knapowski, 2006) stwierdzono wpływ dawki azotu na zawartość takich aminokwasów, jak: fenyloalanina, histydyna, lizyna, metionina i treonina. Nawożenie azotem w ilości $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ powodowało, w porównaniu z próbą kontrolną, istotne zmniejszenie zawartości histydyny, lizyny i treoniny – odpowiednio o: 7%,

7,6% i 10,1%. Z kolei zwiększenie ilości azotu do $120 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ powodowało dalszy wzrost średniej zawartości tych aminokwasów, w porównaniu z zawartością aminokwasów przy nawożeniu azotem w ilości $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. W przypadku fenyloalaniny i metioniny obie stosowane w badaniach ilości azotu powodowały zmniejszenie udziału tych aminokwasów w białku ziarna owsa. W badaniach przeprowadzonych przez Givensa i in. (2004) zwiększone nawożenie azotem (w ilości $80\text{--}140 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) wpływało na zwiększenie koncentracji wszystkich aminokwasów proporcjonalnie do zwiększenia zawartości białka ogólnego. Jednak różnice dotyczące wpływu nawożenia azotowego były odmienne u owsa oplewionego i u owsa nieoplewionego.

Kolejnym czynnikiem środowiskowym, wpływającym na zawartość składników pokarmowych w ziarnie owsa, są warunki atmosferyczne i glebowe (Åman, 1987; Peterson i in., 2005; Redaelli i in., 2009). W doświadczeniach wazonowych Jurkowska i in. (1992) wykazały, że wraz ze wzrostem wilgoci gleby znacznie zmniejsza się procentowa zawartość azotu w częściach nadziemnych rośliny.

Białko ziarna owsa nagiego charakteryzuje się wysoką zawartością aminokwasów egzogennych. Według Kosieradzkiej i Fabijańskiej (2001) zawartość prawie każdego z tych aminokwasów jest większa niż w białku pszenicy czy jęczmienia. Proporcje poszczególnych aminokwasów są porównywalne z ich udziałem w białku kukurydzy i soi (Cave i Burrows, 1993). Należy podkreślić, że – pomimo relatywnie wysokiej zawartości aminokwasów w białku owsa – pozostaje ono nadal niepełnowartościowym białkiem. Owies, podobnie jak inne zboża, jest ubogi w lizynę, ale jest doskonałym źródłem aminokwasów siarkowych. Może być zatem doskonałym uzupełnieniem mieszanek roślin strączkowych, w przypadku których – jak podają Sujak i in. (2006) – jakość białka ogranicza metionina z cystyną.

Rozmieszczenie białka w poszczególnych częściach ziarna owsa jest nierównomierne. Warstwa aleuronowa oraz zarodek są najbogatsze w białko. Warstwa aleuronowa teoretycznie należy do bielma, jednak struktura ziarna owsa sprawia, że często w procesie łuszczenia jest ona oddzielana wraz z okrywą owocowonasienną. Badania Lutowskiej i in. (2008) wykazały zawartość białka w owsie obłuszczonej na poziomie 11,4–15,3%. Według Hahn i in. (1990) zawartość białka w otrębach owsianych wynosi średnio około 15,5%. Autorzy ci podają również, że zawartość białka w bielmie wynosi 11%; Lim i in. (1992a) podają mniejsze wartości (6,8 %).

Największą składową białka owsa są globuliny (50–80%), co odróżnia go od innych zbóż, przy czym udział tej frakcji białka stanowi około 10–15%. Niewielki udział prolamin, najbardziej deficytowych w aminokwasy egzogenne, sprawia, że biologiczna wartość białka owsa nie ulega pogorszeniu wraz ze wzrostem ich zawartości w ziarnie (Shewry i Halford, 2002; Podolska i in., 2009). Różne są opinie na temat szkodliwości prolamin owsa dla chorych na celiakię (Niewinski, 2008; Thompson i Méndez, 2008). Od wielu lat toczą się dyskusje, czy ziarno owsa powinno znajdować się na liście zbóż zawierających gluten. W 2007 r. Komitet Kodeksu Żywnościowego ds. Żywienia i Żywności Specjalnego Przeznaczenia Żywnościowego ustalił, że ze względu na to, że zboże to może być dobrze tolerowane przez większość osób chorych na celiakię, o stosowaniu owsa do wyrobu żywności bezglutenowej dla chorych na celiakię decydują poszczególne kraje (Wojtasik i in., 2008).

Podobnie jak w innych zbożach, podstawową część suchej masy ziarna owsa stanowią węglowodany. Ponieważ owies charakteryzuje się większą zawartością białka i tłuszczu, jest uboższy w węglowodany, w porównaniu z innymi zbożami. W grupie składników węglowodanowych owsa dominuje skrobia, której zawartość wynosi średnio 53% i jest około 10% mniejsza niż w innych zbożach, ale jest lepiej przyswajalna. Dobry jakościowo owies powinien zawierać około 47% skrobi (Särkijärvin i Saastamoinen, 2006). Oprócz skrobi zawiera w mniejszych ilościach dekstryny i cukry rozpuszczalne. Znaczną część węglowodanów w ziarnie owsa, zwłaszcza oplewionego, stanowi włókno (Ciołek i in., 2008). Dlatego owies oplewiony jest niechętnie stosowany w żywieniu zwierząt monogastrycznych (Milczarek i Osek, 2009). Biel i in. (2011) wykazali, że ziarno krótkosłomego owsa oplewionego zawiera istotnie mniej tego składnika niż ziarno wzorcowej odmiany oplewionej. Owies nagi, w porównaniu z oplewionym, ma nie tylko mniej włókna, ale też jego skład jest znacznie korzystniejszy. Ważną cechą włókna owsa jest skład jego poszczególnych frakcji. Zawartość ligniny (ADL), która najbardziej obniża strawność i wartość odżywczą pasz, jest w owsie nagim, w porównaniu z owsem oplewionym, mniejsza o prawie 80% i zbliżona do zawartości tego składnika w pszenicy (Fabijańska i in., 2003).

Rozpuszczalne frakcje włókna mają istotny wpływ na utrzymanie korzystnego składu mikroflory jelitowej w organizmie człowieka, stymulują rozwój probiotycznych bakterii fermentacji mlekowej oraz hamują rozwój patogenów (Gajewska i in., 2002). Do polisacharydów nieskrobiowych należą β -glukany. Związki te mają zdolność wchłaniania dużej ilości wody, tworząc lepkie roztwory. W środowisku przewodu pokarmowego duża lepkość treści pokarmowej utrudnia trawienie i pogarsza wykorzystanie paszy. Trzoda chlewna nie jest specjalnie wrażliwa na obecność tych substancji w paszy, ponieważ bardzo kwaśny odczyn w żołądku częściowo je dezaktywuje. Natomiast szczególnie niekorzystne są one dla drobiu, gdyż pogarszają wyraźnie wyniki produkcyjne, a dodatkowo powodują wydalanie wodnistych lepkich odchodów. Utrudnia to utrzymanie higieny w kurnikach i stwarza dobre warunki do rozwoju szkodliwych drobnoustrojów (Fabijańska i in., 2003).

W owsie nagim koncentracja β -glukanów jest większa niż w ziarnie oplewionym i wynosi nawet $85 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (Colleoni-Sirghie i in., 2003, 2004). Jest to związane z rozmieszczeniem tych składników w ziarniaku. β -glukany nie występują w plewce, która stanowi około 27% form oplewionych. Czynniki, które mają istotny wpływ na zawartość tych składników w ziarnie, to przede wszystkim odmiana, czyli czynnik genetyczny oraz warunki uprawy, w tym klimat (Johansson i in., 2000; Welch i in., 2000). Wysoka lepkość ekstraktu z ziarna owsa jest spowodowana nie tylko dużą zawartością β -glukanu rozpuszczalnego, ale także specyficzną budową jego cząsteczek, które mają zdolność wchłaniania większej ilości wody niż w przypadku innych zbóż. Obecność w diecie lepkich polisacharydów nieskrobiowych, do których należą β -glukany owsa, może być przyczyną zmian w budowie morfologicznej ścian przewodu pokarmowego i upośledzać wchłanianie składników pokarmowych. Związki te mogą także tworzyć kompleksowe struktury z enzymami trawiennymi, co powoduje zmniejszenie ich aktywności i zmienia przebieg procesów trawienia (Ikeda i Kusano, 1983).

Jednocześnie dietetyczne właściwości rozpuszczalnej frakcji polisacharydów nieskrobiowych i ich korzystny wpływ na organizm człowieka sprawiają, że rośnie zainteresowanie

stosowaniem owsa w diecie i rozwojem upraw odmian o dużej koncentracji β -glukanów (Naman i in., 2006; Flander i in., 2007; Wood, 2007). β -glukany w środowisku wodnym tworzą roztwory o dużej lepkości, które ograniczają wchłanianie cholesterolu i kwasów żółciowych z przewodu pokarmowego. Badania kliniczne potwierdzają wpływ produktów owsianych na obniżenie stężenia cholesterolu całkowitego we krwi oraz korzystne zmiany w stosunku HDL do LDL (Ranhotra i in., 1990; Braaten i in., 1994; Gerhardt i Gallo, 1998; Grajeta, 1999). Hipocholesterolemiczne działanie β -glukanów zależy od ich rozpuszczalności w wodzie (Newman i in., 1989 a, b; Bengtsson i in., 1990).

β -glukany o większym stopniu rozpuszczalności, zwiększając lepkość treści pokarmowej, zmniejszają wchłanianie tłuszczu i cholesterolu oraz reabsorbują kwasów żółciowych, powodując zwiększenie ich wydalania wraz z kałem (Zhang i in., 1992). W odpowiedzi na wiązanie cholesterolu pokarmowego oraz kwasów żółciowych w świetle jelita cholesterol syntetyzowany w wątrobie kierowany jest głównie do produkcji kwasów żółciowych, w związku z czym znacznie mniejsza jego ilość jest wykorzystana do syntezy lipoprotein. Shinick i in. (1990) na podstawie badań na szczurach sugerują, że większe spożycie owsa (ze względu na specyficzny skład węglowodanów) może obniżyć stężenie cholesterolu całkowitego we krwi człowieka. Potwierdzono również wpływ frakcji rozpuszczalnych β -glukanów na redukcję poposiłkowego stężenia glukozy we krwi, nawet po spożyciu posiłku o wysokim indeksie glikemicznym (Cavallero i in., 2002).

Skład chemiczny ziarniaków owsa wyróżnia się wysoką zawartością tłuszczu o dużym udziale nienasyconych kwasów tłuszczowych. Zawartość tłuszczu w ziarnie owsa zależy od: warunków glebowych (typu gleby, zasobności w składniki pokarmowe), przebiegu warunków atmosferycznych w okresie wegetacji (Tamm, 2004), a przede wszystkim od formy owsa – oplewionej czy nagoziarnistej (Maciejewicz-Ryś i Sokół, 1999; Biel i in., 2009), a także od przygotowania próbki, czyli od tego, czy ziarno jest oplewione czy obłuszczone (Kawka, 1996) oraz od genotypu (Piątkowska i in., 2010; Pisulewska i in., 2011). W piśmiennictwie podawana jest różna zawartość lipidów w ziarnie polskich odmian owsa, mieszcząca się w granicach od 3,5 do 6,3% w ziarnie oplewionym i od 5,5 do 7,9% w ziarnie nagim. Owies nagoziarnisty zawiera wyjątkowo dużo tego składnika, również w porównaniu z innymi zbożami (Friend i in., 1988; Zhou i in., 1998; Aro i in., 2007). Owies, w odróżnieniu od innych zbóż, charakteryzuje się wysoką zawartością tłuszczu w bielmie, w którym następuje zarówno synteza, jak i magazynowanie dużej ilości tego składnika. Zawartość tłuszczu wzrasta w miarę przesuwania się od bielma środkowego do jego peryferyjnych obszarów, co potwierdzają badania Piątkowskiej i in. (2010). Na zawartość tłuszczu w ziarnie największy wpływ mają czynniki genetyczne, natomiast mniejsze znaczenie mają warunki zewnętrzne. Wśród warunków środowiskowych najistotniejsza jest temperatura powietrza w okresie wzrostu owsa, która wywiera istotny wpływ na syntezę związków lipidowych w ziarnie (Schipper i in., 1991). Zróżnicowane warunki siedliska nie wywierają istotnego wpływu na zawartość lipidów w ziarnie owsa (Pisulewska i in., 2011).

Owies jest bogaty w nienasycone kwasy tłuszczowe (UFA), które stanowią ponad 80% zawartości tłuszczu, tj. o około 2–3% więcej niż w przypadku tłuszczu pszenicy i kukurydzy. Jednak w składzie UFA najwięcej jest jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA), zwłaszcza kwasu oleinowego, zaś kwasów wielonienasyconych (PUFA) jest mniej.

Ponieważ jednak ogólna zawartość tłuszczu w ziarnie owsa nagiego jest większa niż w innych zbożach, również większa jest ilość wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, przy czym jest ono dobrym źródłem tych niezbędnych składników. Należy dodać, że tłuszcz ziarna owsa nagiego, bogaty w wielonienasycone kwasy tłuszczowe, jest łatwiej strawny niż tłuszcz zawarty w innych zbożach (Bartnikowska i in., 2000; Bartnikowska, 2003).

Ponadto warto podkreślić, że ograniczenie spożycia kwasów tłuszczowych nasyconych, a zwiększenie spożycia kwasów wielonienasyconych jest najbardziej skuteczną metodą obniżenia stężenia cholesterolu we krwi. Wiele badań wskazuje, że dieta bogata w wielonienasycone kwasy tłuszczowe zmniejsza częstotliwość występowania chorób sercowo-naczyniowych (arteriosklerozy, chorób naczyń wieńcowych, *atherothrombotic endpoints*), pewnych typów raka i alergii (Dolecek, 1992; Goodnight, 1993; Conor, 1999, 2000; Zhao i in., 2004). Wpływ wielonienasyconych kwasów tłuszczowych na redukcję cholesterolu w surowicy i tkance mięśniowej wykazano również w badaniach przeprowadzonych na trzodzie chlewnej (Borowiec i in., 1998; Grela, 2000; Potu i in., 2013), która jest doskonałym zwierzęciem modelowym dla człowieka (Miller i Ullrey, 1987) m.in. ze względu na podobny układ trawienny, a także metabolizm tłuszczów i węglowodanów (Spurlock i Gabler, 2008). Stwierdzono również redukcję cholesterolu i pozytywny wpływ na zawartość kwasów wielonienasyconych w tłuszczu mięsa jagniąt i mleka owiec żywionych dawkami pokarmowymi ze zwiększonym udziałem omawianych kwasów (Piechnik i in., 1999; Borowiec i in., 2004).

Wysoka zawartość włókna surowego w ziarnie owsa oplewionego ogranicza jego stosowanie w żywieniu trzody chlewnej i drobiu. Aczkolwiek warto podkreślić, że aktualnie coraz częściej stosuje się owies oplewiony jako źródło pozytywnych węglowodanów (w ilości $20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ dawki) w mieszankach dla odsadzonych prosiąt, co zmniejsza częstość występowania biegunek i poprawia wyniki produkcyjne (Mateos i in., 2006, 2007). Brak łuski w nagoziarnistych odmianach owsa stwarza możliwość większego wykorzystania go w żywieniu zwierząt monogastrycznych (Milczarek i in., 2006). Wykazano, że do dawek dla tuczników można z powodzeniem wprowadzić 30% owsa nagiego zamiast ziarna pszenicy (Fabijańska i in., 2003).

Myer i in. (1985), Morris i Burrows (1986) oraz Brand i van den Merwe (1996), stosując dużą ilość owsa w dawkach pokarmowych dla tuczników (od 79 do 97%), nie stwierdzili istotnego pogorszenia wyników produkcyjnych. Dobre wyniki tuczu przy podawaniu mieszanek z 50-procentowym udziałem owsa nagiego uzyskali też Friend i in. (1988), którzy uznali, że taka ilość owsa nagiego w dawce jest optymalna. Milczarek i Osek (2009) stwierdziły, że zastąpienie w dawce pokarmowej 60% ziarna jęczmienia ziarnem owsa nagiego nie miało ujemnego wpływu na wyniki tuczu i wartość rzeźną świń. Autorki te stwierdziły, że mięso tuczników otrzymujących mieszankę z owsem cechowało się większą zawartością wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA), a zwłaszcza kwasu linolowego, który jest szczególnie cenny ze względu na swoje właściwości prozdrowotne.

Badania Grela i Pastuszaka (2012) wykazały, że u prosiąt żywionych mieszankami opartymi na ekstrudowanym owsie nagoziarnistym stwierdzono istotnie mniejszą zawartość cholesterolu ogólnego i trigliceroi, a zwiększony udział frakcji HDL-cholesterolu w osoczu, niż u zwierząt, którym podawano mieszankę z udziałem pszenicy, jęczmienia lub ryżu. Auto-

rzy ww. stwierdzili, że owies jest smaczniejszym komponentem mieszanek dla prosiąt niż jęczmień i pszenica. Zastosowanie go istotnie zwiększyło pobranie paszy oraz zapewniło utrzymanie zdrowotności prosiąt w okresie odchowu. Barneveld i in. (1998) potwierdzili również to, że ziarno owsa nagiego jest doskonałe dla rosnących świń.

Wyniki badań różnych autorów wykazały, że owies nagi może być odpowiednią paszą także dla drobiu (Farrel i in., 1991; Cave i Burrows, 1993). Jednak optymalny udział bezłuskiego owsa w diecie nie jest jednoznacznie ustalony. Ograniczenie stosowania owsa nagiego wynika z zawartości β -glukanów. Zdaniem Maurice i in. (1985) owies nagoziarnisty może stanowić do 40% mieszanki dla brojlerów. Cave i Burrows (1993) nie zauważyli pogorszenia wyników produkcyjnych przy zastosowaniu 50% owsa w diecie w pierwszym okresie tuczu i nawet przy 72% w drugim okresie. Farrel i in. (1991) oraz Friesen i in. (1992) uważają, że owies nagi może być nawet jedynym zbożem w diecie dla brojlerów, ale musi być uzupełniony enzymami, co zwiększy strawność i wykorzystanie zawartych w nim składników pokarmowych. Dodatek do paszy enzymów zwiększających hydrolizę polisacharydów nieskrobiowych w przewodzie pokarmowym drobiu obniża lepkość spowodowaną obecnością β -glukanów i pentozanów (Guenter, 1993). Uważa się (Kosieradzka i Fabijańska, 2003), że zwiększenie ilości owsa nagiego jako komponentu mieszanek dla brojlerów zależy w znacznym stopniu od rozwiązania problemu małych plonów i wyhodowania odmian o obniżonej zawartości β -glukanów, co stanowi najważniejszy czynnik ograniczający strawność i wykorzystanie składników pokarmowych paszy przez ptaki. Na świecie uprawiane są odmiany zawierające 2–2,5% β -glukanów. Polskie odmiany owsa nagiego zawierają 3–3,5% β -glukanów, co oznacza, że jego zawartość w mieszankach pełnoporcjowych dla drobiu nie powinna przekraczać 40%.

3. Cel pracy

W dostępnym piśmiennictwie, zarówno krajowym, jak i zagranicznym, niewiele jest wyników badań eksperymentalnych nad wartością pokarmową ziarna nowych form owsa. Wielu autorów porównuje owies oplewiony z nagoziarnistym, natomiast brakuje takich danych w odniesieniu do ziarna owsa tradycyjnego i krótkosłomego z wprowadzonymi genami karłowatości. Uzasadnia to podjęcie prezentowanych badań, których celem była wszechstronna ocena wartości pokarmowej różnych form owsa, ze szczególnym uwzględnieniem rodów krótkosłomych z wprowadzonym genem karłowatości *Dw6* z odmiany 'Bandicoot'.

Zamierzony cel realizowano poprzez określenie bogatego składu chemicznego ocenianego ziarna owsa oraz w ramach badań eksperymentalnych na szczurach laboratoryjnych (określenie wartości odżywczej białka i zawartości składników lipidowych krwi).

Badania na zwierzętach laboratoryjnych są nieodłącznym elementem poszerzania wiedzy na temat żywności oraz reakcji organizmu na spożywanie określonych składników pokarmowych. Przebieg doświadczenia biologicznego i uzyskane rezultaty badań, jak również prawidłowe wnioskowanie są uzależnione od wielu czynników, wśród których szczególnie ważne jest żywienie zwierząt. Eggum i in. (1985) oraz Wisker i Bach Knudsen (2003) stwierdzili wysoką korelację pomiędzy rezultatami doświadczeń na miesięcznych szczurach laboratoryjnych i prosiętach. Jørgensen i Lindberg (2006) wykazali, że szczur może być właściwym modelem dla trzody chlewnej podczas szacowania wskaźników strawności energii i białka. Metoda oceny jakości białka na szczurach laboratoryjnych dostarcza również miarodajnych wartości, porównywalnych z wynikami badań przeprowadzonych na ludziach; jest zalecana do powszechnego stosowania (Eggum i in., 1989; Henley i Kuster, 1994).

4. Materiał i metody badań

4.1. Materiał badawczy

Materiał badawczy stanowiło ziarno różnych form owsa pochodzącego z czterech lat zbiorów (2006–2009). Wszystkie próby ziarna uzyskano ze wstępnych doświadczeń hodowlanych przeprowadzonych w Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Lipniku k. Stargardu Szczecińskiego, należącej do Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Doświadczenia założono w układzie bloków losowych w trzech powtórzeniach. Powierzchnia poletka wynosiła 9 m²; wysiano 550 ziaren na 1 m². Badania przeprowadzono na glebie brunatnej wylugowanej. Poziom ornopróchniczny tych gleb wykazywał skład granulometryczny piasku gliniastego lekkiego. Gleby te zalicza się do kompleksu żyniego dobrego, klasy bonitacyjnej IV b. Pod względem rolniczym reprezentują one gleby lekkie. Gleba była zasobna w składniki pokarmowe, takie jak: P – 6,0–16,0 mg · 100 g⁻¹, K – 7,7–10,8 mg · 100 g⁻¹, Mg – 1,9–2,8 mg · 100 g⁻¹, natomiast pH wynosiło 5,1–5,7. Przedplonem była pszenica ozima. Nawożenie azotowe, w ilości 90 kg N · ha⁻¹ (60+30), zastosowano w formie saletry amonowej w dwóch terminach. Siew przeprowadzono bezresztowym siewnikiem poletkowym. Nawożenie fosforowe i potasowe zastosowano przedsięwzięcie w formie superfosfatu pojedynczego i 60% soli potasowej, w kolejnych latach ilość P₂O₅ wynosiła 60–80, a K₂O – 38–110 kg · ha⁻¹. Zbiór w każdym roku wykonywano kombajnem poletkowym.

