UNIWERSYTET WARMIŃSKO-MAZURSKI
W OLSZTYNIE
WYDZIAŁ BIOINŻYNIERII ZWIERZĄT

mgr inż. Przemysław Żukowski

Przydatność paszowa mieszańców traw *Festulolium* w żywieniu bydła

Praca doktorska wykonana
w Katedrze Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa
Promotor: prof. dr hab. Cezary Purwin
Promotor pomocniczy: dr inż. Paulina Pogorzelska-Przybyłek

Olsztyn, 2022

UNIVERSITY OF WARMIA AND MAZURY
IN OLSZTYN
FACULTY OF ANIMAL BIOENGINEERING



mgr inż. Przemysław Żukowski

Feeding suitability of *Festulolium* grass hybrids in cattle nutrition

Dissertation performer in the
Department of Animal Nutrition and Feed Science
under the guidance of prof. dr hab. Cezary Purwin
and dr inż. Paulina Pogorzelska-Przybyłek

Olsztyn, 2022

Spis treści

Wykaz stosowanych skrótów 5
1. WSTĘP 8
2. PRZEGLĄD PIŚMIENNICTWA 9
2.1. Struktura trwałych użytków zielonych w Polsce i ich znaczenie w produkcji pasz objętościowych dla przeżuwaczy 9
2.2. Charakterystyka gatunków traw rodzicielskich i mieszańców *Festulolium* 12
2.3. Wartość paszowa zielonek i kiszonek z traw w żywieniu przeżuwaczy 18
2.4. Wpływ żywienia kiszonką z traw na efektywność opasania bydła 22
2.4.1. Wpływ żywienia na zawartość tłuszczu i profil kwasów tłuszczowych w mięsie wołowym 24
2.5. Wpływ żywienia kiszonką z traw na efektywność produkcyjną krów mlecznych 26
2.5.1. Wpływ żywienia na profil kwasów tłuszczowych tłuszczu mlecznego 28
3. HIPOTEZA BADAWCZA 31
4. CEL PRACY 32
5. MATERIAŁ I METODY 33
5.1. Układ doświadczenia 33
5.2. Produkcja pasz 33
5.3. Zwierzęta i żywienie 34
5.3.1. Doświadczenie I – buhaje opasowe 34
5.3.2. Doświadczenie II – krowy mleczne 36
5.4. Analizy chemiczne pasz 38
5.5. Strawność dawek doświadczalnych 40
5.6. Analiza płynu żwacza 41
5.7. Produkcyjność zwierząt doświadczalnych 42
5.7.1. Doświadczenie I – buhaje opasowe 42
5.7.2. Doświadczenie II – krowy mleczne 44
5.8. Analiza statystyczna 45
6. WYNIKI I DYSKUSJA 47
6.1. Skład chemiczny i wartość pokarmowa zielonek 47
6.2. Plon suchej masy, białka ogólnego i energii netto zielonek 49
6.3. Skład chemiczny i wartość pokarmowa kiszonek 51
6.4. Skład frakcji białkowych zielonek i kiszonek doświadczalnych wg CNCPS 54
6.5. Skład kwasów tłuszczowych w kiszonkach doświadczalnych 57

6.6.Wyniki produkcyjne opasanych buhajów 58
6.7. Wyniki produkcyjne krów mlecznych 65
7. PODSUMOWANIE 72
8. WNIOSKI 74
9. LITERATURA 75
10. TABELE 108
11. STRESZCZENIE 127
12. SUMMARY 130

Wykaz stosowanych skrótów:

2-DE	dwukierunkowa elektroforeza
ADF	włókno kwaśno detergentowe
ADIN	azot nierozpuszczalny w kwaśnym detergencie
ADL	kwaśna lignina
Arg	arginina
BSN	azot rozpuszczalny w buforze
BSPN	azot białkowy rozpuszczalny w buforze
BTJ	białko rzeczywiście trawione w jelicie cienkim
BTJE	białko rzeczywiście trawione w jelicie cienkim zależne od podaży energii
BTJN	białko rzeczywiście trawione w jelicie cienkim zależne od podaży azotu
C10:0	kwas kaprynowy
C14:0	kwas mirystynowy
C14:1	kwas mirystooleinowy
C15:0	kwas pentadekanowy
C16:0	kwas palmitynowy
C16:1	kwas palmitooleinowy
C18:0	kwas stearynowy
C18:1 n-9	kwas oleinowy
C18:1 t6+9	kwas elaidynowy
C18:1 *trans* 11 – TVA	kwas wakcenowy
C18:2	kwas linolowy
C18:2 *cis* 9 *trans* 11 – CLA	sprzężony kwas linolowy
C18:3	kwas α-linolenowy
C20:4 - AA	kwas arachidonowy
C20:5 – EPA	kwas eikozapentaenowy
C22:6 – DHA	kwas dokozaheksanowy
CNCPS	The Cornell Net Carbohydrate and Protein System
DGAT	acylotransferaza diacylglicelorowa
dNDF	strawne włókno neutralno detergentowe

ECM	wskaźnik wydajności mleka (energy corrected milk)
EM	energia metaboliczna
FAME	estry metylowe kwasów tłuszczowych
FCR	współczynnik wykorzystania paszy
FISH	fluorescencyjna hybrydyzacja kwasów nukleinowych
Frakcja A	związki azotowe niebiałkowe
Frakcja B1	białko rozpuszczalne w buforze
Frakcja B2	białko rozpuszczalne w neutralnym detergencie, a nierozpuszczalne w buforze
Frakcja B3	białko rozpuszczalne w kwaśnym detergencie, a nierozpuszczalne w neutralnym detergencie
Frakcja C	białko nierozpuszczalne w kwaśnym detergencie
GISH	genomowa hybrydyzacja kwasów nukleinowych
GUS	Główny Urząd Statystyczny
HF	rasa holsztyńsko-fryzyjska
Hys	histydyna
IMF	tłuszcz śródmięśniowy
iNDF	niestrawne włókno neutralno detergentowe
IP	białko nierozpuszczalne w buforze
LDL	frakcja lipoprotein o niskiej gęstości (low density lipoproteins), nazywana złym cholesterolem
LT	mięsień *longissimus thoracis*
LWG	całkowity przyrost masy ciała
Lys	lizyna
Met	metionina
MUFA	jednonienasycone kwasy tłuszczowe
N	azot
n-3 PUFA	wielonienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny n-3
n-6 PUFA	wielonienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny n-6
NDF	włókno neutralno detergentowe
NDIN	azot nierozpuszczalny w neutralnym detergencie
NEFA	wolne kwasy tłuszczowe
$N\text{-}NH_3$	azot amoniakalny

NPBSN	azot niebiałkowy rozpuszczalny w buforze
NPN	związki azotowe niebiałkowe
pdNDF	potencjalnie strawne włókno neutralno detergentowe
PHF	rasa polska holsztyńsko-fryzyjska odmiany czarno-białej
PUFA	wielonienasycone kwasy tłuszczowe
SEM	standardowy błąd średniej
SFA	nasycone kwasy tłuszczowe
SM	sucha masa
SSR	detekcja prostych sekwencji powtarzalnych
TMR	całkowicie wymieszana dawka
TUZ	trwałe użytki zielone
UFA	nienasycone kwasy tłuszczowe (MUFA+PUFA)
WSC	cukry rozpuszczalne w wodzie
WSP	współczynnik strawności pozornej

1. WSTĘP

Podstawowym składnikiem wielu systemów produkcji mleka i wołowiny na całym świecie, a zwłaszcza w krajach klimatu umiarkowanego, w tym Europy Północnej jest dobrej jakości kiszonka z traw. Wartość pokarmowa sporządzanych kiszonek warunkowana jest zwykle wieloma czynnikami, wśród których do najważniejszych należą: gatunek, odmiana, faza wegetacji zbioru roślin i zmiany składu chemicznego zachodzące podczas procesu fermentacji (Huhtanen i in., 2007; Huuskonen i in., 2017). Prawidłowo zagospodarowane użytki zielone mogą stanowić cenne źródło surowca paszowego, a dodatkowo pełnić rolę w utrzymaniu równowagi pomiędzy produkcją roślinną i zwierzęcą, zapewniając właściwy obieg składników pokarmowych w gospodarstwie, przyczyniając się tym samym do poprawy stanu środowiska (Jankowska-Huflejt, 2007; Jankowska-Huflejt i in., 2009).

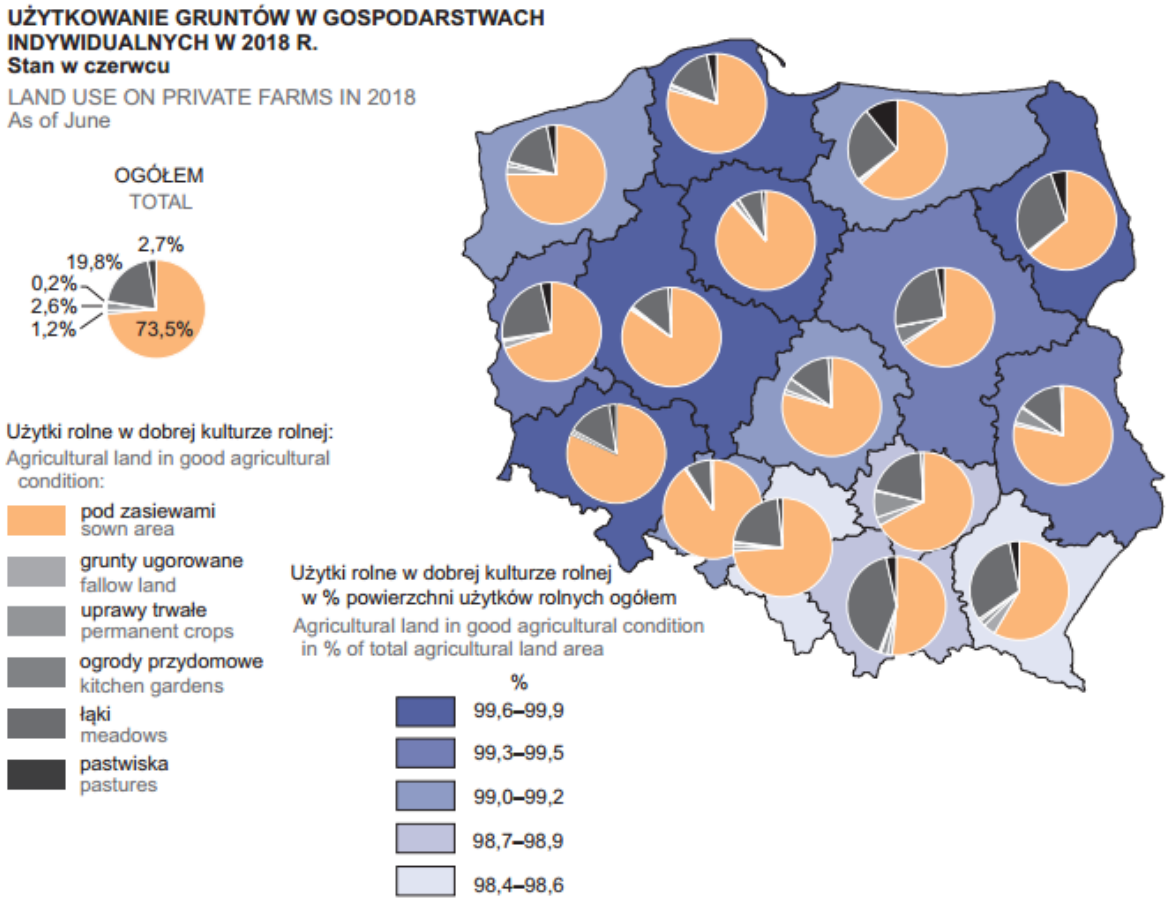
W żywieniu przeżuwaczy najbardziej cenionymi są gatunki traw pastewnych z rodzaju *Lolium* (życica) i *Festuca* (kostrzewa), a w ostatnich latach również ich mieszańce, trawy rodzaju *Festulolium* (kostrzyca) (Humphreys i in., 2014). Wyraźna dominacja *Festulolium* wynika z połączenia najlepszych cech gatunków rodzicielskich, wysokiej wydajności plonowania (*Lolium*) i odporności (*Festuca*). Życica trwała (*Lolium perenne*) i życica wielokwiatowa (*Lolium multiflorum*) są jednymi z najczęściej wykorzystywanych do produkcji pasz objętościowych. Gatunki wyróżnia przede wszystkim wysoki plon suchej masy, bardzo dobra smakowitość i wysoka strawność. Jednakże wykazują niską mrozoodporność i zimotrwałość. Natomiast kostrzewa trzcinowa (*Festuca arundinacea*) i kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis*) są znane z wysokiej trwałości oraz tolerancji na stresy biotyczne i abiotyczne. *Festuca arundinacea* znana jest z bardzo dobrze rozwiniętego systemu korzeniowego, co skutkuje wybitną tolerancją na suszę, zaś *Festuca pratensis* jest nośnikiem genu zimotrwałości (Humphreys i in., 1998; Kopecky i in., 2006). Trawy *Festulolium* powstają z różnych krzyżowań, o zróżnicowanej ploidalności, co wpływa na ich cechy agronomiczne. Skład genomu wydaje się być wyrównany po 9 – 10 pokoleniach od początkowego krzyżowania. Stopniowe przemieszczanie składu genomu w kierunku rodzaju *Lolium* spowalnia, jak odnotowano we wczesnych pokoleniach, co skutkuje równowagą stosunku genomów rodzicielskich (Humphreys i in., 2014; Kopecky i in., 2017).

Dotychczas przeprowadzone badania nad cechami agronomicznymi i wartością paszową *Festulolium*, potwierdzają wysoki potencjał plonowania, wysoką wartość odżywczą i możliwość efektywnego obniżenia kosztów produkcji mleka oraz wołowiny (Yonemaru i in., 2004; Touno i in., 2006; Ostrem i in., 2013; Rzeźnik i Goliński, 2013; Kubota i in., 2014; Humphreys i Zwierzykowski, 2020; Boller i in., 2022).

2. PRZEGLĄD PIŚMIENNICTWA

2.1. Struktura trwałych użytków zielonych w Polsce i ich znaczenie w produkcji pasz objętościowych dla przeżuwaczy

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) trwałe użytki zielone (TUZ), do których należą łąki i pastwiska, w roku 2018 zajmowały w Polsce powierzchnię 3,81 mln ha, co stanowiło 20,31% struktury użytków rolnych oraz 12,18% powierzchni kraju (Rocznik Statystyczny Rolnictwa, 2019). Krajowe rozmieszczenie TUZ było zróżnicowane (Rysunek 1). Największy udział w strukturze gruntów uprawnych odnotowano w Polsce północno-wschodniej, gdzie TUZ stanowiły 32,35% w województwie podlaskim i 28,94% w województwie warmińsko-mazurskim, a także w rejonie Polski południowo-wschodniej, w województwie podkarpackim – 26,61%. TUZ położone są najczęściej w dolinach rzecznych, jak i obniżeniach terenu, a także stokach górskich, gdzie niemożliwa jest uprawa. Specyficzna rzeźba terenu sprawia, iż 89,5% TUZ stanowią łąki niżowe (Goliński, 2006).