Analizę składu chemicznego wykonano łącznie na 27 odmianach i rodach ziarna owsa, w tym na odmianach 'Polar' (wzorcowej nagoziarnistej, o tradycyjnej długości słomy), 'Krezus' (wzorcowej oplewionej, o tradycyjnej długości słomy), 'Bingo', 'Bohun', 'Breton', 'Chimene' (oplewionej, o tradycyjne długości słomy) oraz na 21 rodach z genem karłowatości *Dw6* z odmiany 'Bandicoot' (9 rodów krótkosłomych owsa nagoziarnistego oraz 12 rodów krótkosłomych owsa oplewionego). Ocenę jakości ziarna rodów prowadzono równocześnie z pracami hodowlanymi, a w kolejnych etapach badań własnych zastosowano te rody owsa, które zostały wyselekcjonowane przez hodowcę na podstawie danych dotyczących wielkości plonów. Skład chemiczny ziarna owsa ocenianych odmian i rodów z poszczególnych lat zbioru podano w tab. I–XX¹.

Badania eksperymentalne na zwierzętach laboratoryjnych przeprowadzono, używając wybranych rodów z genem karłowatości *Dw6* (STH 7205 – nagoziarnistego krótkosłomego, STH 6106 – oplewionego krótkosłomego) i porównawczo na odmianach wzorcowych ('Polar' – nagoziarnistej i 'Krezus' – oplewionej) ze zbioru w 2008 roku. Podstawą wyselekcjonowania rodów do badań biologicznych był skład chemiczny, ze szczególnym uwzględnieniem składu aminokwasowego i jakości białka. Ponadto plony tych rodów w danym roku były duże.

¹ Tabele ponumerowane cyframi rzymskimi I–XX podano w Aneksie.

4.2. Oznaczenie składu chemicznego

Podstawowy skład chemiczny ocenianego ziarna oznaczono metodą standardową AOAC (2000). W celu oznaczenia suchej masy próby suszono w suszarce, w temperaturze 105°C, do uzyskania stałej masy. Ekstrakt eterowy oznaczano za pomocą eteru dwuetylowego metodą Soxhleta, popiół surowy – poprzez spalanie w piecu muflowym, w temperaturze 580°C, przez 8 h, białko ogólne (N×6,25) – metodą Kjeldahla, przy użyciu aparatu Büchi B-324, włókno surowe – metodą Henneberga-Stohmanna, na analizatorze ANCOM 220 Fiber Analyzer.

Fracje włókna: NDF – frakcję włókna obojętnego (ang. *neutral detergent fibre*), ADF – kwaśne detergentowe włókno (ang. *acid detergent fibre*), ADL – frakcję ligninową kwaśnego włókna (ang. *acid detergent lignin*) oznaczano metodą Van Soesta i in. (1991) na analizatorze ANCOM 220 Fiber Analyzer. Frakcję NDF oznaczano z zastosowaniem SLS (siarczanu sodowo-laurylowego), ADF – z zastosowaniem CTAB (bromku cetylo-trójmetyloamoniowego), ADL – poprzez rozkład otrzymanego ADF w 72-procentowym kwasie siarkowym. Zawartość hemicelulozy obliczano z różnicy pomiędzy NDF i ADF, a celulozy – z różnicy ADF i ADL.

Zawartość β-glukanów oznaczono metodą enzymatyczną, według Mc Cleary i Codda (1991), z wykorzystaniem kitu firmy Megazyme.

Wapń, potas i sód oznaczono na fotometrze Flapho-4, a fosfor – metodą kolorymetryczną, z zastosowaniem aparatu SPEKOL 11 firmy Carl Zeiss Jena.

Analizę kwasów tłuszczowych wykonano metodą chromatografii gazowej, używając aparatu VARIAN CP3800. Rozdział kwasów prowadzono w kolumnie kapilarnej CPWAX 52 CB (60 m×0,25 mm). Użyto helu jako gazu nośnego, którego przepływ wynosił 1,4 cm³·min⁻¹. Temperatura kolumny wynosiła 120°C, przy stopniowym wzroście o 2°C·min⁻¹ do 210°C, czas oznaczeń wynosił 127 min, temperatura dozownika wynosiła 160°C, temperatura detektora – 160°C.

Udział aminokwasów w białku ziarna ocenianych odmian owsa, z wyjątkiem tryptofanu, oznaczono na analizatorze aminokwasów AAA-400, po uprzedniej hydrolizie 6 M HCl. Do oznaczenia aminokwasów siarkowych próby poddano hydrolizie 6 M HCl, po uprzednim utlenieniu mieszaniną kwasu mrówkowego i nadtlenu wodoru w stosunku 9 : 1. Tryptofan oznaczano zgodnie z metodą AOAC (2000). Skład aminokwasowy podano w g na 16 g azotu.

4.3. Określenie wartości odżywczej białka

4.3.1. Metoda chemiczna

Wskaźnik aminokwasu ograniczającego *CS* (ang. *chemical score*) określono, używając dwóch standardów – aminokwasów dla człowieka dorosłego MH (FAO/WHO, 1991) oraz białka jaja kurzego WE (FAO/WHO/UNU, 1985):

$$CS = a_i/a_s \cdot 100\%$$

gdzie:

a_i – zawartość aminokwasu egzogenego białka badanego,

a_s – zawartość aminokwasu egzogenego białka wzorcowego.

Wskaźnik aminokwasów niezbędnych *EAAI* (ang. *essential amino acid index*) obliczono jako średnią geometryczną wszystkich aminokwasów egzogennych do zawartości tych aminokwasów w danym wzorcu (Oser, 1959):

$$EAA = \sqrt[10]{\frac{a_1}{a_{1s}} \cdot 100 \cdot \dots \cdot \frac{a_n}{a_{ns}} \cdot 100}$$

gdzie:

a_n – zawartość aminokwasu białka badanego,

a_{ns} – zawartość aminokwasu białka wzorcowego,

przy czym:

$$EAAI = 10^{\log EAA}$$

gdzie:

$$\log EAA = \frac{1}{10} (\log \frac{a_1}{a_{1s}} \cdot 100 + \log \frac{a_2}{a_{2s}} \cdot 100 + \dots + \log \frac{a_n}{a_{ns}} \cdot 100).$$

Przewidywaną wartość *PER* (ang. *protein efficiency ratio*) obliczano za pomocą trzech równań regresji podanych przez Alsmeyer i in. (1974):

$$PER_1 = -0,684 + 0,456 \cdot \text{Leu} - 0,047 \cdot \text{Pro}$$

$$PER_2 = -0,468 + 0,454 \cdot \text{Leu} - 0,105 \cdot \text{Tyr}$$

$$PER_3 = -1,816 + 0,435 \cdot \text{Met} + 0,780 \cdot \text{Leu} + 0,211 \cdot \text{His} - 0,944 \cdot \text{Tyr}$$

4.3.2. Metoda biologiczna

Do badań biologicznych wybrano rody owsa o najkorzystniejszym składzie chemicznym, ze szczególnym uwzględnieniem składu aminokwasowego i jakości białka owsa z grup najlepiej plonujących w 2008 r. Doświadczenie, po uzyskaniu zgody Lokalnej Komisji Etycznej (Uchwała nr 33/2007), przeprowadzono w wivarium Katedry Hodowli Trzody Chlewnej, Żywienia Zwierząt i Żywności Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie w warunkach sztucznego oświetlenia (w cyklu 12 h/12 h), w temperaturze $22 \pm 3^\circ\text{C}$, przy wilgotności względnej powietrza 55–60%.

W doświadczeniu wykorzystano 40 młodych samców szczurów Wistar wyhodowanych w standardzie higienicznym SPF (ang. Specific Pathogen Free) na Uniwersytecie Medycznym w Białymstoku. Rozdzielono je losowo na pięć grup – po osiem osobników w każdej grupie i rozpoczęto doświadczenie wzrostowe (AOAC, 2000) trwające 28 dni (poprzedzone 3-dniowym okresem adaptacyjnym). Bilans azotu określono metodą Thomasa-Mitchella (Eggum, 1973).

Zgodnie z metodyką badań szczury poszczególnych grup otrzymywały mieszankę półsyntetyczną, w której jedynym źródłem białka (10% w s.m.):

- w I grupie doświadczalnej był owies nagi odmiany wzorcowej ‘Polar’,
- w II grupie doświadczalnej był owies nagi z genem karłowatości *Dw6* (ród STH 7205),
- w III grupie doświadczalnej był owies oplewiony odmiany wzorcowej ‘Krezus’,

– w IV grupie doświadczalnej był owies oplewiony z genem karłowatości *Dw6* (ród *STH 6106*),

– w V grupie (kontrolnej) była standardowa mieszanka kazeinowa (wzorcowe białko).

W celu zmniejszenia liczby zwierząt wprowadzanych do doświadczenia i wyeliminowania żywienia dietą bezbiałkową, potrzebną do obliczeń ilość azotu metabolicznego kału i endogennego moczu wyliczono z równania regresji (Kłobukowski i in., 1992/1993).

Każda mieszanka (I, II, III, IV) doświadczalna zawierała 10% białka badanego owsa, 3,5% mieszanki mineralnej, 1% mieszanki witaminowej, co określono wg Reevesa (1993), oraz 8% tłuszczu. W celu osiągnięcia wymaganej koncentracji tłuszczu dodano do mieszanek olej sojowy. Dodatkowo uzupełniono je skrobią kukurydzianą. W grupie kontrolnej (V) 10% białka pochodziło z kazeiny spożywczej.

Zwierzęta utrzymywane były pojedynczo w klatkach metabolicznych, umożliwiającym indywidualne karmienie, dzięki czemu możliwa była też indywidualna kontrola spożycia mieszanek doświadczalnych przez szczury, a przy zastosowaniu metody bilansowej możliwy był również zbiór moczu oraz kału od każdego osobnika oddzielnie. Podczas doświadczenia szczury miały stały i nieograniczony dostęp do wody.

Przed rozpoczęciem doświadczenia, jak również przed rozpoczęciem okresu właściwego i każdorazowo po 7 dniach eksperymentu prowadzona była kontrola masy ciała zwierząt (z dokładnością do 0,1 g) oraz ilościowa kontrola pobrania mieszanki doświadczalnej, określana z różnicy ilości podanej paszy i zebranych ewentualnych niewyjadów.

Eksperyment biologiczny pozwolił na ustalenie współczynników wydajności wzrostowej PER, wyliczonych na podstawie przyrostu masy ciała zwierząt i pobrania białka.

Materiał biologiczny (mieszanki doświadczalne, kał i mocz), niezbędny do oznaczenia wartości biologicznej białka BV metodą Thomasa-Mitchella, jak również strawności rzeczywistej białka TD, zebrano w trakcie realizacji testu wzrostowego w drugim tygodniu badań.

4.4. Ocena wskaźników lipidowych krwi

Po zakończeniu eksperymentu (14 godzin po ostatnim karmieniu) zwierzęta uśpiono anestetykiem Ketanest, podanym domięśniowo, i pobrano krew z serca do analizy chemicznej. Próbkę analizowano w Zakładzie Diagnostyki Laboratoryjnej w Szczecinie. Próbkę krwi, po utworzeniu skrzepu, wirowano (4000 g, 10 min) w celu uzyskania surowicy. W uzyskanej surowicy oznaczono składniki profilu lipidowego: cholesterol całkowity (TCH) oraz jego frakcje: lipoproteiny o dużej gęstości (HDL), o niskiej gęstości (LDL) i triglicerydy (TG), metodą enzymatyczną, na analizatorze COBAS Integra (firmy Roche).

4.5. Analiza statystyczna wyników

Każdą analizę chemiczną wykonano dwukrotnie; w tabelach przedstawiono wartości średnie wraz z odchyleniem standardowym.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej z zastosowaniem metody analizy wariancji. W przypadku stwierdzenia istotnych różnic szczegółowo porównywano średnie według testu Duncana. W celu porównania odmian nagoziarnistych z oplewionymi oraz form krótkosłomych z tradycyjnymi, pod względem poszczególnych cech, zastosowano technikę kontrastów wielowymiarowych, traktując w analizie lata badań jako zmienne. Jako kryterium istotności użyto śladu Pillaia. Obliczenia wykonano w programie Statistica PL 8.0.

5. Wyniki i dyskusja

5.1. Skład chemiczny ziarna owsa

Podstawowy skład chemiczny (średnie z czterech lat zbioru) ziarna ocenianych form owsa podano w tab. 1, 2, 3 i 4.

Tabela 1. Zawartość podstawowych składników chemicznych ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa nagiego i oplewionego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Forma owsa		Istotność różnic
	nagoziarnista ¹⁾	oplewiona ²⁾	
Sucha masa ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	906±8,29	910±7,98	*
Białko ogólne	162,5±25,89	130,5±18,61	**
Ekstrakt eterowy	80,0±7,27	50,5±7,58	**
Włókno surowe	31,2±6,55	108,5±19,29	**
Popiół surowy	21,5±2,44	26,0±3,07	**
BAW	732,9±43,18	740,7±68,96	ns.

¹⁾ Odmiana 'Polar', rody: STH 1691, STH 7505, STH 901, STH 6266, STH 6283, STH 6295, STH 7205, STH 7202, STH 7206.

²⁾ Odmiany: 'Krezus', 'Bingo', 'Bohun', 'Breton', 'Chimene', rody: STH 7005, STH 7105, STH 684, STH 735, STH 686, STH 114, STH 132, STH 5244, STH 6025, STH 6106, STH 7007, STH 6108.

** $p \leq 0,01$, * $p \leq 0,05$, ns. – nieistotne statystycznie różnice.

Ziarno owsa nagiego z powodu braku łuski różni się istotnie zawartością składników pokarmowych od owsa oplewionego (tab. 1). Największe różnice (przy $p \leq 0,01$) wystąpiły w zawartości włókna surowego, którego w ziarnie oplewionym było $108,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m., natomiast w ziarnie owsa nagiego – ponad 3-krotnie mniej ($31,2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.). Zmniejszenie ilości włókna jest bardzo korzystne w żywieniu zwierząt monogastrycznych, ponieważ składnik ten zmniejsza strawność i wykorzystanie pozostałych składników pokarmowych paszy. Spowodowane jest to przesunięciem procesu trawienia składników pokarmowych z jelita cienkiego do jelita grubego. Wykazano, że włókno zmniejsza strawność pozorną oraz jelitową aminokwasów, zwłaszcza lizyny (Dilger i in., 2004). Zwiększona zawartość włókna w dawce pokarmowej ma negatywny wpływ również na wykorzystanie energii metabolicznej EM ze względu na mniejsze wykorzystanie energii z lotnych kwasów tłuszczowych LKT wchłoniętych z jelita grubego niż ze składników odżywczych (Noblet i Henry, 1993). Zawartość włókna surowego w ziarnie owsa nagiego jest porównywalna do jego zawartości w ziarnie pszenicy, jęczmienia czy kukurydzy (Tamime i in., 1997; Fabijańska i in., 2003). Stwarza to możliwość zwiększenia jego zawartości do zawartości w wyżej wymienionych podstawowych zbożach stosowanych w mieszankach paszowych dla zwierząt monogastrycznych. Ziarno owsa odmian oplewionych, ze względu na dużą zawartość włókna surowego, jest stosowane w żywieniu trzody chlewnej i drobiu w niewielkich ilościach, natomiast większy udział w dawce wymaga dodatku odpowiednich enzymów (Welch i in., 1983; Svihus i Gullord, 2002).

Owies nagoziarnisty charakteryzował się istotnie (przy $p \leq 0,01$) większą zawartością białka ogólnego niż oplewiony (odpowiednio 163 i 131 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.). Uzyskane wyniki po-

twierdząc wyniki badań innych autorów (Maurice i in., 1985; Givens i Brunnen, 1987; Brand i Merwe, 1996). Brand i in. (2003) w ziarnie owsa, rosnącego w Afryce Południowej, stwierdzili średnio $144 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ białka ogólnego w przypadku odmian oplewionych i $159 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ w przypadku odmiany nagoziarnistej 'Bandicoot'. Dla porównania: zawartość tego składnika pokarmowego w ziarnie pszenicy wynosi 130, a w ziarnie jęczmienia – $107 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. (Svihus i Gullord, 2002). Ziarno zbóż jest głównie paszą energetyczną, ale jest również ważnym źródłem białka w żywieniu zwierząt, jednak brakuje w nim niektórych aminokwasów egzogennych (zwłaszcza lizyny) potrzebnych zwierzętom monogastrycznym.

W formach nagoziarnistych owsa jest o $30,5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. więcej ekstraktu eterowego, (przy $p \leq 0,01$) niż w ziarnie oplewionym. Ziarno zarówno form nagich, jak i oplewionych zawiera więcej tłuszczu niż ziarno innych zbóż, jednak bogatszym źródłem tego składnika jest owies nagoziarnisty.

Dane zawarte w tab. 2 wskazują, że ziarno owsa form tradycyjnych zawiera więcej (przy $p \leq 0,05$) białka ogólnego w 1 kg s.m., natomiast jest uboższe (przy $p \leq 0,05$) w ekstrakt eterowy i związki bezazotowe wyciągowe niż ziarno form krótkosłomych. Tobiasz-Salach i in. (2011) stwierdzili również, że genetyczne skrócenie słomy owsa wpłynęło istotnie na zwiększenie zawartości ekstraktu eterowego w ziarnie. Należy podkreślić, że różnice w zawartości składników pokarmowych pomiędzy obiema ww. formami są znacznie mniejsze niż pomiędzy formami nagoziarnistymi i oplewionymi.

Tabela 2. Zawartość podstawowych składników chemicznych ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa tradycyjnego i krótkosłomego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Forma owsa		Istotność różnic
	tradycyjna ¹⁾	krótkosłoma ²⁾	
Sucha masa ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	$907 \pm 8,55$	$909 \pm 8,10$	ns.
Białko ogólne	$146,8 \pm 29,87$	$143,0 \pm 26,02$	*
Ekstrakt eterowy	$61,8 \pm 18,65$	$63,4 \pm 15,57$	*
Włókno surowe	$76,9 \pm 40,26$	$75,6 \pm 42,02$	ns.
Popiół surowy	$24,3 \pm 2,94$	$24,0 \pm 3,88$	ns.
BAW	$722,4 \pm 51,19$	$745,4 \pm 61,26$	*

¹⁾ Odmiany: 'Polar', 'Krezus', 'Bingo', 'Bohun', 'Breton', 'Chimene'.

²⁾ Z genem karłowatości *Dw6* – rody: STH 1691, STH 7505, STH 901, STH 6266, STH 6283, STH 6295, STH 7205, STH 7202, STH 7206, STH 7005, STH 7105, STH 684, STH 735, STH 686, STH 114, STH 132, STH 5244, STH 6025, STH 6106, STH 7007, STH 6108.

Pozostałe objaśnienia zob. tab. 1.

Porównując dane przedstawione w tab. 3, należy stwierdzić, że skrócenie słomy formy nagoziarnistej w wyniku wprowadzenia genu karłowatości *Dw6* wpłynęło korzystnie na zawartość w ziarnie białka ogólnego, ekstraktu eterowego i włókna surowego (przy $p \leq 0,01$) oraz BAW (przy $p \leq 0,05$).

Wprowadzenie genu karłowatości *Dw6* do formy oplewionej wpłynęło również korzystnie na zawartość podstawowych składników pokarmowych (tab. 4). Ziarno rodów krótkosłomych charakteryzowało się większą ilością białka ogólnego i włókna surowego (przy $p \leq 0,01$), a także ekstraktu eterowego i BAW (przy $p \leq 0,05$).

Tabela 3. Zawartość podstawowych składników chemicznych ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa nagiego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Wzorzec	Rody krótkosłome	Istotność różnic
Sucha masa ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	906±8,1	906±9,4	ns.
Białko ogólne	160,0±26,1	170,2±25,3	**
Ekstrakt eterowy	78,7±7,38	84,0±5,7	**
Włókno surowe	32,0±6,6	29,0±6,2	**
Popiół surowy	21,2±2,6	22,2±1,8	ns.
BAW	741,1±43,2	726,3±44,1	*

Objaśnienia zob. tab. 1.

Tabela 4. Zawartość podstawowych składników chemicznych ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa oplewionego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Wzorzec	Rody krótkosłome	Istotność różnic
Sucha masa ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	907±9,2	911±7,3	ns.
Białko ogólne	127,7±18,9	132,3±18,6	**
Ekstrakt eterowy	46,4±5,4	51,5±7,7	*
Włókno surowe	115,8±8,9	109,1±21,5	**
Popiół surowy	24,9±2,71	26,5±3,02	ns.
BAW	733,9±70,2	750,1±73,1	*

Objaśnienia zob. tab. 1.

Ziarno owsa nagoziarnistego, zawierające istotnie mniej włókna surowego, charakteryzuje się znacznie korzystniejszym jego składem niż ziarno form oplewionych (tab. 5). Zawartość ligniny ADL, która najbardziej zmniejsza strawność składników pokarmowych i wartość odżywczą pasz, w owsie nagoziarnistym jest około 4-krotnie mniejsza (przy $p \leq 0,01$) niż w owsie oplewionym. Podobne różnice występują w ilości włókna neutralno-detergentowego NDF, kwaśno-detergentowego ADF oraz celulozy, natomiast różnice w ilości hemicelulozy są dwukrotnie mniejsze.

Tabela 5. Zawartość frakcji włókna ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa nagiego i oplewionego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Forma owsa	
	nagoziarnista	oplewiona
NDF	135,2±63,58	325,3±62,98
ADF	43,3±20,98	155,6±25,88
ADL	6,5±4,61	24,6±5,19
Celuloza	36,8±21,31	131,0±25,30
Hemiceluloza	91,9±45,46	169,8±40,52
β -glukany	41,4±4,01	30,6±3,77

W żadnym przypadku nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic.

Objaśnienia zob. tab. 1.

Zawartość pozostałych frakcji, z wyjątkiem β -glukanów, jest również istotnie mniejsza (przy $p \leq 0,01$) w ziarnie owsa nagiego niż oplewionego, co potwierdzają badania Branda i in. (2003). W niniejszych badaniach zawartość β -glukanów w owsie form nagoziarnistych

była o ok. 26% większa (przy $p \leq 0,01$) niż w owsie form oplewionych. Większą zawartość β -glukanów w owsie nagoziarnistym, niż w oplewionym, podają również Shewry i in. (2008).

Koncentracja β -glukanów w ziarnie owsa nagiego w prezentowanych badaniach była większa niż w ziarnie innych gatunków zbóż (Fabijańska i in., 2003). Na zawartość β -glukanów mają wpływ genotyp oraz czynniki środowiskowe, na co zwraca uwagę wielu autorów (Lim i in., 1992 b; Johansson i in., 2000).

Fracje włókna nie różnicowały w zasadniczy sposób form owsa o tradycyjnej długości słomy i owsa krótkosłomego z genem karłowatości *Dw6*, z wyjątkiem ligniny i hemicelulozy (tab. 6). Genetyczne skrócenie słomy wpłynęło na zmniejszenie ($p \leq 0,05$) zawartości ligniny i hemicelulozy w ziarnie (odpowiednio o 2,2 i 4,3 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.).

Tabela 6. Zawartość frakcji włókna ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa tradycyjnego i krótkosłomego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Forma owsa		Istotność różnic
	tradycyjna	krótkosłoma	
NDF	243,5±110,21	243,4±115,38	ns.
ADF	110,5±61,90	107,5±60,52	ns.
ADL	18,6±9,94	16,4±9,76	*
Celuloza	92±50,46	91±52,81	ns.
Hemiceluloza	140,2±51,10	135,9±59,68	*
β -glukany	34,6±7,02	35,3±6,49	ns.

Objaśnienia zob. tab. 2.

Analiza wybranych frakcji włókna (tab. 7) wskazuje, że genetyczne skrócenie słomy owsa nagoziarnistego wpłynęło nie tylko na zmniejszenie zawartości włókna surowego, ale również na istotne zmniejszenie (przy $p \leq 0,01$) większości jego frakcji (NDF, ADF, ligniny i celulozy). Nie miało natomiast istotnego wpływu na koncentrację węglowodanów nieskrobiowych (β -glukanów).

Tabela 7. Zawartość frakcji włókna ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa nagiego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Wzorzec	Rody krótkosłome	Istotność różnic
NDF	136,5±67,4	131,5±54,6	**
ADF	44,8±22,5	38,8±16,2	**
ADL	7,7±3,8	6,1±4,9	**
Celuloza	38,7±22,4	31,1±17,7	**
Hemiceluloza	92,7±42,5	91,7±47,3	ns.
β -glukany	41,0±4,3	42,9±2,7	ns.

Objaśnienia zob. tab. 1.

Wprowadzenie genu karłowatości *Dw6* do form oplewionych wywarło bardziej korzystny wpływ na skład włókna w ziarnie (tab. 8) niż wprowadzenie tego genu do form nagich.

Rody krótkosłome zawierały istotnie mniej (przy $p \leq 0,01$) wszystkich frakcji włókna, z wyjątkiem β -glukanów, których zawartość w rodach krótkosłomych wynosiła 31 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m. i była istotnie (przy $p \leq 0,05$) większa niż w przypadku odmiany wzorcowej.

Tabela 8. Zawartość frakcji włókna ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa oplewionego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Wzorzec	Rody krótkosłome	Istotność różnic
NDF	348,4±55,5	323,1±68,7	**
ADF	167,3±20,9	154,4±27,8	**
ADL	26,4±4,6	23,3±4,4	**
Celuloza	140,9±18,7	131,1±27,9	**
Hemiceluloza	181,1±36,4	168,7±44,8	**
β -glukany	28,7±2,6	30,9±4,1	*

Objaśnienia zob. tab. 1.

Należy podkreślić, że różnice w poszczególnych frakcjach włókna między odmianą wzorcową a rodami z wprowadzonym genem karłowatości były większe w przypadku form oplewionych niż nagoziarnistych, co jest szczególnie korzystne dla form oplewionych, których zastosowanie w żywieniu zwierząt ogranicza wysoka zawartość trudnostrawnego włókna surowego.

Owies oplewiony, zawierający więcej (przy $p \leq 0,01$) popiołu surowego (zob. tab. 1), miał również więcej (przy $p \leq 0,01$) wapnia, natomiast był uboższy (przy $p \leq 0,01$) w fosfor, w porównaniu z owsem nagoziarnistym (tab. 9). Givens i in. (2004) stwierdzili podobną koncentrację tych składników w ziarnie owsa nagiego.

Tabela 9. Zawartość składników mineralnych ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa nagiego i oplewionego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Forma owsa		Istotność różnic
	nagoziarnisty	oplewiony	
Wapń	1,14±0,33	1,29±0,38	**
Potas	2,76±0,86	2,63±0,87	ns.
Fosfor	4,13±1,15	3,47±0,69	**
Sód	0,188±0,05	0,198±0,04	ns.
Ca : P	1 : 3,6	1 : 2,7	

Objaśnienia zob. tab. 1.

Zawartość poszczególnych makro- i mikroskładników w ziarnie zależna jest od wielu czynników, a przede wszystkim od zasobności gleby w podstawowe składniki pokarmowe, stosowanego nawożenia, zabiegów agrotechnicznych, warunków pogodowych w okresie wegetacji, a także od jej formy (oplewionej lub nagoziarnistej) i odmiany hodowlanej (Pisulewska i in., 1997; Gembarzewski, 2000).

Skrócenie słomy w wyniku wprowadzenia genu karłowatości *Dw6* nie wpłynęło w sposób istotny na zawartość analizowanych składników mineralnych w ziarnie (tab. 10).

W przypadku intensywnie żywionych zwierząt monogastrycznych, o dużych przyrostach masy ciała i tkanki kostnej, istotną rolę odgrywają nie tylko zawartość białka i energii w paszy, ale także ilość oraz dostępność składników mineralnych (Korniewicz i in., 2010).

Wprowadzenie genu karłowatości *Dw6* do obu form owsa (nagiej i oplewionej) zmniejszyło istotnie (przy $p \leq 0,01$) zawartość wapnia, natomiast zwiększyło w sposób istotny (przy $p \leq 0,01$) zawartość fosforu (tab. 11 i tab. 12).

Tabela 10. Zawartość składników mineralnych ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa tradycyjnego i krótkosłomego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Forma owsa	
	tradycyjna	krótkosłoma
Wapń	1,24±0,34	1,22±0,36
Potas	2,67±0,98	2,69±0,82
Fosfor	3,82±1,08	3,72±0,92
Sód	0,201±0,04	0,191±0,05
Ca : P	1 : 3	1 : 3

W żadnym przypadku nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic.
Objaśnienia zob. tab. 2.

Tabela 11. Zawartość składników mineralnych ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa nagiego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Wzorzec	Rody krótkosłome	Istotność różnic
Wapń	1,21±0,3	0,95±0,3	**
Potas	2,78±0,9	2,72±0,8	ns.
Fosfor	4,07±1,1	4,31±1,3	**
Sód	0,198±0,05	0,189±0,04	ns.
Ca : P	1 : 3,4	1 : 4,5	

Objaśnienia zob. tab. 1.

Tabela 12. Zawartość składników mineralnych ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa oplewionego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Wzorzec	Rody krótkosłome	Istotność różnic
Wapń	1,30±0,3	1,25±0,4	**
Potas	3,08±1,2	2,62±0,8	*
Fosfor	3,32±0,8	3,54±0,7	**
Sód	0,190±0,04	0,198±0,04	ns.
Ca : P	1 : 2,6	1 : 2,8	

Objaśnienia zob. tab. 1.

W ocenie pasz ważna jest także właściwa proporcja między składnikami mineralnymi, szczególnie wapnia i fosforu ze względu na ścisłą zależność między wapniem a fosforem w metabolizmie przemian kostnych. Za optymalny stosunek jonowy w roślinach przeznaczonych na paszę uznaje się stosunek Ca : P = 1,5–2 : 1. Niska zawartość wapnia w ziarnie owsa wszystkich ocenianych form, przy znacznie większej ilości fosforu, wpływała na stosunek Ca : P, który odbiegał od optymalnego i wahał się od 1 : 2,6 w przypadku wzorca owsa oplewionego do 1 : 4,56 w przypadku krótkosłomych rodów nagoziarnistych. W związku z powyższym mieszanki z dużym udziałem ziarna owsa wymagają wyrównania zawartości tego deficytowego pierwiastka.

Profil kwasów tłuszczowych badanych odmian i rodów owsa przedstawiono w tab. 13–16. Porównanie zawartości kwasów tłuszczowych w ziarnie form podanych w tab. 13 wskazuje, że owies nagi, zawierający istotnie więcej tłuszczu surowego (zob. tab. 1), charakteryzuje się jego korzystniejszym składem, co potwierdzają wyniki innych badań (Friend i in., 1988; Zhou i in., 1998; Heikki i in., 2007).

Tabela 13. Profil kwasów tłuszczowych (procent w sumie kwasów tłuszczowych) w ziarnie owsa nagiego i oplewionego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Forma owsa		Istotność różnic
	nagoziarnista	oplewiona	
C14 : 0 (kwas mirystynowy)	0,28±0,06	0,37±0,07	**
C16 : 0 (kwas palmitynowy)	16,78±1,10	19,49±2,37	**
C18 : 0 (kwas stearynowy)	1,86±0,24	1,75±0,43	ns.
C20 : 0 (kwas arachidowy)	0,16±0,05	0,20±0,07	*
C16 : 1 (kwas palmitooleinowy)	0,16±0,02	0,23±0,07	**
C18 : 1 (kwas oleinowy)	41,44±1,57	38,65±3,35	**
C20 : 1 (kwas eikozenowy)	0,70±0,18	0,84±0,23	*
C22 : 1 (kwas erukowy)	0,32±0,12	0,42±0,17	ns.
C18 : 2 (kwas linolowy)	36,32±1,59	35,67±4,31	ns.
C18 : 3 (kwas linolenowy)	1,08±0,16	1,23±0,37	ns.
Pozostałe kwasy	0,90±0,32	1,15±0,58	ns.
SFA	19,25±1,27	22,05±2,54	**
UFA	80,07±1,22	77,06±2,72	**
MUFA	42,68±1,58	40,13±3,34	**
PUFA	37,41±1,69	36,92±4,63	ns.
DFA	81,95±1,18	78,81±2,65	**
OFA	17,06±1,12	19,86±2,41	**

Objaśnienia zob. tab. 1.

Zawartość sumaryczna SFA oraz większości poszczególnych nasyconych kwasów tłuszczowych w ziarnie owsa nagoziarnistego była istotnie mniejsza (przy $p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$), natomiast zawartość kwasów nienasyconych UFA, w tym jednonienasyconych MUFA, była istotnie większa (przy $p \leq 0,01$) niż w ziarnie owsa oplewionego. Zawartość UFA stanowi ponad 80% składu tłuszczu, w którym przeważają kwasy MUFA, zwłaszcza kwas oleinowy, zaś kwasów wielonienasyconych PUFA jest mniej. Potwierdzają to również inne badania (Zhou i in., 1998, 1999).

Na uwagę zasługuje również większa zawartość (przy $p \leq 0,01$) kwasów hipocholesterolemicznych DFA, natomiast mniejsza (przy $p \leq 0,01$) kwasów hipercholesterolemicznych OFA w ziarnie owsa nagiego, w porównaniu z ziarnem owsa oplewionego. Jednym z podstawowych kwasów tłuszczowych występujących w ziarnie owsa jest kwas oleinowy, który jest dodatnio skorelowany z całkowitą zawartością tłuszczu (Thro i in., 1983). W tłuszczu ziarna obu form owsa (nagiego i oplewionego) dominowały kwasy oleinowy i linolowy. Podobną zawartość tych kwasów oraz i ich wzajemną ujemną korelację stwierdzili Pisulewska i in. (2011).

Wprowadzenie do genomu owsa genu karłowatości nie miało istotnego wpływu na profil kwasów tłuszczowych (tab. 14). Zawartość poszczególnych kwasów tłuszczowych w tłuszczu owsa tradycyjnego i krótkosłomego była zbliżona.

Profil kwasów tłuszczowych w rodach z wprowadzonym genem karłowatości *Dw6* oraz w przypadku odmian wzorcowych dla form nagich i oplewionych podano w tab. 15 i tab. 16.

Suma poszczególnych kwasów tłuszczowych (SFA, UFA, MUFA, PUFA, DFA i OFA) w ziarnie owsa rodów krótkosłomych nagoziarnistych (tab. 15) oraz rodów oplewionych (tab. 16) była zbliżona do odpowiednich wzorców. Wskazuje to na brak wpływu wprowadzonego genu karłowatości na te składniki w ziarnie owsa.

Tabela 14. Profil kwasów tłuszczowych (procent w sumie kwasów tłuszczowych) w ziarnie owsa tradycyjnego i krótkosłomego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Forma owsa	
	tradycyjna	krótkosłoma
C14 : 0 (kwas mirystynowy)	0,31±0,06	0,34±0,08
C16 : 0 (kwas palmitynowy)	18,78±2,20	18,17±2,42
C18 : 0 (kwas stearynowy)	1,74±0,38	1,82±0,36
C20 : 0 (kwas arachidowy)	0,16±0,03	0,20±0,07
C16 : 1 (kwas palmitooleinowy)	0,20±0,07	0,20±0,06
C18 : 1 (kwas oleinowy)	40,29±3,21	39,63±3,03
C20 : 1 (kwas eikozenowy)	0,68±0,32	0,82±0,15
C22 : 1 (kwas erukowy)	0,36±0,20	0,39±0,15
C18 : 2 (kwas linolowy)	35,37±3,31	36,17±3,49
C18 : 3 (kwas linolenowy)	1,13±0,37	1,18±0,29
Pozostałe kwasy	0,98±0,65	1,08±0,45
SFA	21,21±2,31	20,73±2,61
UFA	77,99±2,63	78,46±2,71
MUFA	41,47±3,19	41,09±2,97
PUFA	36,54±3,69	37,37±3,69
DFA	79,76±2,56	80,28±2,72
OFA	19,10±2,24	18,51±2,48

Objaśnienia zob. tab. 2.

W żadnym przypadku nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic.

Tabela 15. Profil kwasów tłuszczowych (procent w sumie kwasów tłuszczowych) w ziarnie owsa nagiego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Wzorzec	Rody krótkosłome
SFA	19,35±1,37	18,95±0,97
UFA	79,95±1,27	80,52±1,02
MUFA	42,39±1,48	43,53±1,77
PUFA	37,00±1,92	37,55±1,67
DFA	81,83±1,25	82,31±0,97
OFA	16,51±0,54	16,86±0,88

W żadnym przypadku nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic.

Tabela 16. Profil kwasów tłuszczowych (procent w sumie kwasów tłuszczowych) w ziarnie owsa oplewionego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Wzorzec	Rody krótkosłome
SFA	22,06±2,31	21,84±2,86
UFA	76,89±2,58	77,28±3,00
MUFA	38,89±3,29	40,05±3,47
PUFA	37,22±4,80	38,01±4,63
DFA	78,50±2,44	79,04±2,97
OFA	20,01±2,25	19,62±2,71

W żadnym przypadku nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic.

Należy podkreślić, że ziarno wszystkich form owsa, ocenianych w niniejszych badaniach, jest bogatym źródłem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych, których zawartość

wynosi około 37%. Stwarza to duże możliwości wykorzystania ziarna owsa i jego produktów w celach prozdrowotnych, co potwierdzają Aro i in. (2007). Spożycie 100 g płatków owsianych pozwala na pokrycie około 30% dziennego zapotrzebowania człowieka na kwas linolowy. Oprócz roli strukturalnej wielonienasycone kwasy tłuszczowe odgrywają ważną rolę w wielu przemianach biochemicznych organizmu oraz biorą udział w regulacji czynności fizjologicznych. Olej owsiany jest bardzo dobrze przyswajany i całkowicie wykorzystywany przez organizm człowieka (Bartnikowska i in., 2000).

Na podstawie przeprowadzonych badań trudno jest jednoznacznie określić wpływ skrócenia słomy owsa w wyniku wprowadzenia genu karłowatości *Dw6* na cechy jakościowe ziarna. W prezentowanych badaniach pojawiła się tendencja do polepszania właściwości włókna (NDF, ADF, celuloza i hemiceluloza) oraz zwiększania zawartości ekstraktu eterowego u form krótkosłomych. Natomiast wydaje się, że w przypadku pozostałych badanych cech decydujące znaczenie miał genotyp poszczególnych odmian lub rodów. Podobnie niejednoznaczne wyniki uzyskali Kibite i Clayton (2000), testując siedem par bliskich izolinii karłowatych i wysokich. Stwierdzili oni niekorzystny wpływ genu *Dw6* na zawartość tłuszczu; zawartość białka była uzależniona od tła genetycznego, a nie od genu karłowatości.

5.2. Wartość odżywcza białka

Jak podają Maciejewicz-Ryś i Sokół (1999), wartość odżywcza białka owsa jest najwyższa wśród zbóż, charakteryzuje się bowiem dużą zawartością lizyny i metioniny oraz małą zawartością prolamin. Pomimo względnie wysokiej jakości białka owsa jej ocena wymaga weryfikacji. Jakość białka owsa nie jest ujemnie skorelowana z jego zawartością w ziarnie (Bartnikowska i in., 2000).

Zawartość aminokwasów w białku ziarna owsa form nagich i oplewionych podano w tab. 17, natomiast wyliczone na ich podstawie wskaźniki jakości białka – w tab. 18. Koncentracja większości aminokwasów, zwłaszcza egzogennych, w białku ziarna nagiego była istotnie większa (przy $p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$) niż w białku ziarna oplewionego. Zawartość lizyny w ziarnie owsa nagiego wyniosła $3,6 \text{ g} \cdot 16 \text{ gN}^{-1}$, a w ziarnie owsa oplewionego – $3,3 \text{ g} \cdot 16 \text{ gN}^{-1}$ (przy $p \leq 0,01$). Ziarna zbóż, w tym owsa, są doskonałym źródłem aminokwasów siarkowych (Pettersson i in., 1996; Givens i in., 2004). W badaniach własnych zawartość aminokwasów siarkowych była istotnie większa (przy $p \leq 0,01$) w białku ziarna owsa nagiego niż w białku ziarna owsa oplewionego (odpowiednio $3,98$ i $3,40 \text{ g} \cdot 16 \text{ gN}^{-1}$). Ziarno owsa nagiego może być zatem doskonałym uzupełnieniem roślin strączkowych, w przypadku których jakość białka ograniczają metionina z cystyną (Hossain i Becker, 2001; Sujak i in., 2006). Fabijańska i in. (2003) oraz Shewry i in. (2008) podają, że zawartość lizyny w białku ziarna owsa nagoziarnistego jest większa niż w białku ziarna owsa oplewionego oraz białku ziarna innych zbóż, takich jak: pszenica, kukurydza, jęczmień czy ryż. W innych badaniach (Barneveld i in., 1998; Kosieradzka i Fabijańska, 2001) wykazano również, że koncentracja niemal każdego aminokwasu egzogennego w białku ziarna owsa nagiego jest wyższa niż w białku ziarna

pszenicy czy jęczmienia, który stosowany jest bez ograniczeń w żywieniu świń wrażliwych na jakość białka.

Tabela 17. Zawartość aminokwasów ($\text{g} \cdot 16 \text{ gN}^{-1}$) w ziarnie owsa nagiego i oplewionego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Forma owsa		Istotność różnic
	nagoziarnista	oplewiona	
Lys	3,59±0,23	3,29±0,22	**
Met+Cys	3,98±0,41	3,40±0,79	**
Met	1,59±0,16	1,33±0,30	**
Thr	3,17±0,48	3,06±0,23	*
Ile	3,19±0,31	2,78±0,20	**
Trp	1,18±0,17	1,16±0,27	*
Val	4,64±0,32	4,28±0,34	*
Leu	7,29±0,46	6,79±0,78	**
His	2,46±0,47	2,11±0,40	*
Phe+Tyr	7,77±0,93	6,71±0,76	**
Phe	4,93±0,39	4,24±0,18	**
Arg	7,34±0,45	7,04±0,63	*
Asp	8,49±0,70	8,73±1,10	ns.
Ser	4,69±0,39	4,50±0,45	ns.
Glu	23,88±2,01	22,79±2,25	*
Pro	4,63±0,29	4,34±0,58	*
Gly	4,92±0,28	4,76±0,30	*
Ala	4,66±0,35	4,38±0,36	ns.
Suma AA	95,87±3,56	90,07±4,99	**

Objaśnienia zob. tab. 1.

Proporcje poszczególnych aminokwasów egzogennych w białku ziarna owsa nagiego są porównywalne z ich udziałem w białku kukurydzy czy soi (Cave i Burrows, 1993). Zarkadas i in. (1995 b) stwierdzili, że suma wszystkich aminokwasów egzogennych w białku ziarna owsa nagoziarnistego była istotnie większa niż w białku ziarna owsa oplewionego, co potwierdzają również prezentowane badania (przy $p \leq 0,01$).

Odzwierciedleniem korzystniejszego składu aminokwasowego w ziarnie białka owsa nagoziarnistego jest lepsza jego wartość odżywcza, określona przez wskaźniki chemiczne, w porównaniu z ziarnem owsa form oplewionych (tab. 18).