Rysunek 1. Procentowy udział TUZ w powierzchni użytków rolnych (Rocznik Statystyczny Rolnictwa, 2019).

Polska w porównaniu z innymi krajami Europy, ale też i świata zawiera stosunkowo niedużo powierzchni zadarnionych. W Polsce TUZ zajmuję powierzchnię niespełna 4 mln ha, co w przeliczeniu na jednego mieszkańca wynosi 0,1 ha. Największym udziałem TUZ w Europie wyróżniają się takie kraje jak Nowa Zelandia (94%) i Irlandia (90%), oraz nieco mniejszym udziałem charakteryzuje się Holandia (62%) i Anglia (63%). W przeliczeniu na jednego mieszkańca na świecie przypada średnio 0,60 ha TUZ i jest to w Azji – 0,16 ha, Europie – 0,20 ha, Ameryce Północnej – 1,52 ha (Kopacz i Twardy, 2013; Kopacz, 2015).

Łąki i pastwiska trwałe pełnią szereg funkcji przyrodniczych, jak i przede wszystkim funkcje gospodarcze, wśród których najważniejszą jest zapewnienie wartościowej i taniej bazy paszowej dla zwierząt gospodarskich. Użytki zielone są wykorzystywane jako źródło cennej biomasy w postaci świeżej zielonki skarmianej w okresie pastwiskowym, lub też siana, kiszonek i sianokiszonek uzyskanych z kośnego użytkowania łąk i pastwisk, skarmianych w okresie poza pastwiskowym (Kopacz, 2015). Oprócz typowo rolniczego użytkowania produkcyjnego TUZ, można także mówić o funkcjach, do których zaliczamy m.in.: produkcję ściółki wytwarzanej z runi o słabszej jakości, produkcję darni pod trawniki, produkcję biomasy trawiastej na cele energetyczne, wykorzystanie w budownictwie, czy też w wytwarzaniu celulozy, jako zamiennik drewna na papier niższej jakości. Dodatkowo powierzchnie zadarnione pełnią funkcję ochronną gleby przed erozją zarówno wodną, jak i wietrzną, gdyż około 90% masy korzeniowej roślin mieści się w warstwie przypowierzchniowej. Zbiorowiska trawiaste posiadają wysokie zdolności retencyjne, wspomagając utrzymanie prawidłowej wilgotności gleb i poprawiając małą retencję w zlewni. Przyczynia się to do zmniejszenia krytycznych zjawisk hydrologicznych, takich jak susze i powodzie (Jankowska-Huflejt, 2007; Kopacz, 2015). TUZ wpływając na mikroklimat, pośrednio uczestniczą w utrzymaniu bioróżnorodności (Lugato i in., 2014).

Wykorzystanie użytków zielonych jako paszowisk powiązane jest w znacznym stopniu z pogłowiem zwierząt trawożernych. W roku 1990 w Polsce było ogółem 10,049 mln sztuk bydła, z czego 4,919 mln stanowiły krowy mleczne. W latach 1990 – 2004 odnotowano spadek pogłowia przeżuwaczy. Natomiast w grudniu 2012 roku bydła ogółem było 5,777 mln sztuk, w tym 2,578 mln krów mlecznych. Jednocześnie w grupie pozostałych zwierząt trawożernych, zarejestrowano 267 tys. owiec, 144 tys. kóz i 329 tys. koni (Rocznik Statystyczny Rolnictwa, 2012). Ze względu na ilość uzyskiwanego plonu, TUZ w Polsce trzeba kwalifikować jako ekstensywne. Według danych statystycznych średni plon siana z TUZ wynosił 4,7 $t \cdot ha^{-1}$ (Rocznik Statystyczny Rolnictwa, 2011). Natomiast w 2010 roku sporządzono 12,1 mln ton siana łąkowego i zebrano zaledwie 2,1 mln ton zielonej masy

z pastwisk w przeliczeniu na suchą masę (SM). O słabej jakości pasz z TUZ świadczy to, iż zajmują one 69,9% powierzchni paszowej kraju, gwarantując tylko 36,0% produkcji pasz wyrażonej w jednostkach owsianych. Natomiast na gruntach ornych, 30,1% areału stanowią uprawy pastewne, z których produkcja pasz wynosi 64% (Zastawny, 2001).

Skarmianie pasz objętościowych produkowanych z użytkowych zielonych stanowi wartościowe źródło witamin, składników mineralnych i związków biologicznie aktywnych, które wpływają na wzrost wartości uzyskiwanych produktów odzwierzęcych, ale również wpływają na samopoczucie i status zdrowotny zwierząt. Wykorzystanie TUZ w żywieniu przeżuwaczy jest podstawowym elementem systemu produkcji ekologicznej lub ekstensywnej. Stosowanie w żywieniu bydła zielonek pochodzących z TUZ oraz mieszanek trawiasto-motylkowych pozytywnie wpływa na wartość odżywczą wyprodukowanego mleka i mięsa. W surowcach uzyskanych od zwierząt wypasanych na pastwisku lub żywionych runią łąkową, w porównaniu do zwierząt żywionych kiszonkami, obserwuje się zwiększoną koncentrację nienasyconych kwasów tłuszczowych (UFA), wyższą zawartość antyoksydantów, takich jak karotenoidy, ksantofile, flawonoidy czy tokoferole (Elgersma i in., 2003a; Dewhurst i in., 2006; Scollan i in., 2006; Maloney i in., 2008; Doreau i in., 2010; Revello-Chion i in., 2012). Dodatkowo mleko i mięso uzyskane od zwierząt wypasanych na pastwisku wyróżnia się specyficznymi walorami smakowymi i zapachowymi. Dlatego też w krajach Europy Zachodniej rozpowszechnia się w coraz większym stopniu żywienie pastwiskowe, a prozdrowotne produkty żywnościowe otrzymane z wyższej jakości surowca są coraz bardziej uznawane przez konsumentów (Elgersma, 2012; Van den Pol-van Dasselaar, 2012). Na całym świecie produkcja mleka i wołowiny opiera się w głównej mierze na różnych gatunkach traw, skarmianych jako podstawowa pasza pastwiskowa i/lub konserwowana. Skarmianie zielonek konserwowanych jest niezbędnym elementem wykorzystania produkcyjności użytków zielonych, ponieważ warunki pogodowe nie w każdym klimacie umożliwiają wypasanie całoroczne. Należy pamiętać, że skarmianie pasz konserwowanych wiąże się z wyższymi kosztami produkcji (Arnerson i Salevid, 2019; Kumm, 2019). W takich krajach, jak Irlandia czy Nowa Zelandia nadal praktyką większości stad krów mlecznych jest dieta oparta o świeżą wypasaną zielonkę. Pomimo intensyfikacji produkcji mleczarskiej, która wiąże się ze zmianą systemu żywienia, pasze trawiaste ciągle stanowią podstawę dawek pokarmowych nie tylko w Europie, ale także w Stanach Zjednoczonych i na Bliskim Wschodzie (Legrand i in., 2009; Getter i in., 2015).