Wartości wszystkich wskaźników jakości białka ziarna owsa nagiego, zarówno w odniesieniu do standardu dla człowieka (MH), jak i dla zwierząt (WE), były istotnie większe (przy $p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$) od odpowiednich wartości w przypadku ziarna oplewionego. Wskaźnik aminokwasów egzogennych Osera (EAAI), w odniesieniu do obu wzorców (88% według MH i 71% według WE), był istotnie wyższy (przy $p \leq 0,01$) dla białka ziarna owsa nagiego niż dla białka ziarna oplewionego. Jest to konsekwencją istotnie większej (przy $p \leq 0,01$) zawartości aminokwasów egzogennych (EAA) w białku ziarna owsa nagoziarnistego niż w białku ziarna owsa oplewionego (tab. 18). W porównaniu ze standardem dla człowieka (MH) i zwierząt (WE) lizyna okazała się najbardziej limitującym wskaźnikiem CS jakości białka obu form owsa (nagoziarnistego i oplewionego), jednak wartość tego wskaźnika

była istotnie korzystniejsza (przy $p \leq 0,01$) w przypadku białka ziarna nagiego. Badania innych autorów (Zarkadas i in., 1995 a, b; Petkov i in., 2001) również wykazały, że aminokwasem ograniczającym wartość odżywczą białka ziarna owsa jest lizyna. W przypadku zwierząt monogastrycznych lizyna jest pierwszym aminokwasem ograniczającym wykorzystanie białka wszystkich zbóż (Chaven i Kadam, 1989; Newman i Newman, 2008).

Tabela 18. Wskaźniki wartości odżywczej białka w ziarnie owsa nagiego i oplewionego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Forma owsa		Istotność różnic
	nagoziarnista	oplewiona	
EAA_{MH} ($g \cdot 16 gN^{-1}$)	34,80±1,99	31,43±2,21	**
Procent EAA_{MH}/AA	36,31±1,65	34,76±2,37	*
CS_{MH-Lys}	64,90±4,73	59,75±4,0	**
$EAAI_{MH}$	88,27±3,37	82,18±3,34	**
EAA_{WE} ($g \cdot 16 gN^{-1}$)	37,26±2,28	33,54±2,50	**
Procent EAA_{WE}/AA	38,87±1,98	37,09±2,64	*
CS_{WE-Lys}	51,14±3,39	46,95±3,14	**
$EAAI_{WE}$	70,69±4,87	64,67±4,59	**
PER_1	2,42±0,21	2,21±0,34	**
PER_2	2,54±0,22	2,35±0,43	*
PER_3	2,40±0,74	2,17±0,77	*

Objaśnienia zob. tab. 1.

Wartości wskaźników PER_1 , PER_2 , PER_3 , podanych w tab. 18, wskazują na dobrą jakość białka ziarna obu form owsa, jednak wartości tych wskaźników dla owsa nagoziarnistego (2,40–2,52) były istotnie (przy $p \leq 0,01$ i $p \leq 0,05$) większe niż dla owsa oplewionego (2,17–2,35). Friedman (1996) odnotował dla kazeiny (białka wzorcowego) wartość wskaźnika PER wynoszącą 2,5.

Skład aminokwasowy białka (tab. 19) wskazuje, że skrócenie słomy owsa w wyniku wprowadzenia genu karłowatości zwiększyło istotnie (przy $p \leq 0,01$) zawartość aminokwasów siarkowych (Met+Cys) w ziarnie. Wśród aminokwasów egzogennych stwierdzono również istotnie więcej (przy $p \leq 0,05$) aminokwasów aromatycznych (Phe+Tyr), natomiast mniej (przy $p \leq 0,05$) treoniny niż w białku ziarna owsa tradycyjnego. Mimo, że stwierdzono istotne różnice pomiędzy owsem nagoziarnistym a owsem oplewionym pod względem zawartości lizyny, różnice w zawartości tego aminokwasu pomiędzy formami tradycyjnymi a formami krótkosłomymi owsa nie były istotne (tab. 19). W białku ziarna owsa krótkosłomego, w porównaniu z tradycyjnym, mniej (przy $p \leq 0,05$) było aminokwasów endogennych, z wyjątkiem proliny i alaniny.

Wskaźniki jakości białka, wyliczone na podstawie jego składu aminokwasowego, nie różnicowały w sposób istotny jakości białka ziarna owsa tradycyjnego i krótkosłomego (tab. 20). Należy podkreślić, że wartości tych wskaźników w przypadku obu form owsa są stosunkowo duże i wskazują na dobrą jakość białka. Aminokwasem ograniczającym w białku ziarna obu form, podobnie jak w przypadku owsa nagoziarnistego i oplewionego, była lizyna.

Tabela 19. Zawartość aminokwasów ($\text{g} \cdot 16 \text{ gN}^{-1}$) w ziarnie owsa tradycyjnego i krótkosłomego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Forma owsa		Istotność różnic
	tradycyjna	krótkosłoma	
Lys	3,34±0,2	3,44±0,29	ns.
Met+Cys	3,43±0,77	3,84±0,54	**
Met	1,39±0,29	1,49±0,25	ns.
Thr	3,14±0,29	3,07±0,41	*
Ile	3,00±0,38	3,08±0,29	ns.
Trp	1,13±0,29	1,11±0,24	ns.
Val	4,52±0,41	4,53±0,33	ns.
Leu	6,97±0,62	6,99±0,70	ns.
His	2,23±0,43	2,25±0,45	ns.
Phe+Tyr	7,23±1,09	7,33±0,97	*
Phe	4,65±0,60	4,59±0,40	*
Arg	7,32±0,52	7,10±0,58	*
Asp	8,77±0,97	8,30±0,79	*
Ser	4,59±0,36	4,49±0,44	*
Glu	23,50±2,94	23,29±1,78	*
Pro	4,36±0,64	4,83±0,58	ns.
Gly	4,93±0,34	4,73±0,32	*
Ala	4,49±0,40	4,49±0,41	ns.
Suma AA	92,96±5,46	92,89±5,32	ns.

Objaśnienia zob. tab. 2.

Tabela 20. Wskaźniki wartości odżywczej białka w ziarnie owsa tradycyjnego i krótkosłomego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Forma owsa	
	tradycyjna	krótkosłoma
$EAA_{MH} (\text{g} \cdot 16 \text{ gN}^{-1})$	32,76±2,73	33,40±2,53
Procent EAA_{MH}/AA	35,26±2,33	35,95±1,60
CS_{MH-Lys}	60,69±3,64	62,26±5,48
$EAAI_{MH}$	84,76±4,90	85,66±4,24
$EAA_{WE} (\text{g} \cdot 16 \text{ gN}^{-1})$	34,99±2,98	35,65±2,91
Procent EAA_{WE}/AA	37,67±2,75	38,37±1,88
CS_{WE-Lys}	47,68±2,87	49,02±4,17
$EAAI_{WE}$	66,99±5,45	67,86±5,46
PER_1	2,29±0,27	2,28±0,32
PER_2	2,43±0,27	2,42±0,30
PER_3	2,26±0,78	2,17±0,80

W żadnym przypadku nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic.

Skrócenie słomy nie wpłynęło istotnie na wartości wskaźników PER . Uzyskane w prezentowanych badaniach wartości wskaźników PER_1 , PER_2 i PER_3 dla białka owsa krótkosłomego i tradycyjnego są większe od wartości dla białka innych roślin, m.in. sorga, ryżu oraz prosa, i są zbliżone do wartości uzyskanych w przypadku pszenicy (Padhye i Salunkhe, 1979; Oyarekua i Eleyinmi, 2004; Adeyeye, 2011).

Wskaźniki wartości odżywczej białka ziarna rodów krótkosłomych nagich, w porównaniu z ziarnem odmiany wzorcowej o tradycyjnej długości słomy, podano w tab. 21. Przed-

stawione dane wskazują, że w wyniku skrócenia słomy tej formy owsa zwiększyła się w ziarnie ilość lizyny ($0,12 \text{ g} \cdot 16 \text{ gN}^{-1}$, przy $p \leq 0,05$) oraz jakość białka oceniana na podstawie wskaźników PER_1 , PER_2 i PER_3 . Mimo zwiększenia zawartości lizyny aminokwas ten jest jednak najbardziej ograniczającym jakość białka zarówno w przypadku formy krótkosłomej, jak i tradycyjnej.

Tabela 21. Wskaźniki wartości odżywczej białka w ziarnie owsa nagiego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Wzorzec	Rody krótkosłome	Istotność różnic
Lys	3,50±0,19	3,62±0,24	*
Met+Cys	3,94±0,29	3,99±0,45	ns.
Met	1,58±0,17	1,59±0,17	ns.
Suma AA	95,70±5,11	95,92±3,09	ns.
EAA _{MH} ($\text{g} \cdot 16 \text{ gN}^{-1}$)	34,74±2,43	34,82±1,86	ns.
Procent EAA _{MH} /AA	36,34±2,45	36,30±1,35	ns.
CS _{MH-Lys}	63,72±3,42	64,92±5,11	ns.
EAAI _{MH}	88,10±3,75	88,77±1,76	ns.
EAA _{WE} ($\text{g} \cdot 16 \text{ gN}^{-1}$)	37,22 ±2,47	37,27±2,25	ns.
Procent EAA _{WE} /AA	38,96±2,88	38,84±1,63	ns.
CS _{WE-Lys}	50,07±2,71	50,96±3,77	ns.
EAAI _{WE}	70,58±5,58	71,03±4,23	ns.
PER ₁	2,39±0,18	2,51±0,31	**
PER ₂	2,50±0,19	2,66±0,27	*
PER ₃	2,23±0,69	2,89±0,66	**

Objaśnienia zob. tab. 1.

Natomiast uzyskanie krótszej słomy przez wprowadzenie genu *Dw6* u form oplewionych nie miało istotnego wpływu na koncentrację lizyny i aminokwasów siarkowych oraz na wartość odżywczą białka określoną na podstawie składu aminokwasowego (tab. 22).

Tabela 22. Wskaźniki wartości odżywczej białka w ziarnie owsa oplewionego (średnia z czterech lat)

Wyszczególnienie	Wzorzec	Rody krótkosłome
Lys	3,28±0,11	3,30±0,23
Met+Cys	3,41±0,78	3,51±0,61
Met	1,37±0,30	1,35±0,27
Suma AA	90,94±5,11	91,48±6,07
EAA _{MH} ($\text{g} \cdot 16 \text{ gN}^{-1}$)	31,86±2,23	32,06±2,12
Procent EAA _{MH} /AA	34,86±2,14	35,11±2,17
CS _{MH-Lys}	59,54±2,08	60,05±4,24
EAAI _{MH}	83,03±3,10	83,56±4,58
EAA _{WE} ($\text{g} \cdot 16 \text{ gN}^{-1}$)	33,97 ±2,48	34,24±2,36
% EAA _{WE} /AA	37,17±2,26	37,50±2,57
CS _{WE-Lys}	46,78±1,64	47,18±3,33
EAAI _{WE}	64,97±4,02	65,76±4,57
PER ₁	2,10±0,10	2,17±0,37
PER ₂	2,23±0,11	2,31±0,35
PER ₃	1,84±0,60	1,93±0,78

W żadnym przypadku nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic.

Aminokwasem limitującym obie formy oplewione (tradycyjną i krótkosłomą), podobnie jak w przypadku ww. form, jest lizyna. Należy podkreślić, że mniejszy niedobór tego aminokwasu odnotowano w białku ziarna owsa nagiego niż w białku ziarna owsa oplewionego.

5.3. Badania eksperymentalne na zwierzętach laboratoryjnych

5.3.1. Określenie wartości biologicznej białka

Badania eksperymentalne na szczurach laboratoryjnych, przeprowadzone dwiema metodami (wzrostową i bilansową), umożliwiły określenie szerszego zakresu wartości odżywczej białka ziarna owsa.

Uzyskane w doświadczeniu wzrostowym wartości współczynników wydajności wzrostowej *PER* analizowanych odmian i rodów owsa (tab. 23) wahały się od 2,38 do 2,45, przy czym nie były istotne. Wartość *PER* dla kazeiny (białka wzorcowego) była średnio o około 19% większa (przy $p \leq 0,01$) niż dla ziarna badanych odmian i rodów owsa. Określone w badaniach własnych wartości *PER* dla ziarna owsa były zbliżone do wartości *PER* uzyskanych przez Pedó i in. (1999) dla ziarna owsa tradycyjnych odmian brazylijskich, a także do wartości dla obłuszczonego ziarna owsa tradycyjnego (Hischke i in., 1968). W niniejszych badaniach wartość wskaźnika *PER* dla kazeiny wynosiła 2,98 i była większa od wartości uzyskanych przez innych autorów – 2,50 przez Kalra i Jood (1998) i 2,87 przez Elemo i in. (2011).

Wartości wskaźnika wydajności wzrostowej dla ziarna ocenianych odmian i rodów były znacznie większe od wartości tego wskaźnika uzyskanych w innych badaniach dla ziarna jęczmienia (Kalra i Jood, 1998) oraz pszenicy i pszenżyta (Lubowicki i in., 1997). Dla poekstrakcyjnej śrutu sojowej uzyskano wartość *PER* wynoszącą 2,60 (Sauer i in., 1982).

Tabela 23. Parametry uzyskane w eksperymencie wzrostowym

Źródło białka	Spożycie białka (g na szczura)	Przyrost masy ciała (g)	<i>PER</i>
'Polar', NT	38	93	2,45 ^B
STH 7205, NK	33	80	2,42 ^B
'Krezus', OT	33,8	81	2,40 ^B
STH 6106, OK	37	88	2,38 ^B
Kazeina	41	122	2,98 ^A

NT – nagoziarnista tradycyjna odmiana wzorcowca, NK – nagoziarnisty krótkosłomy ród z genem karłowatości *Dw6*, OT – oplewiona tradycyjna odmiana wzorcowca, OK – oplewiony krótkosłomy ród z genem karłowatości *Dw6*.

Różnice statystycznie istotne w kolumnie: A, B przy $p \leq 0,01$.

Wartości wskaźników jakości białka, określone w eksperymencie bilansowym, przedstawiono w tab. 24.

Retencja azotu u szczurów, którym podawano kazeinę, była istotnie większa (przy $p \leq 0,01$) niż u szczurów, którym podawana badane ziarno owsa. Retencja azotu oraz wartość biologiczna białka BV nie różnicowały istotnie badanych form owsa. Najniższą, aczkolwiek

statystycznie nieistotną, retencją azotu i wartością biologiczną charakteryzowało się białko ziarna owsa wzorcowej odmiany oplewionej 'Krezus'. Wartość odżywcza białka ocenianego ziarna owsa najbardziej ogranicza lizyna, jednak ilość tego aminokwasu w ziarnie oplewionym jest o około 10% mniejsza niż w ziarnie owsa nagiego (tab. XVII), co odzwierciedliło się w mniejszej (o około 10%) ilości azotu zatrzymanego w organizmie szczurów. Należy podkreślić, że ziarno wszystkich ocenianych form owsa charakteryzowało się wysoką wartością odżywcza, zbliżoną do wartości odżywczej kazeiny (BV = 80). Wartość biologiczna białka badanego owsa była bardzo zbliżona do BV jęczmienia, pszenicy i pszenżyta, określonej we wcześniejszych badaniach (Michalik i in., 2013).

Tabela 24. Wskaźniki wartości odżywczej białka ziarna owsa określone w eksperymencie bilansowym

Źródło białka	Retencja azotu (mg/24 h)	Wartość biologiczna	Strawność rzeczywista
'Polar', NT	147 ^B	79	86 ^b
STH 7205, NK	150 ^B	80	88 ^a
'Krezus', OT	133 ^B	76	83 ^c
STH 6106, OK	137 ^B	79	86 ^b
Kazeina	177 ^A	80	89 ^a

Objaśnienia zob. tab. 23.

Różnice statystycznie istotne w kolumnie: A, B – przy $p \leq 0,01$, a–c przy $p \leq 0,05$.

Strawność rzeczywista białka TD w przypadku ziarna ocenianych form owsa była zróżnicowana (tab. 24). Białko ziarna rodu STH 7205, reprezentującego formę nagoziarnistą krótkosłomą z wprowadzonym genem karłowatości, charakteryzowało się zbliżoną strawnością rzeczywistą (88%) do białka kazeiny (89%) i istotnie (przy $p \leq 0,05$) lepszą niż białko pozostałych form owsa. Natomiast najniższą strawność TD (przy $p \leq 0,05$) wśród ocenianych form owsa stwierdzono w przypadku białka ziarna owsa oplewionego wzorcowej odmiany 'Krezus' o tradycyjnej długości słomy. TD białka ziarna oplewionego krótkosłomowego (STH 6106) nie ustępuje strawności białka owsa tradycyjnej odmiany nagoziarnistej 'Polar', przyjętej jako wzorzec i jest większa ($p \leq 0,05$) niż tradycyjnej odmiany oplewionej 'Krezus'.

Porównanie odmian tradycyjnych wykazuje, że strawność rzeczywista białka odmiany nagoziarnistej była istotnie (przy $p \leq 0,05$) większa niż odmiany oplewionej. Podobną zależność stwierdzili Maciejewicz-Ryś i Sokół (1999). Większą strawność rzeczywistą białka stwierdzono w badaniach Egguma i Gullorda (1983) w przypadku owsa tradycyjnego odmian norweskich (90–93%), natomiast BV ziarna tych odmian (75–80%) była zbliżona do wartości uzyskanej dla tradycyjnych odmian ('Polar' i 'Krezus') ocenianych w niniejszych badaniach. TD białka tradycyjnej odmiany oplewionej 'Krezus' była zbliżona do TD białka jęczmienia i niższa białka pszenicy i pszenżyta. Ziarno pozostałych ocenianych form przewyższało pod tym względem ziarno jęczmienia i było zbliżone do ziarna pszenicy oraz pszenżyta (Michalik i in., 2013).

Porównanie danych przedstawionych w tab. 24 wskazuje, że wprowadzenie genu karłowatości *Dw6* do genomu owsa nagoziarnistego (STH 7205) miało korzystniejszy (przy $p \leq 0,05$) wpływ na strawność rzeczywistą białka oraz retencję azotu (aczkolwiek różnice nie były statystycznie istotne) niż wprowadzenie tego genu do ziarna owsa oplewionego (STH 6106).

Istotnie większa (przy $p \leq 0,05$) TD białka odmiany nagoziarnistej 'Polar', niż oplewionej odmiany 'Krezus', a także rodu STH 7205 (nagoziarnistego) i rodu STH 6106 (oplewionego), w porównaniu z odpowiednimi wzorcami, wynika prawdopodobnie z mniejszej ilości włókna i jego korzystniejszego składu u odmiany 'Polar' oraz w przypadku rodów z genem karłowatości (tab. VII i tab. VIII). Potwierdzają to badania Mongeau i in. (1989), którzy stwierdzili ujemną zależność (przy $p \leq 0,01$) między zawartością włókna pokarmowego a strawnością rzeczywistą białka w badaniach na szczurach. Wzrost zawartości włókna w paszy zwiększa w sposób liniowy straty azotu endogenne (Yin i in., 2000).

5.3.2. Zawartość substancji lipidowych w surowicy

Wyniki podane w tab. 25 wykazują, że owies nagoziarnisty, stosowany w żywieniu zwierząt laboratoryjnych, miał istotnie (przy $p \leq 0,05$) korzystniejszy wpływ na gospodarkę lipidową krwi niż owies oplewiony.

Tabela 25. Zawartość cholesterolu całkowitego TCH, frakcji HDL, LDL oraz triglicerydów TGC w surowicy szczurów ($\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$)

Wyszczególnienie	TCH	HDL	LDL	TGC
'Polar', NT	1,57±0,04 ^a	1,33±0,14 ^a	0,15±0,03 ^{ab}	1,60±0,19
STH 7205, NK	1,57±0,01 ^a	1,28±0,19 ^a	0,12±0,03 ^a	1,63±0,04
'Krezus', OT	1,76±0,14 ^b	0,85±0,04 ^b	0,21±0,05 ^b	1,71±0,17
STH 6106, OK	1,65±0,16 ^{ab}	1,14±0,12 ^b	0,20±0,09 ^b	1,76±0,42
Kazeina (kontrolna)	2,32±0,17 ^c	1,94±0,13 ^c	0,20±0,02 ^b	1,64±0,21

Objaśnienia zob. tab. 23.

Różnice statystycznie istotne w kolumnie: a-c przy $p \leq 0,05$.

U szczurów otrzymujących owies nagoziarnisty (odmiany 'Polar' i rodu STH 7205) stwierdzono mniejszą (przy $p \leq 0,05$) zawartość cholesterolu całkowitego TCH i jego frakcji LDL, natomiast większą zawartość (przy $p \leq 0,05$) frakcji HDL w surowicy niż u szczurów otrzymujących owies oplewiony, zwłaszcza w grupie żywionej odmianą tradycyjną 'Krezus'. Stężenie triglicerydów TGC w surowicy było również mniejsze u szczurów otrzymujących owies nagoziarnisty niż u szczurów otrzymujących owies oplewiony, jednak różnice były statystycznie nieistotne. Porównanie wyników badań dotyczących owsa krótkosłomego wykazuje, że wprowadzenie genu karłowatości do ziarna owsa nagoziarnistego (STH 7205) miało znacznie korzystniejszy wpływ na gospodarkę lipidową krwi szczurów niż wprowadzenie tego genu do ziarna owsa oplewionego (STH 6106).

U zwierząt ze wszystkich grup doświadczalnych (otrzymujących ziarno owsa) odnotowano istotnie (przy $p \leq 0,05$) mniejsze stężenie cholesterolu całkowitego w surowicy niż u zwierząt z grupy kontrolnej (kazeinowej). W innych badaniach (Brown i in., 1999; Bartnikowska i in., 2000) stwierdzono również, że włączenie owsa do diety zmniejsza stężenie cholesterolu całkowitego u zwierząt doświadczalnych, jak również u ludzi z zaburzeniami gospodarki lipidowej.

Obserwowany w prezentowanych badaniach silniejszy efekt hipocholesterolemiczny ziarna owsa nagiego niż ziarna owsa oplewionego wynika, prawdopodobnie, z istotnie (przy

$p \leq 0,01$) większego stężenia β -glukanów w owsie nagoziarnistym (zob. tab. 3). Hipocholesterolemiczne oddziaływanie β -glukanów potwierdziły badania innych autorów (Newman i in., 1989 a; Davidson i in., 1991; Davy i in., 2002). Hipocholesterolemiczny charakter owsa stwierdzono również w doświadczeniach na szczurach (Shinnick i in., 1988; Czerwiński i in., 2004; Edijala i in., 2005), chomikach (Kahlon i in., 1990) i drobiu (Bengtsson i in., 1990), wiążąc to przede wszystkim z obecnością w ziarnie β -glukanów. W innych badaniach (Kahlon i Chow, 1997; Maki i in., 2003 a, b; Gibiński, 2008) stwierdzono, że zastosowanie ziarna owsa w żywieniu szczurów obniżyło stężenie cholesterolu w surowicy i w wątrobie, co przypisano głównie β -glukanom oraz wielonienasyconym kwasom tłuszczowym.

W prezentowanych badaniach koncentracja triglicerydów była mniejsza w surowicy szczurów żywionych owsem nagoziarnistym niż owsem oplewionym, choć różnice nie były istotne. Wyniki badań nad wpływem przetworów owsianych na poposiłkową lipemię u osób zdrowych nie są jednoznaczne. Cara i in. (1992) zaobserwowali, że u zdrowych osób po spożyciu posiłku testowego z dodatkiem otrębów owsianych lipemia poposiłkowa była mniejsza niż po posiłku niezawierającym włókna pokarmowego. Olson i Schneeman (1998) u szczurów po posiłku testowym zawierającym otręby owsiane stwierdzili, że lipemia poposiłkowa zwiększyła się w odniesieniu do grupy kontrolnej, w której nie podawano otrębów owsianych.

Wyniki badań wielu autorów (zob. rozdział: Przegląd piśmiennictwa) wykazały, że genetyczne skrócenie słomy wpływa na liczne zmiany fizjologiczne i morfologiczne roślin.

Określony w przeprowadzonych badaniach własnych szczegółowy skład chemiczny oraz jakość białka ziarna owsa wskazują, że wyhodowane formy owsa z wprowadzonym genem karłowatości *Dw6* z odmiany 'Bandicoot' nie odbiegają pod względem wskaźników wartości pokarmowej od form tradycyjnych, a nawet charakteryzują się lepszymi cechami niż odmiany wzorcowe form oplewionych i nagich.

Wyniki badań składu chemicznego i wartości pokarmowej nowych odmian i rodów owsa oplewionego i nagoziarnistego, zarówno wzorcowego, jak i karłowatego, wzbogacą bazę danych wykorzystywaną podczas opracowywania norm żywienia trzody chlewnej i drobiu.

6. Podsumowanie

Podsumowując, należy stwierdzić, że ziarno owsa nagiego, w porównaniu z ziarnem oplewionym, zawierało statystycznie istotnie więcej białka ogólnego, ekstraktu eterowego, fosforu i β -glukanów, natomiast istotnie mniej włókna surowego i jego frakcji: celulozy, hemicelulozy, NDF, ADF i ADL, a także popiołu surowego, w tym wapnia. Analiza tłuszczu wykazała, że znacznie korzystniejszym jego składem charakteryzowało się ziarno owsa nagiego, które zawierało istotnie mniej nasyconych kwasów tłuszczowych, natomiast istotnie więcej kwasów nienasyconych, w tym jednonienasyconych oraz kwasów neutralnych i hipocholesterolemicznych, w porównaniu z tłuszczem ziarna owsa oplewionego. Białko ziarna form nagich, w porównaniu z formami oplewionymi, zawierało istotnie więcej aminokwasów egzogennych, w tym lizyny i aminokwasów siarkowych oraz charakteryzowało się istotnie lepszą jakością, określaną na podstawie wyliczonych wskaźników (*CS*, *EAAI* i *PER*₁, *PER*₂, *PER*₃). Aminokwasem ograniczającym wartość odżywczą białka obu form owsa była lizyna.

Porównując skład chemiczny ziarna owsa o tradycyjnej długości słomy z ziarnem form krótkosłomych, należy stwierdzić, że owies tradycyjny zawierał istotnie więcej białka ogólnego, ligniny ADL i hemicelulozy, natomiast istotnie mniej ekstraktu eterowego i związków bezazotowych wyciągowych BAW. Zawartość kwasów tłuszczowych w ziarnie obu form owsa była zbliżona; różnice były statystycznie nieistotne. Białko ziarna owsa krótkosłomego miało istotnie więcej aminokwasów siarkowych, natomiast istotnie mniej treoniny i większości aminokwasów endogennych niż białko ziarna owsa tradycyjnego. Wartość odżywcza białka ziarna, określona na podstawie składu aminokwasów (*CS*, *EAAI*, *PER*₁–*PER*₃), owsa tradycyjnego i krótkosłomego, nie różniła się statystycznie istotnie. Wykorzystanie białka obu form owsa najbardziej ograniczała lizyna.

Ziarno rodów owsa nagiego i oplewionego z genem karłowatości *Dw6* z odmiany 'Bandicoot' charakteryzowało się istotnie większą zawartością białka ogólnego, ekstraktu eterowego i fosforu, natomiast istotnie mniejszą zawartością włókna surowego i jego frakcji: celulozy, NDF, ADF i ADL, a także wapnia, w porównaniu z ziarnem tradycyjnych odmian wzorcowych (nagoziarnistej 'Polar' i oplewionej 'Krezus').

Uzyskane w badaniach eksperymentalnych na szczurach laboratoryjnych wartości współczynnika wydajności wzrostowej PER ziarna owsa były zbliżone i nie różnicowały istotnie jakości białka analizowanych odmian wzorcowych (nagoziarnistej 'Polar' i oplewionej 'Krezus') oraz rodów (formy nagoziarnistej i formy oplewionej z genem karłowatości). Wartość biologiczna białka BV ziarna wszystkich badanych form owsa była również zbliżona i kształtowała się na wysokim poziomie (76–80). Strawność rzeczywista białka TD różnicowała istotnie ziarno ocenianych form owsa. Najwyższą (88%) strawność rzeczywistą białka stwierdzono w przypadku białka ziarna rodu STH 7205 (formy nagoziarnistej krótkosłomej), natomiast najniższą (83%) – w przypadku białka ziarna owsa tradycyjnej odmiany oplewionej 'Krezus'. TD białka tradycyjnej odmiany nagoziarnistej 'Polar' była istotnie wyższa niż tra-

dycyjnej odmiany oplewionej 'Krezus'. TD białka rodu STH 7205 (formy nagoziarnistej z genem karłowatości) była istotnie większa niż rodu STH 6106 (formy oplewionej z genem karłowatości). Owies nagoziarnisty miał istotnie korzystniejszy wpływ na gospodarkę lipidową krwi niż owies oplewiony (o mniejszej zawartości TCH, LDL oraz TGC, natomiast większej zawartości HDL).

Otrzymane rezultaty badań wskazują na lepszą wartość pokarmową (skład chemiczny i wartość odżywcza białka) owsa nagiego niż owsa oplewionego. Ziarno form owsa nagiego i oplewionego z wprowadzonym genem karłowatości *Dw6* z odmiany 'Bandicoot' charakteryzowało się korzystniejszym składem chemicznym i wyższą wartością odżywcza białka, zwłaszcza strawnością rzeczywistą TD, w porównaniu z odmianami wzorcowymi form oplewionych i nagich.

7. Wnioski

Analiza uzyskanych wyników badań pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

1. Ziarno owsa nagiego charakteryzuje się znacznie korzystniejszym składem chemicznym i wartością odżywczą białka niż ziarno owsa oplewionego.
2. Owies nagoziarnisty w diecie, w porównaniu z oplewionym, wpływa korzystniej na gospodarkę lipidową krwi (zmniejsza zawartość TCH, LDL oraz TGC, natomiast zwiększa zawartość HDL).
3. Skrócenie słomy owsa form nagoziarnistych oraz oplewionych w wyniku wprowadzenia genu karłowatości *Dw6* z odmiany 'Bandicoot' ma korzystny wpływ na zawartość składników pokarmowych w ziarnie oraz strawność rzeczywistą białka, natomiast nie ma wpływu na zawartość substancji lipidowych w surowicy.
4. Szczególnie duże znaczenie praktyczne ma genetyczne skrócenie słomy form oplewionych owsa ze względu na zmniejszenie w ziarnie zawartości włókna oraz jego frakcji, które przede wszystkim ograniczają stosowanie ziarna tej formy owsa w żywieniu zwierząt monogastrycznych.

Aneks

Tabela I. Zawartość podstawowych składników chemicznych ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa ze zbioru w 2006 roku

Wyszczególnienie	Owies nagoziarnisty				Owies plewiony					
	tradycyjny	krótkosłomy			tradycyjny	krótkosłomy				
	'Polar'	STH1691	STH7505	STH901	'Bohun'	STH7005	STH7105	STH 684	STH 735	STH686
Sucha masa ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	915,05	914,60	914,80	914,40	917,40	917,05	919,35	919,25	920,85	919,30
Białko ogólne	198,57	188,94	195,40	191,82	154,40	139,80	157,94	166,66	132,59	156,04
Ekstrakt eterowy	77,10	75,75	71,40	67,80	40,05	49,00	40,30	51,45	43,30	45,85
Włókno surowe	37,70	38,05	24,60	48,30	127,80	142,30	113,35	139,85	127,70	146,15
Popiół surowy	22,94	23,25	23,55	23,70	27,00	28,05	31,65	28,10	28,00	27,70
BAW	789,74	811,06	804,60	808,18	845,60	860,20	842,06	833,34	867,41	843,96

Tabela II. Zawartość frakcji włókna ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa ze zbioru w 2006 roku

Wyszczególnienie	Owies nagoziarnisty				Owies oplewiony					
	tradycyjny	krótkosłomy			tradycyjny	krótkosłomy				
	'Polar'	STH1691	STH7505	STH901	'Bohun'	STH7005	STH7105	STH684	STH 735	STH 686
NDF	208,90	242,18	216,39	282,15	414,27	396,76	406,81	412,18	433,30	415,32
ADF	53,71	82,99	65,21	85,90	187,32	176,22	177,14	192,71	197,97	189,11
ADL	4,15	5,52	2,24	3,94	24,96	21,70	20,99	20,72	22,10	20,40
Celuloza	49,56	77,47	62,96	81,97	162,36	154,52	156,14	171,99	175,87	168,72
Hemiceluloza	155,18	159,19	151,18	196,25	226,95	220,54	229,67	219,47	235,33	226,20
β -glukany	42,60	42,15	40,60	37,95	31,75	32,00	36,65	36,50	33,20	30,20

Tabela III. Zawartość składników mineralnych ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa ze zbioru w 2006 roku

Wyszczególnienie	Owies nagoziarnisty				Owies pplewiony					
	tradycyjny	krótkosłomy			tradycyjny	krótkosłomy				
	'Polar'	STH 1691	STH 7505	STH 901	'Bohun'	STH 7005	STH 7105	STH 684	STH 735	STH 686
Wapń	0,60	1,31	0,77	1,64	1,42	2,07	0,98	1,20	1,63	1,36
Potas	2,68	2,51	2,51	3,12	4,47	3,16	3,81	3,48	3,42	3,81
Fosfor	5,03	5,03	4,48	4,92	4,03	3,49	4,24	4,73	3,64	4,02
Sód	0,180	0,137	0,251	0,153	0,240	0,185	0,114	0,201	0,195	0,179

Tabela IV. Zawartość podstawowych składników chemicznych ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa ze zbioru w 2007 roku

Wyszczególnienie	Owies nagoziarnisty				Owies oplewiony					
	tradycyjny	krótkosłomy			tradycyjny		krótkosłomy			
	'Polar'	STH6266	STH6283	STH6295	'Krezus'	'Breton'	STH114	STH132	STH5244	STH 6025
Sucha masa ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	906,20	904,60	905,70	905,85	905,50	906,75	902,75	904,85	905,00	908,80
Białko ogólne	161,10	156,10	149,05	153,05	119,80	135,30	128,15	133,50	124,45	115,65
Ekstrakt eterowy	80,65	70,00	94,40	76,70	43,25	39,85	39,40	43,85	56,60	49,95
Włókno surowe	29,70	28,50	28,05	31,40	108,05	83,10	83,90	95,10	81,05	89,25
Popiół surowy	24,35	22,55	23,10	24,70	27,15	28,30	28,65	27,65	26,80	27,60
BAW	704,20	722,85	705,40	714,15	701,75	713,45	719,90	699,90	711,10	717,55

Tabela V. Zawartość frakcji włókna ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa ze zbioru w 2007 roku

Wyszczególnienie	Owies nagoziarnisty				Owies oplewiony					
	tradycyjny	krótkosłomy			tradycyjny		krótkosłomy			
	'Polar'	STH6266	STH6283	STH6295	'Krezus'	'Breton'	STH114	STH132	STH5244	STH6025
NDF	90,21	110,82	90,81	85,89	284,98	323,24	294,99	273,64	241,77	246,91
ADF	38,62	38,97	27,33	25,34	140,47	157,15	170,09	143,95	129,06	124,06
ADL	4,63	2,76	2,43	3,26	23,91	29,94	30,74	28,62	24,70	24,98
Celuloza	33,98	36,20	24,90	22,08	116,57	127,21	139,35	115,32	104,37	99,08
Hemiceluloza	51,59	71,86	63,49	60,55	144,51	166,08	124,90	129,69	112,71	122,85
β -glukany	39,80	39,80	40,80	30,95	25,30	28,35	25,10	24,90	30,15	23,00

Tabela VI. Zawartość składników mineralnych ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa ze zbioru w 2007 roku

Wyszczególnienie	Owies nagoziarnisty				Owies oplewiony					
	tradycyjny	krótkosłomy			tradycyjny		krótkosłomy			
	'Polar'	STH6266	STH 6283	STH 6295	'Krezus'	'Breton'	STH 114	STH 132	STH5244	STH6025
Wapń	0,80	0,78	1,44	1,79	1,38	1,90	0,83	1,00	0,64	1,78
Potas	1,97	2,18	1,91	1,98	1,72	1,69	1,72	1,90	1,72	1,51
Fosfor	4,88	4,43	4,55	4,72	3,39	3,92	3,45	3,70	4,14	3,47
Sód	0,226	0,196	0,214	0,213	0,223	0,262	0,206	0,250	0,206	0,211

Tabela VII. Zawartość podstawowych składników chemicznych ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa ze zbioru w 2008 roku

Wyszczególnienie	Owies nagoziarnisty				Owies oplewiony				
	tradycyjny	krótkosłomy			tradycyjny		krótkosłomy		
	'Polar'	STH 7205	STH 7202	STH 7206	'Krezus'	'Chimene'	STH 6106	STH 7007	STH 6108
Sucha masa ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	910,25	910,65	912,65	910,40	912,10	913,70	912,90	911,85	913,90
Białko ogólne	184,45	172,79	168,41	173,88	130,52	140,86	139,88	130,67	140,11
Ekstrakt eterowy	88,11	81,04	75,93	85,35	49,56	56,36	59,26	55,60	56,02
Włókno surowe	25,65	28,28	29,26	28,83	117,69	106,87	93,82	109,01	97,44
Popiół surowy	21,42	20,04	20,22	20,65	24,56	26,38	26,34	25,44	27,90
BAW	680,36	697,85	706,19	691,29	677,67	669,53	680,69	679,27	678,52

Tabela VIII. Zawartość frakcji włókna ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa ze zbioru w 2008 roku

Wyszczególnienie	Owies nagoziarnisty				Owies oplewiony				
	tradycyjny	krótkosłomy			tradycyjny		krótkosłomy		
	'Polar'	STH 7205	STH 7202	STH 7206	'Krezus'	'Chimene'	STH 6106	STH 7007	STH 6108
NDF	82,17	85,27	100,75	91,99	313,88	264,53	281,03	283,05	242,26
ADF	15,05	27,12	25,58	19,33	157,66	123,78	115,95	128,26	119,65
ADL	10,00	2,91	6,08	1,98	23,08	19,37	15,61	19,14	18,49
Celuloza	5,05	24,21	19,50	17,36	134,58	104,41	100,34	109,12	101,16
Hemiceluloza	67,12	58,15	75,17	72,66	156,22	140,75	165,08	154,80	122,61
β -glukany	46,83	40,85	40,23	43,05	30,05	31,43	34,53	30,55	32,83

Tabela IX. Zawartość składników mineralnych ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa ze zbioru w 2008 roku

Wyszczególnienie	Owies nagoziarnisty				Owies oplewiony				
	tradycyjny	krótkosłomy			tradycyjny		krótkosłomy		
	'Polar'	STH 7205	STH 7202	STH 7206	'Krezus'	'Chimene'	STH 6106	STH 7007	STH 6108
Wapń	1,41	1,24	1,24	1,28	1,53	1,44	1,46	1,44	1,47
Potas	2,33	2,09	2,12	2,45	2,18	1,82	2,10	2,59	2,42
Fosfor	5,13	4,69	4,66	4,73	3,73	3,73	3,66	3,63	3,61
Sód	0,137	0,121	0,121	0,115	0,143	0,142	0,175	0,132	0,120

Tabela X. Zawartość podstawowych składników chemicznych ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa ze zbioru w 2009 roku

Wyszczególnienie	Owies nagoziarnisty				Owies oplewiony				
	tradycyjny	krótkosłomy			tradycyjny		krótkosłomy		
	'Polar'	STH 7205	STH 7202	STH 7206	'Krezus'	'Bingo'	STH 6106	STH 6108	STH 7105
Sucha masa ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	891,50	896,30	894,20	891,50	894,50	896,15	913,05	914,35	894,40
Białko ogólne	136,50	119,50	129,80	121,15	106,05	99,35	104,95	109,20	104,65
Ekstrakt eterowy	89,95	81,80	85,50	79,05	52,75	57,65	62,95	56,90	62,00
Włókno surowe	22,80	36,35	27,15	35,10	109,75	97,10	110,75	114,45	92,00
Popiół surowy	19,90	17,30	17,70	17,95	20,95	20,50	22,70	22,25	19,20
BAW	730,85	745,05	739,85	746,75	710,50	725,40	698,65	697,20	722,15

Tabela XI. Zawartość frakcji włókna ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa ze zbioru w 2009 roku

Wyszczególnienie	Owies nagoziarnisty				Owies oplewiony				
	tradycyjny	krótkosłomy			tradycyjny		krótkosłomy		
	'Polar'	STH 7205	STH 7202	STH 7206	'Krezus'	'Bingo'	STH 6106	STH 6108	STH7105
NDF	144,60	111,80	108,80	110,90	380,35	329,55	314,65	306,90	297,20
ADF	47,80	45,25	51,15	43,70	183,70	156,25	156,50	141,30	154,05
ADL	12,00	13,45	13,80	14,75	33,65	36,10	27,25	27,80	26,30
Celuloza	35,80	31,80	37,35	28,95	150,05	120,15	129,25	113,50	127,75
Hemiceluloza	96,80	66,55	57,65	67,20	196,65	173,30	158,15	165,60	143,15
β -glukany	42,40	39,20	46,25	48,85	27,50	34,70	32,00	33,15	28,85

Tabela XII. Zawartość składników mineralnych ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.) w ziarnie owsa ze zbioru w 2009 roku

Wyszczególnienie	Owies nagoziarnisty				Owies oplewiony				
	tradycyjny	krótkosłomy			tradycyjny		krótkosłomy		
	'Polar'	STH 7205	STH 7202	STH 7206	'Krezus'	'Bingo'	STH 6106	STH 6108	STH7105
Wapń	0,98	1,01	1,00	1,00	0,89	1,03	0,94	1,04	0,91
Potas	3,92	4,12	3,72	4,62	3,96	2,81	2,34	2,40	2,89
Fosfor	2,21	2,22	2,07	2,33	2,14	2,23	2,45	2,53	2,37
Sód	0,230	0,225	0,257	0,235	0,230	0,23	0,207	0,241	0,252

Tabela XIII. Skład aminokwasowy ($\text{g} \cdot 16 \text{gN}^{-1}$) ziarna owsa ze zbioru w 2006 roku

Wyszczególnienie	Owies nagoziarnisty				Owies oplewiony					
	tradycyjny	krótkosłomy			tradycyjny	krótkosłomy				
	'Polar'	STH 1691	STH 7505	STH 901	'Bohun'	STH 7005	STH 7105	STH 684	STH 735	STH 686
Lys	3,52	3,52	3,63	3,54	3,33	3,18	3,33	3,09	3,59	3,26
Met	1,75	1,45	1,66	1,37	1,25	1,42	1,57	1,65	1,03	1,35
Met+Cys	4,15	3,59	3,87	3,16	3,20	3,64	3,77	3,97	3,08	3,29
Thr	3,27	2,96	3,55	3,03	3,63	3,02	3,11	2,91	3,29	2,95
Ile	3,37	3,39	3,49	3,53	3,60	3,06	3,27	3,03	3,17	3,05
Trp	1,07	1,03	1,11	1,03	0,83	0,90	0,81	0,89	0,84	0,86
Val	5,04	4,80	5,05	5,12	5,14	4,30	4,80	4,30	4,60	4,33
Leu	7,35	6,91	7,36	7,39	6,83	6,35	6,83	6,19	6,68	6,40
His	2,34	2,64	3,15	2,71	2,37	2,14	2,15	2,06	2,25	2,03
Phe+Tyr	8,81	7,08	8,70	7,12	8,54	7,17	7,96	7,19	7,20	7,45
Arg	7,80	7,02	7,36	7,27	7,79	6,37	7,00	6,29	7,08	6,79
Asp	8,82	7,63	8,27	8,08	8,96	8,09	8,14	7,67	7,94	8,14
Ser	4,60	4,33	4,89	4,50	4,88	4,08	4,30	4,09	4,57	4,12
Glu	24,20	25,18	24,89	25,56	24,33	23,66	24,78	21,86	23,90	22,88
Pro	4,65	4,97	4,68	4,58	5,68	5,52	5,36	5,19	6,44	5,40
Gly	5,16	5,14	4,93	5,23	5,38	3,99	4,78	4,43	4,88	4,65
Ala	4,71	4,53	4,66	4,84	5,27	3,97	4,58	4,12	4,75	4,25
Suma AA	98,84	94,68	99,55	96,66	99,71	89,39	94,93	87,25	94,21	89,80

Tabela XIV. Wskaźniki wartości odżywczej (%) białka ziarna owsa ze zbioru w 2006 roku