2.2. Charakterystyka gatunków traw rodzicielskich i mieszańców *Festulolium*

Na przełomie ostatnich lat w hodowli traw pastewnych wzrosło zainteresowanie mieszańcami międzyrodzajowymi i międzygatunkowymi w obrębie kompleksu *Lolium-Festuca*. Krzyżowanie gatunków tych rodzajów traw umożliwia połączenie w jednym genomie wielu komplementarnych cech (Rzeźnik i Goliński, 2013; Humphreys i in., 2014). Życice wyróżniają się wysokim plonem SM, bardzo dobrą zdolnością odrastania i tolerancją na częste koszenie, a także wypasanie zwierząt. Ponadto mają wysoką wartość pokarmową, przekładającą się na znaczną koncentrację białka ogólnego i węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie (WSC), co ustanawia je jednym z podstawowych surowców trawiastych o przeznaczeniu kiszonkarskim. Niskie stężenie lignin, celulozy i hemicelulozy warunkuje także wysoką strawność składników pokarmowych i smakowitość, najwyższą wśród traw pastewnych (Wilkins i Humphreys, 2003). W sprzyjających warunkach siedliskowych są bardzo konkurencyjne dla innych komponentów runi. Do wzrostu i rozwoju wymagają odpowiednich ilości azotu. Trawy te charakteryzują się dużą wrażliwością na czynniki środowiskowe takie jak okresowe susze i niskie temperatury, ze względu na stosunkowo niższą zimotrwałość (Falkowski i in., 1982; Kozłowski i in., 2012; Rzeźnik i Goliński, 2013). Natomiast kostrzewy odznaczają się znacznie rozwiniętym systemem korzeniowym, co w konsekwencji przekłada się na wyższą tolerancją niedoborów wody i posiadają gen zimotrwałości (Thomas i Humphreys, 1991; Rzeźnik i Goliński, 2013). Przydatność paszowa kostrzew zależy od ich gatunku. Kostrzewa łąkowa ze względu na wysoką koncentrację WSC i białka ogólnego, oraz niewielką zawartość węglowodanów strukturalnych, klasyfikowana jest jako cenna i smakowita trawa pastewna. Jednakże kostrzewa trzcinowa wyróżnia się wysokim udziałem lignin i hemiceluloz, także znaczną zawartością alkaloidów i glukozydów cyjanogennych, które obniżają strawność i smakowitość rośliny. Kostrzewy charakteryzują się wyższą w porównaniu do życic odpornością na zmienne uwarunkowania termiczne i wilgotnościowe (Falkowski i in., 1982; Kozłowski i in., 2012; Rzeźnik i Goliński, 2013).

Komplementarność cech gatunków rodzicielskich jest z powodzeniem wykorzystywana w prowadzonych programach hodowlanych, szczególnie w siedliskach naturalnych, gdzie diploidalne (2n) formy obcopylnych gatunków *Lolium multiflorum* (2n), *Lolium perenne* (2n) mogą się krzyżować z obcopylnymi gatunkami *Festuca* z sekcji *Bovinae* tj. *Festuca pratensis* (2n) oraz *Festuca arundinacea* (2n), tworząc mieszańce międzyrodzajowe (Jauhar, 1975; Rzeźnik i Goliński, 2013). Trawy mieszańcowe

Festulolium uzyskuje się również za pomocą zabiegów hodowlanych, których zadaniem jest połączenie w jednym genotypie komplementarnych cech gatunków rodzicielskich. Możliwe jest to dzięki krzyżowaniu oddalonemu – amfiploidyzacji, polegającej na połączeniu kompletnych genomów lub introgresji, czyli krzyżowaniu wstecznemu, opartemu na przeniesieniu genu z jednego gatunku do drugiego (Zwierzykowski i in., 1993; Rzeźnik i Goliński, 2013). Mieszańce uzyskane w wyniku krzyżowania gatunków rodzaju *Festuca* oraz *Lolium* to mieszańce *x Festulolium spp*. (Dyrektywa Komisji 2004/55/EC, 2004). Hopkins i in. (2009) wymieniają siedem gatunków rodzaju *Festulolium*, a nazwy poszczególnych mieszańców uwarunkowane są kombinacjami krzyżowania (Tabela 1).

Tabela 1. Taksonomia *x Festulolium spp.* (Hopkins i in., 2009).

Gatunki rodzicielskie		**Mieszaniec**
Roślina mateczna	**Roślina ojcowska**	
Festuca arundinacea Schreb.	*Lolium perenne* L.	*Festulolium holmbergii* (Dorfler) P. Fourn. *Schedolium x holmbergii* (Dorfler) Holub
Festuca arundinacea Schreb.	*Lolium multiflorum* Lam.	*Festulolium pabulare* nom. nov.
Festuca gigantea (L.) Vill.	*Lolium perenne* L.	*Festulolium brinkmannii* (A. Br.) Holub
Festuca gigantea (L.) Vill.	*Lolium multiflorum* Lam.	*Festulolium nilssonii* Cugnac & A. Camus
Festuca pratensis Huds.	*Lolium perenne* L.	*Festulolium loliaceum* (Hudson) P.V. Fournier *Festulolium loliacea* Huds. *Festulolium elongata* Ehrh.
Festuca pratensis Huds.	*Lolium multiflorum* Lam.	*Festulolium braunii* (K. Richter) A. Camus
Lolium multiflorum Lam.	*Festuca pratensis* Huds.	
Festuca rubra L.	*Lolium perenne* L.	*Festulolium frederici* Cugnae & A. Camus

Najważniejszymi mieszańcami dla hodowli i zastosowania rolniczego są: *Festulolium loliaceum, Festulolium braunii, Festulolium pabulare* oraz *Festulolium holmbergii* (Wacker i in., 1984; Casler i in., 2002; Rzeźnik i Goliński, 2013). Mieszańce *Festulolium* o podwójnym zestawie chromosomów (2n) są całkowicie męskosterylne i przejawiają bardzo niską płodność żeńską. Wynikiem stosowania krzyżowania wstecznego z formami rodzicielskimi może być uzyskanie potomstwa płodnego (Jenkin, 1955; Sulinowski, 1967; Jauhar, 1993). Do wysoce męskosterylnych zalicza się mieszańce diploidalnych gatunków rodzaju *Lolium* i poliploidalnych form rodzaju *Festuca* (Buckner i in., 1961; Rzeźnik i Goliński, 2013). Natomiast znaczna część mieszańców – autoallotriploidów, uzyskanych w wyniku krzyżowania syntetycznych autotetraploidalnych gatunków *Lolium perenne* i *Lolium multiflorum* z diploidalnymi gatunkami rodzaju *Festuca* jest płodna. Autoallotriploidy zostały użyte w krzyżowaniu introgresywnym w celu przeniesienia genów mrozoodporności i genów odporności na rdzę koronową z *Festuca pratensis* do *Lolium perenne* i *Lolium multiflorum*, oraz genów odpowiedzialnych za spowolnione starzenie się liści (Adomako i in., 1997; Thomas i in., 1997; Humphreys i in., 1998; Oertel i Matzk, 1999; Rzeźnik i Goliński, 2013). Częściowo płodne mieszańce pentaploidalne, wyróżniające się dostateczną żywotnością ziaren pyłku, otrzymano także krzyżując autotetraploidalne *Lolium multiflorum* z alloheksaploidalnymi *Festuca arundinacea* oraz *Festuca gigantea* (Morgan i in., 1988; Humphreys, 1989; Humphreys i Ghesquiere, 1994; Rzeźnik i Goliński, 2013). Wykorzystuje się je do uzyskania diploidalnych introgresywnych form życic, o zwiększonej trwałości, odpornych na suszę, a także o podwyższonej zimotrwałości (Humphreys i Thomas, 1993; Humphreys i in., 1997; Rzeźnik i Goliński, 2013). Morgan i in. (2001) w swojej pracy dowiedli, że mieszańce o podwojonym zestawie chromosomów w genomie kolejnych pokoleń odznaczały się zwiększoną zdolnością krzewienia.