Wyszczególnienie	Owies nagoziarnisty				Owies oplewiony					
	tradycyjny	krótkosłomy			tradycyjny	krótkosłomy				
		'Polar'	STH 1691	STH 7505		STH 901	'Bohun'	STH 7005	STH 7105	STH 684
EAA _{MH} (g · 16 gN ⁻¹)	36,57	33,25	36,74	33,90	35,07	31,60	33,86	31,56	32,42	31,57
Procent EAA _{MH} of AA	37,00	35,12	36,90	35,07	35,17	35,35	35,67	36,17	34,41	35,15
CS _{MH-Lys}	63,94	63,92	65,95	64,24	60,52	57,73	60,61	56,08	65,30	59,17
EAAI _{MH}	90,15	88,50	91,90	88,70	89,74	83,80	85,70	82,15	85,00	82,35
EAA _{WE} (g · 16 gN ⁻¹)	38,91	35,89	39,88	36,61	37,44	33,73	36,01	33,62	34,67	33,60
Procent EAA _{WE} of AA	39,36	37,91	40,06	37,87	37,55	37,73	37,93	38,53	36,80	37,41
CS _{WE-Lys}	50,24	49,43	51,82	50,47	47,56	45,36	47,62	44,06	51,31	46,49
EAAI _{WE-Lys}	73,70	61,30	74,15	71,60	69,45	64,70	67,45	64,30	66,00	63,70
PER ₁	2,45	2,24	2,45	2,47	2,17	1,95	2,18	1,89	2,06	1,98
PER ₂	2,50	2,42	2,50	2,64	2,27	2,10	2,29	2,03	2,25	2,12
PER ₃	1,85	2,51	1,94	2,87	1,32	1,34	1,60	1,38	1,45	1,34

Tabela XV. Skład aminokwasowy ($\text{g} \cdot 16 \text{gN}^{-1}$) ziarna owsa ze zbioru w 2007 roku

Wyszczególnienie	Owies nagoziarnisty				Owies oplewiony					
	tradycyjny	krótkosłomy			tradycyjny		krótkosłomy			
	'Polar'	STH 6266	STH 6283	STH 6295	'Krezus'	'Breton'	STH 114	STH 132	STH 5244	STH 6025
Lys	3,73	3,71	3,73	3,74	3,27	3,15	3,59	3,34	3,30	3,68
Met+Cys	3,84	3,94	3,93	4,04	3,58	2,45	2,78	2,57	3,73	3,38
Met	1,58	1,58	1,46	1,57	1,46	1,10	1,13	1,08	1,57	1,40
Thr	3,58	3,69	3,62	3,28	3,21	3,00	3,11	3,34	3,07	3,41
Ile	3,22	2,81	3,18	2,54	2,46	2,43	2,61	2,83	2,53	2,82
Trp	1,40	1,46	1,44	1,50	1,22	1,17	1,11	1,14	1,00	1,30
Val	4,34	4,36	4,20	4,22	4,12	3,79	4,15	3,89	3,95	4,22
Leu	8,41	7,75	7,31	6,96	6,38	6,63	6,74	6,15	6,53	7,58
His	2,57	2,43	2,59	2,23	2,04	2,03	2,17	2,19	2,52	2,81
Phe+Tyr	8,88	8,49	9,53	8,05	7,01	6,92	7,07	7,03	6,89	7,87
Arg	7,66	8,22	7,76	6,65	6,57	6,90	6,99	6,80	6,33	7,72
Asp	8,85	8,74	8,89	9,05	8,86	9,30	9,27	9,06	9,08	10,02
Ser	4,39	5,18	5,40	5,21	4,85	4,92	4,94	5,05	5,01	4,23
Glu	21,77	23,66	24,60	23,69	22,91	22,82	22,93	24,13	23,25	23,86
Pro	4,40	4,39	4,10	4,35	3,60	3,33	5,02	4,50	4,06	3,85
Gly	5,00	4,67	4,61	4,59	4,77	4,79	5,16	5,10	4,86	5,04
Ala	4,58	4,60	4,83	4,75	4,49	4,54	4,79	4,66	4,49	4,73
Suma AA	96,63	98,13	99,73	94,85	89,32	88,18	92,42	91,78	90,59	96,52

Tabela XVI. Wskaźniki wartości odżywczej (%) białka ziarna owsa ze zbioru w 2007 roku

Wyszczególnienie	Owies nagoziarnisty				Owies oplewiony					
	tradycyjny	krótkosłomy			tradycyjny		krótkosłomy			
		'Polar'	STH 266	STH6283	STH6295	'Krezus'	'Breton'	STH114	STH132	STH5244
EAA_{MH} ($g \cdot 16 gN^{-1}$)	37,40	36,22	36,94	34,33	31,26	29,55	31,14	30,28	31,01	34,26
Procent EAA_{MH} of AA	38,70	36,91	37,04	36,19	35,02	33,51	33,70	30,18	34,24	35,49
CS_{MH-Lys}	67,81	67,54	67,89	68,06	59,50	57,14	65,21	60,67	59,92	66,86
$EAAI_{MH}$	90,48	87,62	89,44	85,94	82,75	77,58	82,24	80,67	82,65	86,93
EAA_{WE} ($g \cdot 16 gN^{-1}$)	39,97	38,65	39,53	36,56	33,26	31,57	33,31	32,47	33,58	37,07
Procent EAA_{WE} of AA	41,36	39,39	39,64	38,55	37,27	35,81	36,04	32,36	37,03	38,40
CS_{WE-Lys}	53,28	53,07	53,34	53,47	46,75	45,03	51,24	47,67	47,08	52,54
$EAAI_{WE}$	75,78	74,42	75,14	71,54	65,03	60,94	64,42	63,59	64,29	70,49
PER_1	2,95	2,65	2,46	2,29	2,06	2,19	2,16	1,91	2,11	2,60
PER_2	3,04	2,69	2,44	2,34	2,12	2,24	2,30	2,03	2,22	2,60
PER_3	3,12	2,15	1,38	1,58	1,48	1,47	1,72	1,23	1,98	1,95

Tabela XVII. Skład aminokwasowy (g · 16 gN⁻¹) ziarna owsa ze zbioru w 2008 roku

Wyszczególnienie	Owies nagoziarnisty				Owies oplewiony				
	tradycyjny	krótkosłomy			tradycyjny		krótkosłomy		
	'Polar'	STH7202	STH7206	STH7205	'Krezus'	'Chimene'	STH6106	STH7007	STH6108
Lys	3,26	3,31	3,27	3,35	3,13	3,11	3,11	3,11	3,05
Met	1,34	1,55	1,45	1,55	1,02	1,03	1,00	1,05	1,03
Met+Cys	3,57	3,91	3,69	3,84	2,42	2,45	3,01	3,02	3,05
Thr	3,10	2,21	2,49	2,48	2,97	3,01	2,92	2,66	2,89
Ile	3,10	2,98	2,81	3,07	2,97	2,91	2,93	2,86	2,94
Trp	1,00	1,09	1,09	1,06	0,81	0,92	0,91	0,80	0,93
Val	4,62	4,16	4,65	4,41	4,22	4,53	4,61	4,18	4,06
Leu	7,41	6,89	7,24	7,03	6,58	6,99	6,77	6,51	6,57
His	1,92	1,82	1,75	1,92	1,78	1,70	1,83	1,74	1,73
Phe+Tyr	6,36	7,53	7,56	7,61	6,64	6,90	6,91	6,75	6,99
Arg	7,14	6,88	6,79	6,94	7,23	6,65	6,94	7,32	6,89
Asp	9,28	8,75	9,56	9,04	9,79	9,71	9,64	9,14	9,43
Ser	5,19	4,25	4,55	4,77	4,46	4,43	4,95	4,43	4,52
Glu	29,22	23,64	25,16	23,25	25,53	25,10	23,52	26,00	23,08
Pro	4,73	4,45	5,27	4,62	4,16	4,56	4,63	4,82	4,56
Gly	5,43	4,85	5,18	4,84	4,95	4,96	4,89	4,86	4,78
Ala	4,26	4,66	5,48	4,44	4,42	4,78	4,75	4,23	4,10
Suma AA	99,60	91,38	96,54	92,66	92,05	92,72	92,33	92,45	89,56

Tabela XVIII. Wskaźniki wartości odżywczej (%) białka ziarna owsa ze zbioru w 2008 roku

Wyszczególnienie	Owies nagoziarnisty				Owies oplewiony				
	tradycyjny	krótkosłomy			tradycyjny		krótkosłomy		
		'Polar'	STH7202	STH7206	STH7205	'Krezus'	'Chimene'	STH6106	STH7007
EAA _{MH} (g · 16 gN ⁻¹)	32,42	32,08	32,79	32,85	29,74	30,82	31,18	29,90	30,48
Procent EAA _{MH} of AA	32,55	35,11	33,97	35,45	32,31	33,25	33,77	32,34	34,04
CS _{MH-Lys}	59,24	55,22	59,24	60,59	56,87	56,51	56,53	56,59 ^b	55,50
EAAI _{MH}	86,90	81,88	83,71	84,28	78,18	80,68	82,31	78,53	80,76
EAA _{WE} (g · 16 gN ⁻¹)	34,34	33,90	34,54	34,76	31,52	32,52	33,01	31,64	32,22
Procent EAA _{WE} of AA	34,48	37,10	35,78	37,52	34,24	35,08	35,75	34,23	35,98
CS _{WE-Lys}	46,49	46,11	46,66	47,88	44,68	44,40	44,41	44,46	43,61
EAAI _{WE}	65,90	64,05	64,91	65,88	59,16	61,78	62,40	59,36	61,08
PER ₁	2,47	2,25	2,37	2,31	2,13	2,29	2,19	2,06	2,10
PER ₂	2,72	2,36	2,52	2,41	2,27	2,46	2,33	2,22	2,24
PER ₃	3,35	1,89	2,12	1,93	1,87	2,21	1,80	1,63	1,67

Tabela XIX. Skład aminokwasowy (g · 16 gN⁻¹) ziarna owsa ze zbioru w 2009 roku

Wyszczególnienie	Owies nagoziarnisty				Owies oplewiony				
	tradycyjny	krótkosłomy			tradycyjny		krótkosłomy		
		'Polar'	STH7202	STH7206	STH7205	'Krezus'	'Bingo'	STH6106	STH7105
Lys	3,52	3,66	3,84	4,10	3,37	3,45	3,02	3,71	3,21
Met+Cys	4,20	4,60	4,61	4,69	4,44	4,26	4,23	4,53	4,54
Met	1,67	1,83	1,79	1,89	1,77	1,62	1,51	1,82	1,65
Thr	2,99	3,02	3,80	3,70	2,68	2,91	2,92	3,42	2,98
Ile	3,19	3,19	3,51	3,73	2,73	2,91	2,66	3,11	2,73
Trp	1,15	1,26	1,12	1,11	1,77	1,62	1,41	1,24	1,17
Val	4,73	4,71	4,85	4,92	4,64	4,57	4,13	5,12	4,33
Leu	6,71	6,54	7,79	7,54	6,43	6,74	5,95	9,41	6,68
His	3,09	2,13	2,94	3,09	2,54	2,70	1,63	2,60	1,83
Phe+Tyr	6,11	7,84	7,26	7,47	6,14	5,95	5,34	7,85	5,07
Arg	7,39	7,13	7,66	7,85	8,11	8,31	6,16	7,45	6,26
Asp	7,08	7,32	8,19	8,22	7,03	7,12	6,60	8,16	7,39
Ser	4,12	4,29	4,79	4,58	4,08	3,89	3,70	4,68	3,84
Glu	20,63	21,88	22,10	22,73	18,50	18,37	20,22	23,56	20,84
Pro	4,35	4,72	4,80	4,97	4,18	4,27	3,84	5,76	4,37
Gly	4,58	4,55	4,83	5,19	4,33	4,48	4,01	4,74	4,47
Ala	3,94	4,30	4,88	5,05	3,90	4,01	3,58	,45	4,11
Suma AA	87,73	91,10	96,93	98,91	84,84	85,52	79,36	99,76	83,77

Tabela XX. Wskaźniki wartości odżywczej (%) białka ziarna owsa ze zbioru w 2009 roku

Wyszczególnienie	Owies nagoziarnisty				Owies oplewiony				
	tradycyjny	krótkosłomy			tradycyjny		krótkosłomy		
	'Polar'	STH7202	STH7206	STH7205	'Krezus'	'Bingo'	STH6106	STH7105	STH6108
EAA_{MH} ($g \cdot 16 gN^{-1}$)	32,57	34,80	36,77	37,24	32,19	32,39	29,64	38,37	30,69
Procent EAA_{MH} of AA	37,13	38,20	37,93	37,65	37,94	37,88	37,35	38,47	36,64
CS_{MH-Lys}	63,91	66,55	69,82	74,55	61,28	62,64	54,91	67,46	58,28
$EAAI_{MH}$	87,56	87,75	93,08	94,41	83,58	85,61	79,90	90,46	82,08
EAA_{WE} ($g \cdot 16 gN^{-1}$)	35,66	36,93	39,71	40,33	34,73	35,09	31,27	40,97	32,51
Procent EAA_{WE} of AA	40,65	40,54	40,96	40,77	40,93	41,03	39,40	41,07	38,82
CS_{WE-Lys}	50,29	52,29	54,86	58,57	48,15	49,22	43,15	53,00	45,79
$EAAI_{WE}$	68,75	72,04	75,47	76,44	69,41	70,02	62,62	75,92	64,17
PER_1	2,17	2,08	2,65	2,52	2,06	2,19	1,85	3,33	2,16
PER_2	2,41	2,18	2,84	2,70	2,25	2,42	2,10	3,47	2,45
PER_3	3,24	1,56	3,63	3,26	2,71	3,14	2,64	3,85	3,47

Piśmiennictwo

1. ADEYEYE EL. 2011. Relationship in amino acid quality between raw, steeped and germinated wheat (*Triticum durum*) grains. *Bangladesh J. Sci. Ind. Res.* 46, 89–100.
2. ALSMEYER R.H., CUNNINGHAM A.D., HAPPICH M.L. 1974. Equations predict PER from amino acid analysis. *Food Tech.* 28, 34–38.
3. ÅMAN P. 1987. The variation in chemical composition of Swedish oats. *Acta Scand.* 37, 347–352.
4. ANDERSON W.K., MCLEAN R. 1989. Increased responsiveness of short oat cultivars to early sowing, nitrogen fertilizer and seed rate. *Aust. J. Agric. Res.* 40, 729–744.
5. AOAC. 2000. *Official methods of analysis of AOAC International*. 17th Edition. Ed. W. Horwitz, Gaithersburg, Maryland, USA, Publ. by AOAC International Association of Analytical Communities.
6. ARO H., JARVENPAA E., KONKO K., HOUPALAHTI R., HIETANIEMI V. 2007. The characterization of oat lipids produced by supercritical fluid technologies. *J. Cereal Sci.* 45, 116–119.
7. ÅSSVEEN M. 2009. Amino acid composition of spring barley cultivars used in Norway. *Acta Agr. Scand., Ser. B-S P* 59, 395–401.
8. AUSTIN R.B. 1999. Yield of wheat in the United Kingdom: recent advances and prospects. *Crop Sci.* 39, 1604–1610.
9. BARNEVELD R.J., SZARVAS S.R., BARR A.R. 1998. The apparent ileal digestibility of amino acids and the digestible energy content of naked oats (*Avena sativa* cv Bandicoot) fed to growing pigs. *J. Sci. Food Agric.* 76, 277–284.
10. BARR A.R. 1988. Breeding oats for Mediterranean-type environments, in: *Proceedings of 3rd International Oat Conference*, Lund, Sweden, July 4–8 1988, Eds. B. Mattsson, R. Lyhagen, A.B. Svalöv, Sweden, 24–34.
11. BARR A.R., PELHAM S.D., ZWER P.K. 1996. Hullless oat – building a commercial future, in: *Proceedings of the Fifth International Oat Conference and VII International Barley Genetics Symposium*. Eds. A. Slinkard, G. Scoles, B. Rossnagel, Saskatoon, USA, August 1996. Saskatoon University Extension Press, 97–105.
12. BARTNIKOWSKA E. 2003. Przetwory z ziarna owsa jako źródło ważnych substancji prozdrowotnych w żywieniu człowieka. *Biul. IHAR* 229, 235–245.
13. BARTNIKOWSKA E., LANGE E., RAKOWSKA M. 2000. Ziarno owsa – niedoceniane źródło składników odżywczych i biologicznie czynnych. Cz. I. Ogólna charakterystyka owsa. Białka, tłuszcze. *Biul. IHAR* 215, 209–222.
14. BENGTTSSON S., ÅMAN P., GRAHAM H., NEWMAN W., NEWMAN R. 1990. Chemical studies on mixed-linked β -glucans in hull-less barley cultivars giving different hypocholesterolemic response in chicken. *J. Sci. Food Agric.* 52, 435–445.
15. BIEL W., BOBKO K., MACIOROWSKI R. 2009. Chemical composition and nutritive value of husked and naked oats grain. *J. Cereal Sci.* 49, 413–418.
16. BIEL W., BOBKO K., MACIOROWSKI R., JASKOWSKA I. 2011. Chemical composition and energy value of dwarf oats grain. *Ital. J. Food Sci.* 23, 180–187.
17. BOBRECKA-JAMRO D., TOBIASZ-SALACH R. 1999. Ocena wartości gospodarczych nowych rodów owsa nagoziarnistego uprawianych w woj. rzeszowskim. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 1, 90–96.
18. BOROWIEC F., MIGDAŁ W., FURGAŁ K., KOCZANOWSKI J., TUZ R., MICEK P. 1998. Wpływ udziału surowych lub parowanych nasion rzepaku w mieszankach pełnodawkowych na umięśnienie i skład chemiczny mięsa tuczników. *Rośl. Oleiste* 19 (1), 195–203.
19. BOROWIEC F., MICEK P., MARCIŃSKI M., BARTECZKO J., ZAJĄC T. 2004. Linseedbased diet for sheep. 2. Performance and chemical composition of meat and liver. *J. Anim. Feed Sci.* 13, 2 Suppl., 19–22.
20. BRAATEN J.T., WOOD P.J., SCOT F.W. 1994. Oat β -glucan reduces serum cholesterol concentration in hypercholesterolemic subject. *Eur. J. Clin. Nutr.* 48, 465–474.

21. BRAND T.S., MERVE J.P. VAN DER. 1996. Naked oats (*Avena nuda*) as a substitute for maize in diets for weanling and grower – finisher pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57, 139–147.
22. BRAND T.S., CRUYWAGEN C.W., BRANDT D.A., VILJOEN M., BURGER W.W. 2003. Variation in the chemical composition, physical characteristics and energy values of cereal grains produced in the Western Cape area of South Africa. *South African J. Anim. Sci.* 33, 117–126.
23. BROWN P.D., MCKENZIE R.I.H., MIKAELSEN K. 1980. Agronomic, genetic and cytologic evaluation of vigorous new semi dwarf oat. *Crop Sci.* 20, 303–306.
24. BROWN L., ROSNER B., WILLETT W., SACKS F. 1999. Cholesterol – lowering effect of dietary fiber: a meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 69, 30–42.
25. CALDERINI D.F., SLAFER G.A. 1998. Changes in yield and yield stability in wheat during the 20th century. *Field Crops Res.* 57, 335–347.
26. CARA L., DUBOIS CH., BOREL P., ARMAND M., SENFT M. 1992. Effects of oat bran, rice bran, wheat germ on postprandial lipemia in healthy adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 55, 81–88.
27. CAVALLERO A., EMPILLIT S., BRIGHENTI F., STANCA A.M. 2002. High (1→3, 1→4) β -glucan barley fractions in bread making and their effects on human glycemic response. *J. Cereal Sci.* 36, 59–66.
28. CAVE N.A. BURROWS V.D. 1993. Evaluation of naked oat (*Avena nuda*) in broiler chicken diet. *Can. J. Anim. Sci.* 73, 393–399.
29. CHAVEN J.K., KADAM S.S. 1989. Nutritional improvement of cereals by fermentation. *Crit. Rev. Food Sci. Tech.* 28, 349–400.
30. CIOŁEK A., MAKARSKA E., MAKARSKI B. 2008. Zawartość wybranych składników żywieniowych w ziarnie owsa czarnego i żółtoziarnistego. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 58, 80–88.
31. COLLEONI-SIRGHIE M., FULTON B., WHITE P.J. 2003. Structural features of water soluble (1→3), (1→4)- β -D-glucans from high- β -glucan and traditional oat lines. *Carbohydr. Pol.* 54, 237–249.
32. COLLEONI-SIRGHIE M., JANNINK J.L., KOVALENKO I.V., BRIGGS J.L., WHITE P.J. 2004. Prediction of β -glucan content based on viscosity evaluations of raw oat flours from high- β -glucan and traditional oat lines. *Cereal Chem.* 81, 434–443.
33. CONNOR W.E. 1999. Alfa-linolenic acid in health and disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 69, 827–828.
34. CONNOR W. 2000. Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 71, 171–175.
35. CYFERT R., MICHALAK A., NAJEWSKI A., ZYCH J. 2005. Wyniki porejestrowych doświadczeń odmianowych. *Zboża jare (pszenica, jęczmień, owies, pszenżyto)*. Słupia Wielka, COBORU, 32.
36. CZERWIŃSKI J., BARTNIKOWSKA E., LEONTOWICZ H., LANGE E., LEONTOWICZ M., KATRICH E., TRAKHTENBERG S., GORINSTEIN S. 2004. Oat (*Avena sativa* L.) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) meals positively affect plasma lipid profile in rats fed cholesterol-containing diets. *J. Nutr. Biochem.* 15, 622–629.
37. DAVIDSON M., DUGAN L., BURNS J., BOVA J., STORY K., DRENNAN K. 1991. The hypocholesterolemic effects of β -glucan in oatmeal and oat bran. *JAMA* 265, 1833–1839.
38. DAVY B.M., DAVY K.P., HO R.C., BESKE S.D., DAVRATH L.R., MELBY CH.L. 2002. High-fiber oat cereals compared with wheat cereal consumption favorable alters LDL-cholesterol subclass and particle numbers in middle-aged and older men. *Am. J. Clin. Nutr.* 76, 351–358.
39. DILGER R.N., SANDS J.S., RAGLAND D., ADEOLA O. 2004. Digestibility of nitrogen and amino acids in soybean meal with added soyhulls. *J. Anim. Sci.* 82, 715–724.
40. DOLECEK T.A. 1992. Epidemiological evidence of relationships between dietary polyunsaturated fatty acids and mortality in the Multiple Risk Factor Intervention Trial. *Proc. Exp. Biol. Med.* 200, 177–182.
41. EDIJALA K., ASAGBA S.O., ERIYAMREMU G.E., ATOMATOFU U. 2005. Comparative effects of garden egg fruit, oat and apple on serum lipid profile in rats fed high cholesterol diet. *Pak. J. Nutr.* 4, 245–249.
42. EGGUM B.O. 1973. *A study of certain factors influencing protein utilization in rats and pigs. Report No. 406.* Copenhagen, National Institute of Animal Science, 173.