Barierę sterylności mieszańców pokonuje podwojenie liczby chromosomów u mieszańców pokolenia F_1 lub krzyżowanie ze sobą gatunków o uprzednio podwojonej liczbie chromosomów (Zwierzykowski i Naganowska, 1994; Rzeźnik i Goliński, 2013). Płodne i zrównoważone genetycznie są amfipoliploidalne mieszańce *Lolium multiflorum* (4x) x *Lolium perenne* (4x). Natomiast częściowo płodne są formy allopoliploidalne *Festulolium braunii*, które otrzymano z krzyżowania *Lolium multiflorum* (4x) x *Festuca pratensis* (4x) oraz *Festuca pratensis* (4x) z *Lolium multiflorum* (4x) (Hertzsch, 1960; Hertzsch, 1966; Lewis, 1970; Matzk, 1976; Zwierzykowski i Rybczyński, 1976; Zwierzykowski, 1987). Allopoliploidy wyróżniają się nierównomiernym przebiegiem

mejozy i koniugacją homeologiczną, która sprawia usuwanie chromosomów, co w konsekwencji prowadzi do powstawania aneploidów (Zwierzykowski i in., 1993). Podwojenie liczby chromosomów *Lolium perenne* (4x) umożliwia, w następstwie krzyżowanie z *Festuca pratensis* (4x) i otrzymanie płodnych mieszańców *Festulolium loliaceum* (Lewis i in., 1973; Rzeźnik i Goliński, 2013). Bariera sterylności występuje również w pokoleniu F_1 tetraploidalnych mieszańców *Festulolium pabulare,* uzyskanych w rezultacie krzyżowania *Lolium multiflorum* (2x) z *Festuca arundinacea* (6x). Podwojenie liczby chromosomów reaktywuje płodność, ale w konsekwencji niskiej stabilności genetycznej i problemu produkcji nasiennej, nie udało się wyhodować amfipoliploidalnych odmian tego mieszańca (Zwierzykowski i Naganowska, 1994; Rzeźnik i Goliński, 2013). Jednakże trawy mieszańcowe amfitetraploidalne *Festulolium holmbergii*, otrzymane poprzez wzajemne krzyżowanie kolchitetraploidów *Lolium multiflorum* (4x) z *Festuca arundinacea var. glaucescenes* (4x) są genetycznie stabilne. Efektem prowadzenia wieloletnich prac hodowlanych w Wielkiej Brytanii, Niemczech, Czechach, Francji i Polsce było uzyskanie genetycznie stabilnych i płodnych formy amfitetraploidalnych, z których otrzymano odmiany hodowlane, wyróżniające się odrębnością, wyrównaniem i trwałością. Końcowym skutkiem było wprowadzenie tychże odmian do praktyki rolniczej (Thomas i in., 1994; Ghesquicre i in., 1996; Zwierzykowski i in., 1998; Rzeźnik i Goliński, 2013).

Odmiany traw *Festulolium* różnią się pomiędzy sobą licznymi cechami ilościowymi i jakościowymi, które uzależnione są przede wszystkim od informacji genetycznej znajdującej się w genomie. Poznanie struktury genomu mieszańców umożliwia rozróżnić chromosomy rodzaju *Lolium* i *Festuca*, a także określić fizyczną lokalizację sekwencji DNA w chromosomach, która jest odpowiedzialna za specyficzne cechy mieszańców. Po raz pierwszy analizę genetyczną *Festulolium* przeprowadzili Thomas i in. (1994), wykorzystując genomową hybrydyzację kwasów nukleinowych *in situ* (GISH). Metodę GISH wykorzystywali również Humphreys i in. (1995) oraz Humphreys i Pasakinskiene (1996), a także Zwierzykowski i in. (2003). Przeprowadzano inne analizy, takie jak mapowanie rybosomowego DNA metodą fluorescencyjnej hybrydyzacji kwasów nukleinowych *in situ* (FISH), analizę białek markerowych metodą dwukierunkowej elektroforezy (2-DE), jak również detekcję prostych sekwencji powtarzalnych (SSR) (Bartkowiak i in., 2001; Momotaz i in., 2004; Kosmala i in., 2006; Lideikyte i in., 2006; Lideikyte i in., 2008; Rzeźnik i Goliński, 2013). Kopecky i in. (2006) w swojej analizie GISH przeprowadzonej dla 17 odmian *Festulolium braunii* udowodnili, że pomimo, iż wszystkie eksperymentalne odmiany są tetraploidalne, znajduje się u nich wysoka

frekwencja aneuploidów. Biorąc pod uwagę zakres chromosomów, ich stosunki i strukturę genomu, Autorzy ustalają, że nie są one homogeniczne i można je systematyzować do trzech grup. Pierwszą grupę stanowią odmiany, z dużym udziałem całych chromosomów rodzaju *Lolium* oraz liczbą kompletnych chromosomów rodzaju *Festuca* niższą niż 1. Do grupy pierwszej zaliczono trzy czeskie odmiany: Achilles, Perun i Perseusz. Drugą grupę stanowią odmiany z siedmioma kompletnymi chromosomami i więcej niż jednym kompletnym chromosomem rodzaju *Festuca.* Grupę drugą stanowią polskie odmiany: Agula, Felopa, Sulino, Rakopan oraz litewska odmiana: Punia, odmiana niemiecka: Paulita i brytyjska odmiana: Elment, które wywodzą się z kombinacji krzyżowania *Lolium multiflorum x Festuca pratensis*. Trzecią grupę z kompletnymi chromosomami rodzaju *Lolium* o liczbie przewyższającej 22 i liczbą kompletnych chromosomów rodzaju *Festuca* mniej niż 0,5 lub ich brakiem reprezentowały wyhodowane w Stanach Zjednoczonych odmiany introgresywne: Spring Green oraz Kemal (Kopecky i in., 2006).

Zwierzykowski i in. (1998) przeprowadzili badania struktury genomowej mieszańców pokolenia F_8 *Festulolim braunii*, wywodzących się z czterech polskich odmian: Felopa, Sulino, Agula (*Festuca pratensis* (4x) x *Lolium multiflorum* (4x)) i Rakopan (*Lolium multiflorum* (4x) x *Festuca pratensis* (4x)). W badanym materiale odnotowano obecność kompletnych chromosomów należących do rodzaju *Lolium* i *Festuca,* oraz chromosomy zrekombinowane, posiadające segmenty chromatyny obu rodzajów z punktami translokacji rozmieszczonymi na całej długości ramion chromosomu. Średnia długość chromatyny *Lolium multiflorum* we wszystkich badanych próbach wynosiła od 49,2% do 66,7% i była większa od długości chromatyny gatunku *Festuca pratensis*.

Trawy *Festulolium* posiadają odmienne cechy użytkowe względem siebie, takie jak: wydajność plonu zielonej masy i plonu SM, skład chemiczny, strawność, smakowitość, zimotrwałość czy mrozoodporność, tolerancja na suszę i choroby grzybowe. Mieszańce *Festulolium braunii* odznaczają się bardzo dobrej jakości plonem zielonej masy, trwałością do 3-4 lat i zimotrwałością (Rzeźnik i Goliński, 2013). W badaniach Domańskiego i Joksia (1999), dowiedziono, że polskie odmiany Felopa i Sulino zdominowały plonem świeżej masy i SM odmianę wzorcową – Paulita. Odmiany wyróżniała również duża plenność i bardzo szybki przyrost masy w pierwszym odroście, co także wpływało na rozkład plonu. Badane odmiany wyróżniały się ponadto wysokim współczynnikiem strawności SM (80%) w stadium dojrzałości pastwiskowej, który wraz z postępowaniem okresu wegetacji i jednocześnie wzrostem plonu SM został zredukowany do wartości 60% w okresie fazy rozwojowej pełni kwitnienia. Koncentracja białka ogólnego była zbliżona do gatunku

Festuca pratensis odmiany Skra. Ruń analizowanych odmian posiadała około 20% białka ogólnego w SM w połowie maja i 5-6% przy końcu kwitnienia. Udział WSC także ulegał zmianie, z wartości 16% SM w fazie pełni kłoszenia do 20% SM w fazie pełni kwitnienia. Natomiast Łyszczarz (2001) w swoich badaniach porównywał odmianę Felopa gatunku *Festulolium braunii* z odmianą Motycka gatunku *Festuca pratensis* i odmianą Nadmorski gatunku *Lolium perenne*. Z wyjątkiem pierwszego roku, w następnych latach najwyższym plonem SM wyróżniały się odmiana Felopa i Nadmorski. W ostatnim roku badań najlepiej plonowała Felopa, co świadczy o wydłużonej w czasie zdolności produkcyjnej odmiany. Natomiast Kryszak i in. (2002) w swoich badaniach dowodzą, że odmiany Felopa, Sulino i Rakopan gatunku *Festulolium braunii* wydawały plon na poziomie 14,0-14,5 $t \cdot ha^{-1}$ SM. Wydajność plonu SM z *Festulolium* była przybliżona do wartości uzyskanej przy zbiorze odmiany Solen gatunku *Lolium perenne* i wyższa niż u odmiany Skra gatunku *Festuca pratensis*. Wyższą zdolnością plonowania wyróżniała się tylko odmiana Lotos gatunku *Lolium multiflorum*. Z analizy wykonanej przez Autorów wynika, że najwyższą koncentracją białka strawnego charakteryzowała się odmiana Rakopan gatunku *Festulolium braunii* (135 $g \cdot kg^{-1}$ SM). Wszystkie odmiany *Festulolium braunii* posiadały wyższą niż pozostałe trawy koncentrację WSC, a ich strawność była zbliżona do *Lolium multiflorum, Lolium perenne*, a także *Festulolium pabulare,* kształtując się od 71,5% do 75,9%.

Plonowanie poszczególnych odmian *Festulolium* warunkowane jest przede wszystkim wrażliwością na warunki stresów biotycznych i abiotycznych, w tym głównie temperatury i wilgotności. Wśród polskich odmian dobrą zimnotrwałością charakteryzują się Felopa i Sulino (Domański i Jokś, 1999). Pomimo różnic w odporności odmian *Festulolium*, trawy te bardzo dobrze się regenerują w okresie wegetacji, co pozwala na zapewnienie uzyskania stabilnego plonowania w różnych warunkach pogodowych (Łyszczarz, 2001). Zimotrwałość odmian może być związana dodatkowo ze zdolnością do wytwarzania pędów generatywnych, co potwierdzono w badaniach Dimkunas i in. (2009).

W uprawie traw ważny jest także stopień podatności na choroby grzybowe. Dotychczasowe badania wykazały, że *Festulolium* o dobrej zimotrwałości czy mrozoodporności są najczęściej w niskim stopniu podatne na choroby grzybowe, i tak wśród odmian polskich została wyróżniona Felopa, wykazując najwyższy stopień odporności w badaniach Pociechy i Płażek (2010). *Festulolium* wykazują wiele cech, dzięki którym przeważają nad gatunkami rodzicielskimi, co zapewne w przyszłości będzie skutkowało jeszcze większym wzrostem zainteresowania ich uprawy, gdyż cały czas poszukiwane są odmiany o co raz wyższej odporności, trwałości i wydajności (Rzeźnik i Goliński, 2013).

2.3. Wartość paszowa zielonek i kiszonek z traw w żywieniu przeżuwaczy

Celem każdej technologii produkcji pasz objętościowych jest utrzymanie jak najwyższej wartości pokarmowej zakiszanego surowca, zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym. Kiszenie to naturalny proces konserwowania zielonek, podczas którego dochodzi do zmian w składzie chemicznym paszy, obejmujących głównie węglowodany i białka. Epifityczne bakterie kwasu mlekowego metabolizują WSC zawarte w komórkach roślinnych do różnych produktów, w tym głównie do najważniejszego kwasu mlekowego, którego produkcja zapewnia obniżenie pH i zahamowanie rozwoju mikroorganizmów rozkładających związki organiczne (Bodarski i Krzywiecki, 2001). Pojemność buforowa i zawartość WSC są podstawowymi czynnikami wpływającymi na szybkość zmian pH podczas kiszenia (McDonald i in., 1991). Trawy jako jeden z podstawowych surowców kiszonkarskich cechują się dużym zróżnicowaniem pod względem zawartości WSC, średnio od 54 $g \cdot kg^{-1}$ SM (tymotka łąkowa) do 144 $g \cdot kg^{-1}$ SM (życica wielokwiatowa). Pojemność buforowa dla różnych gatunków traw jest zmienna. Najniższą wartością tego wskaźnika charakteryzuje się życica mieszańcowa, w rezultacie gatunek ten ma jeden z najlepszych współczynnik stosunku WSC do pojemności buforowej (1,5-3,0) (Bodarski i Krzywiecki, 2001).

Zawartość WSC w komórkach roślinnych traw jest labilna i zależy od wielu czynników, w tym specyfiki gatunku i odmiany, fazy rozwojowej rośliny, warunków siedliskowych, czasu koszenia roślin i czynników atmosferycznych. Trawy zbierane we wczesnej fazie rozwojowej zwykle cechują się niższą koncentracją WSC, ponieważ charakteryzują się mniejszą powierzchnią asymilacyjną i znaczną część asymilatów wykorzystują do syntezy białka (Zilakova i Knotek, 1998). Odpowiedni czas koszenia jako jeden z czynników wpływających na zawartość WSC powoduje wzrost produkcji kwasu mlekowego podczas fermentacji, co skutkuje szybszym spadkiem pH i hamuje przemiany białkowe w zakiszanym surowcu. Zmniejszenie zawartości WSC podczas zakiszania było najczęściej obserwowaną zmianą składu chemicznego roślin i wskazuje na ich zastosowanie jako substratu do produkcji kwasu mlekowego. Spadek udziału WSC w trakcie kiszenia był większy dla wczesnych dat zbiorów gatunków życicy, ponieważ te rośliny miały najwyższą koncentrację WSC przed zakiszaniem (King i in., 2013).