43. EGGUM B.O., CHWALIBOG A., NIELSEN H.E., DANIELSEN V. 1985. The influence of dietary concentration of amino acids on protein and energy utilization in growing rats and piglets. *Z. Tierphysiol. Tierer.* 53, 124–134.
44. EGGUM B.O., GULLORD M. 1983. The nutritional quality of some oat varieties cultivated in Norway. *Plant Foods Hum. Nutr.* 32, 67–73.
45. EGGUM B.O., HANSEN I., LARSEN T. 1989. Protein quality and digestible energy of selected foods determined in balance trials with rats. *Plant Foods Hum. Nutr.* 39, 13–21
46. ELEMU B.O., ADU O.B., OGUNRINOLA O.O., EFUWAPE T.O., OLALEYE K.O., KAREEM A.A. 2011. Biological Evaluation of *Thaumatococcus danielli* Waste Protein. *Pak. J. Nutr.* 10, 1048–1052.
47. ELLIS M.H., BONNETT D.G., REBETZKE G.J. 2007. A 192 bp allele at the *Xgwm261* locus is not always associated with the *Rht8* dwarfing gene in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica* 157, 209–214.
48. FABJAŃSKA M., KOSIERADZKA I., BEKTA M. 2003. Owies nagi w żywieniu trzody chlewnej i drobiu. Cz. I. Owies nagi w żywieniu tuczników. *Biul. IHAR* 229, 317–328.
49. FAO/WHO/UNU. 1985. *Energy and protein requirements: Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. WHO Technical Report*, 724.
50. FAO/WHO. 1991. Report of the Joint FAO/WHO Expert consultation on Protein Quality Evaluation. Bethesda, Maryland. *FAO Food and Nutrition Paper* 51.
51. FARNHAM M.W., STUTHMAN D.D., BIESBOER D.D. 1990. Cellular expression of panicle exertion in semidwarf oat. *Crop Sci.* 30, 323–328.
52. FARREL D., TAKHAR B.S., BARR A.R., PELL A.S. 1991. Naked oats: their potential as a complete feed for poultry, in: *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia*, Armidale University of New England. 312–325.
53. FEARON A.M., MAYNE C.S., MARSDEN S. 1996. The effect of inclusion of naked oats in the concentrate offered to dairy cows on milk production, milk fat composition and properties. *J. Sci. Food Agric.* 72, 273–282.
54. FLANDER L., SALMENKALLIO-MARTTILA M., SUORTTI T., AUTIO K. 2007. Optimisation of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality. *LWT – Food Sci. Technol.* 40, 860–870.
55. FRIEDMAN M. 1996. Nutritional value of proteins from different food sources – a review. *J. Agric. Food Chem.* 44, 6–29.
56. FRIEND D.V., FORTIN A., POSTE L.M., BUTLER G., KRAMER J.K.G., BURROWS V.D. 1988. Feeding and metabolism trials and assessment of carcass and meat quality to growing pigs fed naked oats (*Avena nuda*). *Can. J. Anim. Sci.* 68, 511–521.
57. FRIESEN O.D., GUENTER W., MARQUARDT R., ROTTER B. 1992. The effect of enzyme supplementation on the apparent metabolizable energy and nutrient digestibilities of wheat, barley, oats and rye for the young broiler chick. *Poultry Sci.* 71, 1710–1721.
58. GAJEWSKA J., FABJAŃSKA M., GARBOLIŃSKA M. 2002. Microbiological studies of feed and faeces of fatteners fed mixtures containing naked oat and permutite. *Acta Microbiol. Pol.* 51, 63–69.
59. GEMBARZEWSKI H. 2000. Stan i tendencje zmian zawartości mikroelementów w glebach i roślinach z półprodukcyjnych w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 471, 171–179.
60. GERHARDT A.L., GALLO N.G. 1998. Full-fat rice bran and oat bran similarly reduce hypercholesterolemia in humans. *J. Nutr.* 128, 865–869.
61. GIBIŃSKI M. 2008. Charakterystyka chemiczna i żywieniowa hydrolizatów owsianych o niskim stopniu scukrzenia. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 61, 65–76.
62. GIVENS D. I., BRUNNEN, J. M. 1987. Nutritive value of naked oats for ruminants. *Anim. Feed. Sci. Tech.* 18, 83–87.
63. GIVENS D.I., DAVIES T.W., LAVERICK R.M. 2004. Effect of variety, nitrogen fertiliser and various agronomic factors on the nutritive value of husked and naked oats grain. *Anim. Feed Sci. Tech.* 113, 169–181.
64. GOODNIGHT S.H. 1993. The effects of n-3 fatty acids on atherosclerosis and the vascular response to injury. *Arch. Pathol. Lab. Med.* 117, 102–106.

65. GRAJETA H. 1999. Effect of amaranth and oat bran on blood serum and liver lipids in rats depending on the kind of dietary fats. *Food/Nahrung*. 43, 114–117.
66. GEEN C. 1999. *Oat in a new era*. Cambridge, Semundo Ltd. 88.
67. GRELA E.R. 2000. Wpływ dodatku oleju sojowego i witaminy E w żywieniu tuczników na wzrost i niektóre składniki tkankowe. *Med. Weter.* 56, 259–262.
68. GRELA E.R., PASTUSZAK J. 2012. Effect of extrusion-cooking of some grain species on piglet performance and blood lipid profile. *Ann. UMCS, Ser. Zootech.* 4, 39–45.
69. GUENTER W. 1993. Impact of feed enzymes on nutrient utilization of ingredients in growing poultry. *J. Appl. Poult. Res.* 2, 82–84.
70. IKEDA K., KUSANO T. 1983. In vitro inhibition of digestive enzymes by indigestible polisaccharides. *Cereal Chem.* 60, 260–263.
71. HAHN J.D., CHUNG T.K., BAKER D.H. 1990. Nutritive value of oat flour and oat bran. *J. Anim. Sci.* 68, 4253–4260.
72. HEIKKI A., JÄRVENPÄÄ E., KÖNKÖ K., HUOPALAHTI R., HIETANIEMI V. 2007. The characterisation of oat lipids produced by supercritical fluid technologies. *J. Cereal Sci.* 45, 116–119.
73. HENLEY E.C., KUSTER J.M. 1994. Protein quality evaluation by protein digestibility-corrected amino acid scoring. *Food Technol.* 48, 74–77.
74. HISCHKE H.H., POTTER G.C., GRAHAM W.R. 1968. Nutritive value of oat proteins. I. Varietal differences as measured by amino acid analysis and rat growth responses. *Cereal Chem.* 45, 374.
75. HOSSAIN M.A., BECKER B. 2001. Nutritive value and antinutritive factors in different varieties of sesbania seeds and their morphological fractions. *Food Chem.* 73, 421–431.
76. HUSSEIN H.S., VOGEDES L.A., FERNANDEZ G.C.J., FRANKENY R.L. 2004. Effects of cereal grain supplementation on apparent digestibility of nutrients and concentrations of fermentation end-products in the feces and serum of horses consuming alfalfa cubes. *J. Anim. Sci.* 82, 1986–1996.
77. JOHANSSON L., VIRKKI L., MAUNU S., LEHTO M., EKHOLM P., VARO P. 2000. Structural characterisation of water soluble β -glucan of oat bran. *Carbohydr. Polym.* 42, 143–148.
78. JØRGENSEN H., LINDBERG J.E. 2006. Prediction of energy and protein digestibility in pig feeds using growing rats as a model. *Anim. Feed Sci. Tech.* 127, 55–71.
79. JURKOWSKA H., ROGÓZ A., WOJCIECHOWICZ T. 1992. Wpływ nawożenia azotowego na zawartość składników mineralnych w zależności od wilgotności gleby. Cz. I. Makroelementy. *Zesz. Nauk. AR Kraków.* 30, 99–111.
80. KALRA S., JOOD S. 1998. Biological evaluation of protein quality of barley. *Food Chem.* 61, 35–39.
81. KAWKA A. 1996. Lipidy ziarna owsa – zawartość, rozmieszczenie i skład frakcyjny. *Post. Nauk Rol.* 43/48, 65–73.
82. KAHN T.S., CHOW F.I. 1997. Hypocholesterolemic effects of oat, rice and barley dietary fibers and fractions. *Cereal Food World* 2, 86–92.
83. KAHN T.S., SAUNDERS R.M., CHOW F.I., CHIU M.M., BETSCHART A.A. 1990. Influence of rice bran, oat bran, and wheat bran on cholesterol and triglycerides in hamsters. *Cereal Chem.* 67, 439–443.
84. KIBITE S., CLAYTON G. 2000. Effects of the Dw6 dwarfing gene on agronomic and grain quality features of oats, in: *Proceedings Sixth International Oat Conference*. Ed. R.J. Cross, Lincoln, NZ, November 13–16, 2000, Lincoln University, Christchurch, NZ, 312–316.
85. KŁOBUKOWSKI J., CICHON R., KOZIKOWSKI W. 1992/1993. Badania nad wpływem wieku, początkowej masy ciała, spożycia suchej masy diety na ilość wydalonego metabolicznego i endogennego azotu u szczurów. *Zwierz. Lab.* 29/30, 87–93.
86. KORNIWICZ D., HOFFMANN J., KORNIWICZ A., DOBRZAŃSKI Z. 2010. Effect of new feed phosphate on balance and apparent absorption of calcium and phosphorus in fattening pigs. *Ann. Anim. Sci.* 10, 459–466.
87. KOSIERADZKA I. 1999. *Ocena możliwości zastosowania ziarna polskiego owsa nagiego w żywieniu zwierząt monogastrycznych*. Rozprawa doktorska (maszynopis). Warszawa, SGGW.
88. KOSIERADZKA I., FABIJAŃSKA M. 2001. Comparison of the nutritive value of naked and husked oat protein with wheat and maize. *J. Anim. Feed Sci.* 10, 309–314.

89. KOSIERADZKA I., FABIAŃSKA M. 2003. Owies nagi w żywieniu trzody chlewnej i drobiu. Cz. II. Owies nagi w żywieniu kurcząt brojlerów. *Biul. IHAR* 229, 329–339.
90. LÁSZTITY R. 1998. Oat grain – a wonderful reservoir of natural nutrients and biologically active substances. *Food Rev. Int.* 14, 99–119.
91. LIM W.J., LIANG Y.T., SEIB P.A., RAO C.S. 1992 a. Isolation of oat starch from oat flour. *Cereal Chem.* 69, 233–236.
92. LIM H.S., WHITE P.J., FRY K.J. 1992 b. Genotypic effects on β -glucan content of oat lines grown in two consecutive years. *Cereal Chem.* 69, 262–265.
93. LISOWSKA M., BOMBIK A., ZIEMIAŃSKA J., WYRZYKOWSKA M., DESKA J. 2012. Struktura odmianowa zbóż uprawianych w wybranych rejonach polski wschodniej i centralnej w relacji do list zalecanych odmian (LZO). *Fragm. Agron.* 29, 87–97.
94. LUBOWICKI R., KOTLARZ A., PETKOV K., JASKOWSKA I. 1997. Ocena składu chemicznego i wartości biologicznej białka ziarna pszenżyta, pszenicy i żyta. *Zesz. Nauk. AR Szczec. Rol.* 175 (65), 243–248.
95. LUTOWSKA M., TYRANOWSKA M., KIRYLUK J., MAKOWSKA A. 2008. Cechy ziarna owsa jako surowca do produkcji otrąb owsianych. *Prz. Zboż. Młyn.* 8, 19–21.
96. MACIEJEWICZ-RYŚ J., SOKÓŁ K. 1999. Wartość pokarmowa ziarna owsa oplewionego (*Avena sativa* var. *nuda*). *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 6, 273–279.
97. MACIOROWSKI R., NITA Z., WERWIŃSKA K., STANKOWSKI S. 2006. Plonowanie nowych krótkokłosłych form owsa nagoziarnistego. *Biul. IHAR* 239, 123–135.
98. MACLEOD M.G., VALENTINE J., COWAN A., WADE A., MCNEILL L., BERNARD K. 2008. Naked oats: Metabolisable energy yield from a range of varieties in broilers, cockerels and turkeys. *Br. Poultry Sci.* 9, 368–377.
99. MÄKELA P., VÄÄRÄLÄ L., PELTONEN-SAINIO P. 1996. Agronomic comparison of Minnesota-adapted dwarf oat with semi-dwarf, intermediate, and tall oat lines adapted to northern growing conditions. *Can. J. Plant Sci.* 76, 727–734.
100. MÄKELA P., MUURINEN S., PELTONEN-SAINIO P. 2004. Alterations in growth and canopy architecture among dwarf, semidwarf and tall oat lines grown under northern conditions. *Agric. Food Sci.* 13 (1–2), 170–185.
101. MAKI K.C., DAVIDSON M.H., INGRAM K.A., VEITH P.E., BELL M., GUGGER E. 2003 a. Lipid responses to consumption of a beta-glucan containing ready-to-eat cereal in children and adolescents with mild-to-moderate primary hypercholesterolemia. *Nutr. Res.* 11, 1527–1535.
102. MAKI K.C., SHINNICK F., SEELEY M.A., VEITH P.E., QUINN L.C., HALLISSEY P.J., TEMER A., DAVIDSON M.H. 2003 b. Foods products containing free tall oil-based phytosterols and oat beta-glucan lower serum total and LDL cholesterol in hypercholesterolemic adults. *J. Nutr.* 3, 808–813.
103. MATEOS G.G., MARTIN F., LATORRE M.A., VICENTE B., LAZARO R. 2006. Inclusion of oat hulls in diets for young pigs based on cooked maize or cooked rice. *Anim. Sci.* 82, 57–63.
104. MATEOS G.G., LÓPEZ E., LATORRE M.A., VICENTE B., LAZARO R.P. 2007. The effect of inclusion of oat hulls in piglet diets based on raw or cooked rice and maize. *Anim. Feed Sci. Technol.* 135, 100–112.
105. MAURICE D.V., JONES J.E., HALL M.A., CASTALDO D.J., WHISENHUNT J.E., MCCONNELL J. 1985. Chemical composition and nutritive value of naked oats in broiler diets. *Poultry Sci.* 64, 529–535.
106. MC CLEARY B.V., CODD R. 1991. Measurement of (1-3)(1-4)- β -glucan in barley and oats: a streamlined enzymic procedure. *J. Sci. Food Agric.* 53, 303–312.
107. MICHALIK B., JACYNO E., LUBOWICKI R., BIEL W. 2013. Biological evaluation of the protein nutritional value in the diets of rats based on cereals and the yeast *Yarrowia lipolytica* growing on industrial glycerol. *Acta Agr. Scand. Anim. Sci.* (in print).
108. MILACH S.C.K., RINES H.W., PHILLIPS R.L. 1997. Molecular genetic mapping of dwarfing genes in oat. *Theor. Appl. Genet.* 95, 783–790.
109. MILACH S.C.K., FEDERIZZI L.C. 2001. Dwarfing genes in plant improvement. *Adv. Agron.* 73, 35–65.
110. MILACH S.C.K., RINES H.W., PHILLIPS R.L. 2002. Plant height components and gibberellic acid response of oat dwarf lines. *Crop Sci.* 42, 1147–1154.

111. MILCZAREK A., OSEK M., KLOCEK B. 2006. Wpływ owsa nieoplewionego i preparatu enzymatycznego na wyniki produkcyjne i poubojowe tuczników. *Rocz. Nauk. Pol. Tow. Zootech.* 2, 55–64.
112. MILCZAREK A., OSEK M. 2009. Wpływ wysokiego udziału owsa nieoplewionego w mieszance na efekty tuczu, wartość rzeźną i jakość mięsa świń. *Acta Sci. Pol., Ser. Zootech.* 8, 27–38.
113. MILLER E.R., ULLREY D.E. 1987. The pig as a model for human nutrition. *Ann. Rev. Nutr.* 7, 361–382.
114. MONGEAU R., SARWAR G., PEACE R.W., BRASSARD R. 1989. Relationship between dietary fiber levels and protein digestibility in selected foods as determined in rats. *Plant Foods Hum. Nutr.* 39, 45–51.
115. MORRIS J.R., BURROWS V.D. 1986. Naked oats in grower – finisher pig diets. *Can. J. Anim. Sci.* 66, 833–836.
116. MYER R.O., BARNETT R.D., WALKER W.R. 1985. Evaluation of hull-less oats (*Avena nuda* L.) in diets for young swine. *Nutr. Rep. Int.* 32, 1273–1277.
117. NAUMANN E., REES A.B. VAN, ONNING G., OSTE R., WYDRA M., MENSINK R.P. 2006. Beta-glucan incorporated into a fruit drink effectively lowers serum LDL-cholesterol concentrations. *Am. J. Clin. Nutr.* 83, 601–605.
118. NEWMAN R.K., LEWIS S., NEWMAN C., BOIK R., RAMAGE R. 1989 a. Hypocholesterolemic effect of barley foods on healthy men. *Nutr. Rep. Int.* 39, 749–760.
119. NEWMAN R.K., NEWMAN W., GRAHAM H. 1989 b. The hypocholesterolemic function of barley β -glucans. *Cereal Foods World* 34, 883–886.
120. NEWMAN R.K., NEWMAN C.W. 2008. Barley: Genetics and nutrient composition, in: *Barley for food and health: Science. Technology and products*. New Jersey, John Wiley and Sons, Inc. Publication, 56–94.
121. NIEWINSKI M.M. 2008. Advances in celiac disease and gluten-free diet. *J. Am. Diet Assoc.* 108, 661–672.
122. NITA Z. 1999. Stan aktualny i nowe kierunki hodowli owsa w Polsce. *Żywność* 1, 186–192.
123. NITA Z. 2003. Współczesne osiągnięcia i perspektywy hodowli owsa w Polsce. *Biul. IHAR* 229, 13–20.
124. NOBLET J., HENRY Y. 1993. Energy evaluation systems for pig diets: a review. *Livest. Prod. Sci.* 36, 121–141.
125. NOWAK K., BARCZAK B. 1991. Wpływ dawek nawożenia azotowego na jakość białka ziarna owsa odmiany Markus. *Zesz. Nauk. AR Krak.* 262, 81–86.
126. OLSON B., SCHNEEMAN B. 1998. Alimentary lipemia in enhanced in fiber-fed rats. *J. Nutr.* 128, 1031–1036.
127. OSER B.L. 1959. An integrated essential amino acid index for predicting biological value of proteins, in: *Protein and amino acid nutrition*. Ed. A.A. Albanese, New York, Academic Press. 295–311.
128. OYAREKUA M.A., ELEYINMI A.F. 2004. Comparative evaluation of the nutritional quality of corn, sorghum and millet ogi prepared by modified traditional technique. *J. Food Agric. Environ.* 2, 94–99.
129. PADHYE V.W., SALUNKHE D.K. 1979. Extraction and characterization of rice proteins. *Cereal Chem.* 56, 389–393.
130. PEDÓ I., SGARBIERI V.C., GUTKOSKI L.C. 1999. Protein evaluation of four oat (*Avena sativa* L.) cultivars adapted for cultivation in the south of Brazil. *Plant Foods Hum. Nutr.* 53, 297–304.
131. PELTONEN-SAINIO P. 1994. Yield component differences between naked and conventional oat. *Agron. J.* 86, 510–513.
132. PELTONEN-SAINIO P. 1997. Groat yield and plant stand structure of naked and hulled oat under different nitrogen fertilizer and seeding rates. *Agron. J.* 89, 140–147.
133. PELTONEN-SAINIO P., RAJALA A. 2001. Chloromequat chloride and ethephon affect growth and yield formation of conventional, naked and dwarf oat. *Agric. Food Sci. Finl.* 10, 165–174.
134. PELTONEN-SAINIO P., RAJALA A., SIMMONS S., CASPERS R., STUTHMAN D. 2003. Plant growth regulator and day length effects on pre-anthesis main shoot and tiller growth in conventional and dwarf oat. *Crop Sci.* 43, 227–233.

135. PETERSON D.M., WESENBERG D.M., BURRUP D.E., ERICKSON C.A. 2005. Relationship among agronomic traits and grain composition in oat genotypes grown in different environments. *Crop Sci.* 45, 1249–1255.
136. PETKOV K., BIEL W., KOWIESKA A., JASKOWSKA I. 2001. The composition and nutritive value of naked oat grain (*Avena sativa* var. *nuda*). *J. Anim. Feed Sci.* 10 (2), 303–307.
137. PETERSSON A., LINDBERG J.E., THOMKE S., EGGUM B.O. 1996. Nutrient digestibility and protein quality of oats differing in chemical composition evaluated in rats and by an *in vitro* technique. *Anim. Feed Sci. Technol.* 62, 203–213.
138. PIĄTKOWSKA E., WITKOWICZ R., PISULEWSKA E. 2010. Podstawowy skład chemiczny wybranych odmian owsa siewnego. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 3, 88–99.
139. PIECH M., NITA Z., MACIOROWSKI R. 2001. Reakcja owsa nieoplewionego i oplewionego na nawożenie azotem. *Biul. IHAR* 217, 111–119.
140. PIECHNIK S., BOROWIEC F., FURGAŁ K., KAMIŃSKI J., MICEK P. 1999. Skład chemiczny oraz profil kwasów tłuszczowych tłuszczu mięsa jagniąt żywionych dawkami z udziałem nasion rzepaku „00”, w: Materiały XXVIII Sesji Żywienia Zwierząt: Potrzeby pokarmowe wysokowydajnych zwierząt fermowych, Krynica 10–18 września 1999. Kraków, AR 175–179.
141. PISULEWSKA E., KOŁODZIEJCZYK M., WITKOWICZ R. 1997. Porównanie składu chemicznego ziarna owsa oplewionego i nagoziarnistego uprawianych w różnych warunkach siedliska. *Acta Agr. Silv., Ser. Agr.* 35, 99–106.
142. PISULEWSKA E., TOBIASZ-SALACH R., WITKOWICZ R., CIEŚLIK E., BOBRECKA-JAMRO D. 2011. Wpływ warunków siedliska na ilość i jakość lipidów w wybranych formach owsa. *Żywn. Nauka Technol. Jakość* 3, 66–77.
143. PODOLSKA G., NITA Z., MIKOS M. 2009. Plonowanie i skład chemiczny ziarna nagoziarnistej formy owsa karłowego (STH 5630) w zależności od gęstości siewu i nawożenia azotem. *Fragm. Agron.* 26, 100–107.
144. POTU R.B., LU H., ADEOLA O., AJUWON K.M. 2013. Metabolic markers in Ossabaw pigs fed high fat diets enriched in regular or low α -linolenic acid soy oil. *Nutr. Metab.* 10, 27–36.
145. RAJALA A., PELTONEN-SAINIO P. 2001. Plant growth regulator effects on spring cereal root and shoot growth. *Agron. J.* 93, 936–943.
146. RALCEWICZ M., KNAPOWSKI. 2006. Ocena oddziaływania wybranych czynników agrotechnicznych na wielkość plonu ziarna i skład aminokwasowy białka owsa. *Biul. IHAR* 239, 193–204.
147. RANHOTRA G.S., GELROTH J.A., ASTROTH K., RAO C.S. 1990. Relative lipidemic responses in rats fed oat bran or oat bran concentrate. *Cereal Chem.* 67, 509–511.
148. REDAELLI R., SGRULLETTA D., SCALFATI G., DE STEFANIS E., CACCIATORI P. 2009. Naked oats for improving human nutrition: genetic and agronomic variability of grain bioactive components. *Crop Sci.* 49, 1431–1437.
149. REEVES P.G. 1997. Components of the AIN-93 diets as improvements in the AIN-76 diet. *J. Nutr.* 127, 838–841.
150. REYNOLDS M.P., BORLAUG N.E. 2006. Impacts of breeding on international collaborative wheat improvement. *J. Agr. Sci.* 144, 3–17.
151. SAUER W.C., CICHON R., MISIR R. 1982. Amino acid availability and protein quality of canola and rapeseed meal for pigs and rats. *J. Anim. Sci.* 54, 292–301.
152. SÄRKIJÄRVI S., SAASTAMOINEN M. 2006. Feeding value of various processed oat grains in equine diets. *Livest Sci.* 100, 3–9.
153. SCHIPPER H., FREY K., HAMMOND E. 1991. Changes in fatty acid composition associated with recurrent selection for groat – oil content in oat. *Euphytica* 56, 81–88.
154. SHEWRY P.R., HALFORD N.G. 2002. Cereal seed storage proteins: structures, properties and role in grain utilization. *J. Exp. Bot.* 53, 947–958.
155. SHEWRY P.R., PIIRONEN V., LAMPI A.M., NYSTRÖM L., LI L., RAKSZEĞI M., FRAŚ A., BOROS D., GEBRUERS K., COURTIN C.M., DELCOUR J.A., ANDERSSON A.A., DIMBERG L., BEDO Z., WARD J.L. 2008. Phytochemical and fiber components in oat varieties in the HEALTHGRAIN Diversity Screen. *J. Agric. Food Chem.* 56, 9777–9784.
156. SHINNICK F.L., LONGACRE M.J., INK S.L., MARLETT J.A. 1988. Oat fiber: composition versus physiological function in rats. *J. Nutr.* 118 (2), 144–151.

157. SHINNICK F.L., INK S.L., MARLETT J.A. 1990. Dose response to a dietary oat bran fraction in cholesterol-fed rats. *J. Nutr.* 120 (6), 561–568.
158. SLAFER G.A. 2003. Genetic basis of yield as viewed from a crop physiologist's perspective. *Ann. App. Biol.* 142, 117–128.
159. SPURLOCK M.E., GABLER N.K. 2008. The development of porcine models of obesity and the metabolic syndrome. *J. Nutr.* 138, 397–402.
160. STRUSIŃSKA D., MINAKOWSKI D., BOMBA G., OTROCKA-DOMAGAŁA I., WIŚNIEWSKA M., TYWOŃCZUK J. 2009. Effect of whole cereal grains contained in the ration on calf performance and selected morphometric parameters of the rumen and small intestine. *Czech. J. Anim. Sci.* 54 (12), 540–551.
161. SUJAK A., KOTLARZ A., STROBEL W. 2006. Compositional and nutritional evaluation of several lupin seeds. *Food Chem.* 98, 711–719.
162. SULEK A., LESZCZYŃSKA D. 2004. Stan aktualny i perspektywy uprawy owsa w Polsce. *Biul. IHAR* 231, 387–395.
163. SVIHUS B., GULLORD M. 2002. Effect of chemical content and physical characteristics on nutritional value of wheat, barley and oats for poultry. *Anim. Feed Sci. Tech.* 102, 71–92.
164. TAMIME A.Y., MUIR D.D., BARCLAY M.N.I., KHASKHELI M., MCNULTY D. 1997. Laboratory-made Kishk from wheat, oat and barley: Part 1. Production and comparison of chemical and nutritional composition of Burghol. *Food Res. Inter.* 30, 311–317.
165. TAMM I. 2004. Influence of genotype and meteorological conditions on grain yield and quality of oat in Estonia, in: *Processing 7th International Oat Conference*, eds. P. Peltonen-Sainio, M. Topi-Hulmi, Helsinki, Finland, 2004, Jokioinen, MTT Agrifood Research Finland, *Agrifood Res. Rep.* 51, 45–50.
166. THOMPSON T., MÉNDEZ E. 2008. Commercial assays to assess gluten content of gluten-free foods: Why They Are Not Created Equal. *J. Am. Diet. Assoc.* 1682–1687.
167. THRO A.M., FREY K.J., HAMMOND E.G. 1983. Inheritance of fatty acid composition in oat (*Avena sativa* L.). *Qual. Plant Foods Hum. Nutr.* 32, 29–36.
168. TOBIASZ-SALACH R., JANKOWSKA D., BOBRECKA-JAMRO D., SZPUNAR-KROK E. 2011. Yield and chemical composition of the grain of new dwarf breeding lines of oat (*Avena sativa* L.). *Acta Sci. Pol., Ser. Agric.* 10 (4), 161–171
169. VALENTINE J., HALE O.D. 1990. Investigation into reduced germination of seed of naked oats. *Plant Var. Seeds.* 3, 21–30.
170. VAN SOEST P.J., ROBERTSON J.B., LEWIS B.A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583–3597.
171. WALENS M. 2003. Wpływ nawożenia azotowego i gęstości siewu na wysokość i jakość plonu ziarna odmian owsa oplewionego i nagoziarnistego. *Biul. IHAR* 229, 115–124.
172. WELCH R.W., HAYWARD M.V., JONES D.I.H. 1983. The composition of oat husk and its variation due to genetic and other factors. *J. Sci. Food Agric.* 34, 417–426.
173. WELCH R.W., BROWN J.C.W., LEGGETT J.M. 2000. Interspecific and intraspecific variation in grain and groat characteristics of wild oat (*Avena*) species: very high groat (1→3), (1→4)-β-D-glucan in an *Avena atlantica* genotype. *J. Cereal Sci.* 31, 273–279.
174. WHITE G.A., DOUCET F.J., HILL S.E., WISEMAN J. 2008. Physicochemical properties and nutritional quality of raw cereals for newly weaned piglets. *Animal* 2, 867–878.
175. WISKER E., BACH KNUDSEN K.E. 2003. The rat as a model for pigs: comparative values for the digestibility of NSP and other macronutrients. *Br. J. Nutr.* 90, 373–383.
176. WOJTASIK A., KUNACHOWICZ H., DANIEWSKI W. 2008. Aktualne wymagania dla produktów bezglutenowych w świetle ustaleń kodeksu żywnościowego. *Bromat. Chem. Toksykol.* 3, 229–233.
177. WOOD P.J. 2007. Cereal β-glucans in diet and health. *J. Cereal Sci.* 46, 230–238.
178. WRÓBEL E. 1993. Wpływ nawożenia azotem na plonowanie i jakość białka ziarna jęczmienia jarego i owsa uprawianych na paszę. *Zesz. Nauk. ART. Olszt., Ser. Agric.* 56, 29–46.
179. 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 and endogenous nitrogen losses in growing pigs fed wheat (var. Soissons) or its by-products without or with xylanase supplementation. *Livest. Prod. Sci.* 62, 119–132.

180. ZARKADAS C.G., YU Z., BURROWS V.D. 1995 a. Assessment of the protein quality of two new Canadian-developed oat cultivars by amino acid analysis. *J. Agric. Food Chem.* 43, 422–428.
181. ZARKADAS C.G., YU Z., BURROWS V.D. 1995 b. Protein quality of three new Canadian developed naked oat cultivars using amino acid compositional data. *J. Agric. Food Chem.* 43, 415–421.
182. ZHANG J., HALLMANS G., ANDERSON H., BOSAEUS L., AMAN P., TIDEHAG P., STENDLING R., LUNDIN E., DAHLGREN S. 1992. Effect of oat bran on plasma cholesterol and bile acid excretion in nine subjects with ileostomies. *Am. J. Clin. Nutr.* 56, 99–105.
183. ZHAO G., ETHERTON T.D., MARTIN K.R., WEST S.G., GILLIES P.J., KRIS-ETHERTON P.M. 2004. Dietary alpha-linolenic acid reduces inflammatory and lipid cardiovascular risk factors in hypercholesterolemic men and women. *J. Nutr.* 134, 2991–2997.
184. ZHOU M.X., HOLMES M.G., ROBARDS K., HELLIWELL S. 1998. Fatty acid composition of lipids of Australian oats. *J. Cereal Sci.* 28, 311–319.
185. ZHOU M.X., ROBARDS K., HOLMES M.G., HELLIWELL S. 1999. Oat lipids. *JAACS* 76, 159–169.
186. ZYCH J. 2001. *Owies. Lista opisowa odmian*. Słupia Wielka, COBORU.

Chemical composition and nutritious value of protein from various oat forms, with a particular consideration given to short-shoot forms with the *Dw6* dwarfness gen introduced

Summary

Nutritive value of different forms of oat was determined with a particular consideration of the short-line strains where the *Dw6* dwarf gene was introduced. Chemical composition of grain from two standard cultivars with the traditional shoot length (the naked 'Polar' and the hulled 'Krezus'), four traditional hulled cultivars and 21 strains with the *Dw6* dwarf gene from 'Bandicoot' cultivar (nine short-line strains of naked-grain oat and 12 short-line strains of hulled oat) from four subsequent harvest years was performed. The selected strains with the *Dw6* dwarf gene (STH 7205 – naked, short-line, and STH 6106 – hulled, short-line) and, for comparison, standard cultivars (the naked 'Polar' and the hulled 'Krezus') were subject to biologic tests, where the nutritious value of the protein and concentration of lipid components in rat serum were determined.

Compared to the hulled oat grain, the naked oat grain contained more of the total protein (at $p \leq 0,01$), ether extract (at $p \leq 0,05$) and Phosphorus and β -glucans (at $p \leq 0,01$), while there was less (at $p \leq 0,01$) of the crude fiber and its fractions: cellulose, hemicellulose, NDF, ADF and ADL, as well as crude ash, including Calcium. In the naked grain oat, fat presented a more favorable composition – a lower content of unsaturated fat acids (at $p \leq 0,01$), whereas it contained a higher (at $p \leq 0,05$) concentration of unsaturated acids, including monosaturated ones, as well as neutral and hypocholesterolemic acids, when compared to the fat of the hulled oat. Compared to hulled oat, naked-grain oat protein contained more (at $p \leq 0,01$) exogenous amino acids (EAA), including lysine and Sulphuric amino acids, and presented a higher quality, defined with ratings calculated on the basis of its amino acidic composition (*CS*, *EAAI* and *PER*; $p \leq 0,01$ and $p \leq 0,05$).

Compared to the short-line oat, the oat cultivars with the traditional shoot length contained more (at $p \leq 0,05$) total protein, lignin (ADL) and hemicellulose, but less ($p \leq 0,05$) ether extract and nitrogen-free extract (NFE). The profile of fatty acids did not differentiate substantially the fat contained in grains of both forms. Compared to the traditional oat, the short-line oat protein contained more Sulphuric amino acids (at $p \leq 0,01$) and less (at $p \leq 0,05$) threonine and more of the endogenic amino acids. Coefficients calculated based on its amino acids composition did not differentiate substantially the nutritious value of the protein extracted from the above mentioned forms. The amino acid, which impaired the quality of the protein in all the oat forms concerned was lysine.

Introduction of the *Dw6* dwarf gene into both the naked-grain and hulled oat form increased (at $p \leq 0,01$) the grain content of the total protein, ether extract and Phosphorus, while reducing at the same time (at $p \leq 0,01$) the content of the crude fiber and its fractions: cellulose, NDF, ADF or ADL and Calcium, compared to the grains of the traditional, standard cultivars (the naked 'Polar' and the hulled 'Krezus').

Obtained in experimental studies on rats, values of the growth efficiency coefficient PER for oat grain fluctuated within the range 2,38–2,45 and had no significant effect the quality of protein in the standard cultivars concerned (the naked ‘Polar’ and the hulled ‘Krezus’) or in the strains (the naked and the hulled forms with dwarf gene). The biologic values of protein (BV) in grain of all the oat cultivars tested were similar and quite high (between 76 and 80). The evaluated oat forms presented different true digestibility (TD) of protein. The highest TD value (88%, at $p \leq 0,05$) was recorded for grain protein in the lineage of STH 7205 (naked, short-line), while the it was the lowest (83%, at $p \leq 0,05$) in protein extracted from the traditional hulled cultivar of ‘Krezus’. TD value of the protein from the traditional, naked cultivar of ‘Polar’ was higher (at $p \leq 0,05$) then the one taken from the traditional hulled cultivar of ‘Krezus’. TD of the protein from STH 7205 strain (naked with dwarf gene) was higher (at $p \leq 0,05$) then the one for STH 6106 strain (hulled with dwarf gene). Naked oat had a noticeably more positive influence on lipids management in the rat blood than the hulled oat (lower content of TCH, LDL, at $p \leq 0,05$ and TGC, while higher HDL, at $p \leq 0,05$).

The test results show higher nutritious value (chemical composition and nutritious value of the protein) of the naked oat than of the hulled oat. Grain of the oat forms with the *Dw6* dwarf gene, introduced from ‘Bandicoot’ cultivar, presented a more favorable chemical composition and a higher nutritious value of protein, especially, the true digestibility (TD), comparing to the standard cultivars of the hulled and naked forms.

Chemische Zusammensetzung und der Eiweißnährwert verschiedener Haferformen unter besonderer Berücksichtigung von kurzstrohigen Formen mit eingeführtem Zwergförmigkeitsgen *Dw6*

Zusammenfassung

Es wurde der Kornnährwert verschiedener Haferformen unter besonderer Berücksichtigung von kurzstrohigen Stämmen mit eingeführtem Zwergförmigkeitsgen *Dw6* bestimmt. Es wurde eine Analyse der chemischen Zusammensetzung des Korns von zwei Mustersorten mit herkömmlicher Strohlänge (nacktkörnig – ‘Polar’ und bespelzt – ‘Krezus’), vier herkömmlichen bespelzten Sorten und von 21 Stämmen mit dem Zwergförmigkeitsgen *Dw6* aus der Sorte ‘Bandicoot’ (neun kurzstrohige Stämme des nacktkörnigen Hafers und 12 kurzstrohige Stämme des bespelzten Hafers) aus vier nacheinander folgenden Erntejahren durchgeführt. An ausgewählten Stämmen mit dem Zwergförmigkeitsgen *Dw6* (STH 7205 – nacktkörnig, kurzstrohig und STH 6106 – bespelzt, kurzstrohig) und für Vergleichszwecke an den Mustersorten (nacktkörnig – ‘Polar’ und bespelzt – ‘Krezus’) wurden biologische Untersuchungen durchgeführt, in welchen der Eiweißnährwert und die Konzentration von Lipidbestandteilen im Rattenserum bestimmt wurde.

Das Korn des Nackthafer beinhaltete im Vergleich mit dem bespelzten Korn mehr Gesamteiweiß ($p \leq 0,01$), Etherextrakt ($p \leq 0,05$) als auch mehr Phosphor und Betaglukane ($p \leq 0,01$), dagegen weniger ($p \leq 0,01$) Rohfasern und ihrer Fraktionen: Cellulose, Hemicellulose, NDF, ADF und ADL, als auch Rohasche, darin Kalzium. Das Fett im Nackthafer kennzeichnete sich durch eine günstigere Zusammensetzung – geringeren Gehalt an gesättigten Fettsäuren ($p \leq 0,01$), dagegen durch einen höheren Gehalt ($p \leq 0,05$) – an ungesättigten Säuren, darin an einfach ungesättigten Säuren, als auch an neutralen und hypocholesterolämischen Säuren, im Vergleich zum Kornfett des bespelzten Hafers. Das Eiweiß des Nackthafer beinhaltete im Vergleich zum bespelzten Hafer mehr ($p \leq 0,01$) exogene Aminosäuren (EAA), darin Lysin und Schwefelaminosäuren und war von besserer Qualität, die mit Hilfe der Kennzahlen bestimmt wurde, die auf Basis der Aminosäurezusammensetzung berechnet wurden (CS, EAAI und PER; $p \leq 0,01$ und $p \leq 0,05$).

Der Hafer mit herkömmlicher Strohlänge beinhaltete im Vergleich mit dem kurzstrohigen Hafer mehr ($p \leq 0,05$) Gesamteiweiß, Lignin (ADL) und Hemicellulose, dagegen weniger ($p \leq 0,05$) Etherextrakt und BAW. Das Profil der Fettsäuren differenzierte in keiner wesentlichen Weise das Kornfett beider Formen. Das Eiweiß des kurzstrohigen Hafers beinhaltete im Vergleich zum herkömmlichen Hafer mehr Schwefelaminosäuren ($p \leq 0,01$), dagegen weniger ($p \leq 0,05$) Threonin und der Mehrheit von endogenen Aminosäuren. Die auf Basis der Aminosäurezusammensetzung berechneten Kennzahlen differenzierten in keiner wesentlichen Weise den Eiweißnährwert des Korns der obigen Formen. Die Aminosäure, die die Eiweißqualität aller untersuchten Formen beschränkte, war das Lysin.

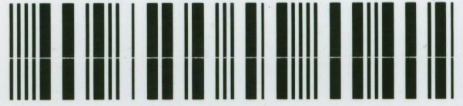
Die Einführung des Zwergförmigkeitsgens *Dw6* sowohl in die nacktförmigen als auch bespelzten Haferformen erhöhte ($p \leq 0,01$) den Gehalt an Gesamteiweiß, Etherextrakt und Phosphor im Korn, verringerte dagegen ($p \leq 0,01$) den Gehalt an Rohfasern und ihren Fraktionen: Cellulose, Hemicellulose, NDF, ADF und ADL, als auch an Kalzium im Vergleich mit dem Korn der herkömmlichen Mustersorten (nacktkörnig – ‘Polar’ und bespelzt – ‘Krezus’).

Die in experimentellen Untersuchungen an Laborratten erzielten Werte des Proteinwirksamkeitskoeffizienten (*protein efficiency ratio*, *PER*) des Haferkorns schwankten in den Grenzen von 2,38–2,45 und hatten keinen wesentlichen Einfluss auf die Eiweißqualität der analysierten Mustersorten (nacktkörnig – ‘Polar’ und bespelzt – ‘Krezus’) und der Stämme (der nacktkörnigen und bespelzten Form mit dem Zwergförmigkeitsgen). Der biologische Wert (BV) des Korns aller untersuchten Haferformen war nahezu gleich und lag auf hohem Niveau (im Bereich von 76–80). Die zu bewertenden Haferformen kennzeichneten sich durch verschiedene reelle Eiweißverdaulichkeit (TD). Den größten TD-Wert (88%, $p \leq 0,05$) stellte man für das Eiweiß des Korns aus dem Stamm STH 7205 (nacktkörnige, kurzstrohige Form), dagegen die kleinste (83%, $p \leq 0,05$) für das Eiweiß des Haferkorns der herkömmlichen bespelzten Sorte ‘Krezus’. Der TD-Wert des Eiweißes der herkömmlichen nacktkörnigen Sorte ‘Polar’ war größer ($p \leq 0,05$) als der herkömmlichen bespelzten Sorte ‘Krezus’. Der TD-Wert des Stamms STH 7205 (nacktkörnig mit dem Zwergförmigkeitsgen) war größer ($p \leq 0,05$) als des Stamms STH 6106 (bespelzt mit dem Zwergförmigkeitsgen). Der nacktkörnige Hafer hatte einen wesentlich besseren Einfluss auf die Lipidwirtschaft im Rattenblut als der bespelzte Hafer (geringerer Gehalt an TCH, LDL, bei $p \leq 0,05$ als auch an TGC, dagegen größerer Gehalt an HDL, bei $p \leq 0,05$).

Die Ergebnisse der Untersuchungen weisen auf einen besseren Nährwert (chemische Zusammensetzung und der Nährwert von Eiweiß) des nacktkörnigen Hafers als des bespelzten Hafers hin. Das Korn der angebauten Haferformen mit eingeführtem Zwergförmigkeitsgen *Dw6* der Sorte ‘Bandicoot’ kennzeichnete sich durch eine günstigere chemische Zusammensetzung und einen höheren Eiweißnährwert und insbesondere durch eine höhere reelle Verdaulichkeit (TD), als die Mustersorten der nacktkörnigen und bespelzten Formen.

Biblioteka Główna
Zachodniopomorskiego Uniwersytetu
Technologicznego w Szczecinie

CZ.55957



001-055957-00-0

CZ 24.02

ISBN: 978-83-7663-159-2