Istotny wpływ na przydatność zielonek do kiszenia ma także zawartość białka ogólnego w roślinie, które jest niejednorodną mieszaniną frakcji azotu białkowego i niebiałkowego. W azocie ogólnym zielonek, białko właściwe stanowi średnio od 75 do 90%, a pozostała część to niebiałkowe związki azotowe (NPN), wśród których można

znaleźć organiczny azot w postaci wolnych aminokwasów, peptydów o różnej długości łańcucha, amidów, nukleotydów, chlorofilu i azot mineralny w formie azotanów (Jones, 2000; Givens i Rulquin, 2004; Martineau i in., 2007). Koncentracja białek rozpuszczalnych w roślinie ulega zmniejszeniu w skutek podsuszania lub więdnięcia materiału roślinnego, czego efektem jest wzrost udziału niebiałkowej części azotu ogólnego, głównie wzrost udziału wolnych aminokwasów (Purwin i in., 2014). Skład frakcji białka surowego jest różny i zależy w dużej mierze od gatunku rośliny. Podczas procesu zakiszania również zachodzą liczne zmiany jakościowe w składzie chemicznym, co jest wynikiem obniżenia pH na skutek fermentacji węglowodanów i białek do kwasów organicznych (Fijałkowska i in., 2015). Po skoszeniu zielonki, jak i w I fazie fermentacji dochodzi do zmian jakościowych białka ogólnego rośliny na skutek rozkładu hydrolitycznego do peptydów i aminokwasów, który zachodzi pod wpływem enzymów proteolitycznych. W kolejnych etapach procesu zakiszania następuje rozpad do prostszych form azotowych, w tym aminokwasów, gdzie tutaj aktywność wykazują mikroorganizmy (Gąsior i Brzóska, 2002). Końcowymi produktami przemian białkowych (proteolitycznych) podczas zakiszania są związki azotu niebiałkowego, w tym wolne aminokwasy, aminy i amoniak. Główną konsekwencją jest obniżenie efektywności wykorzystania azotu przez przeżuwacze, pochodzącego ze sporządzonych kiszonek (Purwin i in., 2009).

Według Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS) część białka rozpuszczalnego w neutralnym detergencie, czyli frakcji B2 ulega fermentacji w żwaczu z szybkością rozkładu 50-150 $g \cdot kg^{-1}$ w czasie 1h, a część przechodzi do trawienia jelitowego (Sniffen i in., 1992). Dewhurst i in. (2003a) wykazali, że zdolność do rozkładu związków azotu w kiszonce z koniczyny czerwonej (65%) w żwaczu była niższa niż kiszonki z koniczyny białej (67%), trawy (70%) i lucerny (72%). Fakt ten może świadczyć o lepszej efektywności syntezy mikrobiologicznej u krów mlecznych żywionych kiszonką z koniczyny czerwonej w porównaniu do kiszonki z traw (Davies i in., 1999). Od ilości azotu wydalonego z organizmu zwierzęcia zależy efektywność wykorzystania tego pierwiastka, która przy produkcji mleka wynosi 18 – 30%, a przy produkcji mięsa 0 – 20%, czyli istotnie poniżej potencjału bydła, który przekracza 40% (Dewhurst i in. 1996; Frank i in., 2002). Straty te są skutkiem niskiej wydajności syntezy białka mikrobiologicznego w żwaczu, spowodowanej z jednej strony szybkim tempem oraz nadmierną degradacją białka roślinnego, a z drugiej strony powolnym uwalnianiem energii ze składników ściany komórkowej roślin w żwaczu (Davies i in., 2005). Efektywność wykorzystania azotu można poprawić przez lepsze zaopatrzenia w energię mikroorganizmów żwacza i zmniejszenie

poziomu degradacji białka w żwaczu. Popularną metodą mającą na celu poprawę bilansu energetycznego azotu jest podawanie kiszonki z kukurydzy i pasz bogatych w skrobię. Jednak wysoki odsetek stosowania skrobi jest ograniczony ze względu na ryzyko wystąpienia subklinicznej kwasicy żwacza (Moorby i in., 2002; Nadeau i in., 2007).

Zawartość białka surowego w zielonce roślin zależy od okresu wegetacji, nawożenia i zaopatrzenia w wodę. Dojrzałość roślin wpływa nie tylko na zawartość, ale także na proporcje poszczególnych frakcji białek (rozpuszczalnych, degradowalnych, niestrawnych) (Elizalde i in., 1999). Rośliny w początkowej fazie wzrostu mają więcej NPN składającego się głównie z azotu amonowego ($N\text{-}NH_3$), azotanów, amin, amidów i wolnych aminokwasów. Nawożenie, szczególnie mineralne, wpływa na fizjologię roślin i prowadzi do zmian zawartości poszczególnych frakcji azotu. Wzrost azotu w glebie zwiększa zawartość azotu ogólnego rośliny, ale zawartość NPN wzrasta szybciej niż pula azotu białkowego. Nawożenie azotem zmniejsza niedegradowalną frakcję białkową w żwaczu, która przepływa by-pass do jelita (Jones, 2000). W badaniu Purwin i in. (2014) wykazali, iż podsuszenie zielonki w przypadku lucerny i koniczyny czerwonej powodowało wzrost ilości aminokwasów połączonych wiązaniami peptydowymi bez efektu pogorszenia profilu aminokwasowego białka roślin. Nie zaobserwowano jednak strat aminokwasów egzogennych, ograniczających syntezę białek mleka, takich jak: lizyna (Lys), metionina (Met), histydyna (Hys) czy arginina (Arg).

Procesom proteolitycznym w trakcie więdnięcia, podsuszania i kiszenia towarzyszą zmiany w proporcjach poszczególnych aminokwasów, jak również wzrost udziału aminokwasów w formach wolnych. Zakres procesów proteolizy podczas kiszenia roślin, wpływając na efektywność wykorzystania azotu u przeżuwaczy zależy od doboru gatunków roślin oraz technologii produkcji kiszonki. W praktyce redukcję przemian proteolitycznych osiąga się przez dodanie inhibitorów fermentacji do zielonki o naturalnej wilgotności w technologii jednofazowej. Drugą metodą jest podsuszanie zielonki do 35 – 40% SM przed zakiszaniem w technologii dwufazowej. Niezależnie od stosowanej metody, głównym czynnikiem ograniczającym degradację białek podczas procesu fermentacji jest odpowiednie zagęszczenie zielonki i szybkie jej zakwaszenie (Fijałkowska i in., 2015). Zielonki i kiszonki z traw mogą dostarczać znacznych ilości białka ogólnego w dawkach dla wysokowydajnych krów mlecznych i bydła opasowego (Huhtanen i Shingfield, 2005; Purwin i in., 2014). Jednak stopień wykorzystania azotu pochodzącego z kiszonek z traw może być niski, co wynika z nieprawidłowości technologii zakiszania, a także ekstensywnego charakteru fermentacji i przemian proteolitycznych (Castillo i in., 2000).

Prognozowanie strawności materii organicznej i zawartości strawnej materii organicznej w SM kiszonki z traw jest niezbędnym pomiarem przy określaniu wartości pokarmowej pasz i następnie tworzeniu dawek pokarmowych dla przeżuwaczy (Beever i Mould, 2000). Mulligan i in. (2002) przeprowadzili doświadczenie, na podstawie którego wykazali wyższe spożycie SM u krów karmionych dawkami pokarmowymi opartymi na kiszonce z kukurydzy w stosunku do grupy krów, których dawka pokarmowa oparta była na kiszonce z traw. Różnica w pobraniu SM nie wpłynęła na wyższą wydajność mleczną, ale odnotowano wyższą zawartość tłuszczu i białka w mleku krów żywionych kiszonką z kukurydzy. Natomiast Jensen i in. (2005) wykazali, że wraz ze wzrostem dojrzałości kukurydzy z przeznaczeniem na kiszonkę zwiększała się zawartość skrobi i zmniejszała zawartość włókna neutralno detergentowego (NDF). Strawność NDF mierzona w całym przewodzie pokarmowym obniżyła się z 56% do 43% wraz ze wzrostem dojrzałości rośliny, co pokazuje, że na właściwości odżywcze kiszonki z kukurydzy, zarówno pod względem spożycia strawnej skrobi i NDF, jak i proporcji skrobi do wszystkich strawnych węglowodanów silnie wpływa stopień dojrzałości. Stężenie i strawność NDF w kiszonce z kukurydzy ma zasadnicze znaczenie, ponieważ wysoka zawartość skrobi w dojrzałej kukurydzy nadaje kiszonce pewne właściwości paszy treściwej. Jednak zwiększenie koncentracji NDF w paszy nie jest pożądane, chyba że udział strawnego NDF (dNDF) jest wyższy niż udział niestrawnego NDF (iNDF), który ogranicza pobranie SM (Jensen i in., 2005). Opóźnienie terminu zbioru traw skutkuje wzrostem koncentracji NDF i obniżeniem udziału białka właściwego, co w efekcie negatywnie wpływa na strawność. Brak istotnego wpływu udziału NDF na strawność kiszonek traktowanych inokulantem jest prawdopodobnie związana z zastosowaniem inokulantu pozytywnie wpływającego na strawność włókna kwaśno detergentowego (ADF) i NDF (Keady i Steen, 1994; 1995). W przypadku stosowania inokulantu do zakiszania koncentracja kwaśnej ligniny (ADL) miała istotny wpływ, prawdopodobnie ze względu na oczywistą niestrawność. Strawność, która jest najważniejszym czynnikiem wpływającym na pobranie kiszonki (Steen i in., 1998), w prezentowanych badaniach była ujemnie skorelowana z plonem zielonki, a co za tym idzie potencjalnego poziomu pobrania. Trawa pochodząca z odrostu jest zazwyczaj bardziej ulistniona i zawiera mniej NDF, ale stężenie iNDF jest wyższe (Huhtanen i in., 2006). Kuoppala i in (2004) wykazali niższą pulę NDF w żwaczu u krów pobierających kiszonki z odrostu, w porównaniu z kiszonkami pochodzącymi z pierwszego pokosu, co sugeruje, że wypełnienie żwacza nie było głównym ograniczeniem pobrania kiszonek z odrostu.

2.4. Wpływ żywienia kiszonką z traw na efektywność opasania bydła

Prawidłowe żywienie jest jednym z podstawowych czynników wpływających na efektywność opasania oraz jakość produkowanej wołowiny (Sami i in., 2004). Zwierzę żywione nieodpowiednią, pod względem jakościowym lub ilościowym dawką pokarmową nie będzie w stanie uzyskać wysokich wyników produkcyjnych bez względu na to, jak wysoki potencjał genetyczny prezentuje. Intensywność wzrostu rosnącego bydła można regulować zmieniając ilość lub jakość paszy (Carstens, 1995; Hornick i in., 2000).

Kiszonka z traw jest podstawowym komponentem zimowych, jak i całorocznych dawek pokarmowych dla bydła mięsnego w Europie Środkowej i Północnej, natomiast jej jakość może być zróżnicowana (Purwin i in., 2006). Efektywność opasu bydła żywionego kiszonkami w głównej mierze zależy od pobrania SM paszy, co uwarunkowane jest jej jakością (Steen i in., 1998; Huhtanen i in., 2006). Wyznacznikami jakości kiszonek są: zawartość SM, strawność substancji organicznej, parametry przebiegu fermentacji (pH, $N\text{-}NH_3$, aminy biogenne i kwasy organiczne) (Steen i in., 1998; Huhtanen i in., 2007). Zawartość SM warunkuje dobrą jakość mikrobiologiczną, ogranicza aktywność oraz liczebność niepożądanych form bakterii przetrwalnikujących oraz mikroflory grzybowej (drożdży i pleśni) w kiszonce (Purwin, 2007). Proces kiszenia wiąże się ze stratami energii oraz wzrostem zawartości szybko rozpuszczalnych frakcji białka, co skutkuje obniżeniem poziomu białka dostępnego w kiszonce i syntezy białka bakteryjnego w żwaczu (Moore i in., 1999). Pogorszenie wykorzystania energii może skutkować niemożnością pokrycia potrzeb energetycznych rosnących opasów (McDonald i in., 1991). Zastosowanie odpowiedniego poziomu żywienia poprawia wykorzystanie potencjału wzrostowego bydła, jak również optymalizację przyrostu tkanki mięśniowej (Miciński i in., 2007).

W intensywnej produkcji wołowiny kiszonkę z traw uzupełnia się dodatkiem paszy treściwej (zwykle zbóż) w celu zwiększenia koncentracji łatwostrawnej energii, białka o niższej rozkładalności żwaczowej oraz składników odżywczych pobranych przez rosnące zwierzęta (Keane i Fallon, 2001; Sami i in., 2004). W badaniach Nogalskiego i in. (2018) większy udział pasz treściwych w dawce pokarmowej miał korzystny wpływ na wyniki opasu i cechy tusz buhajów. Dobrej jakości kiszonka, z umiarkowanym udziałem lub bez uzupełnienia mieszanką treściwą może wspierać wysoki poziom wydajności rzeźnej bydła (Martinsson, 1990; Steen i in., 2002; Randby i in., 2010). Przy żywieniu kiszonką wysokiej jakości obserwuje się niewielką odpowiedź na zwiększoną suplementację paszami treściwymi biorąc pod uwagę wydajność zwierząt (Martinsson, 1990; Steen i in., 2002)

i wzrost otłuszczenia tuszy (Martinsson, 1990; Keane i Fallon, 2001; Huuskonen i in., 2007). Nieznaczne zwiększenie otłuszczenia tuszy na skutek zwiększenia zawartości udziału mieszanki treściwej potwierdzili Manni i in. (2013). Z kolei Sami i in. (2004) wykazali, że zwiększenie intensywności żywienia wpłynęło na wzrost otłuszczenie tusz w porównaniu do wydłużania okresu opasu. Co jest zgodne z doniesieniami May i in. (1992) o tym, że wydłużenie czasu opasu skutkuje liniowym wzrostem wydajności i grubości podskórnej tkanki tłuszczowej. Wzrostowi wskaźnika otłuszczenia, który w dużej mierze odzwierciedla ilość tłuszczu podskórnego na tuszy zazwyczaj towarzyszy wzrost marmurkowatości tłuszczu. Przeciwne zależności dla marmurkowatości, ale także ocen panelu sensorycznego odnotowano w cytowanych badaniach (May i in., 1992). Steen i Kilpatrick (2000) stwierdzili, że zmniejszenie pobrania energii poprzez ograniczenie dawki pokarmowej lub zmniejszenie w niej udziału pasz treściwych miało niewielki wpływ na otłuszczenie tuszy. Zwiększone spożycie energii metabolicznej (EM) poprawia tempo wzrostu i zwiększa otłuszczenie tusz co podnosi koszty żywienia - odkładanie większych ilości tłuszczu jest związane z wyższym nakładem energetycznym w porównaniu z odkładaniem tkanki mięśniowej. Z drugiej strony większe otłuszczenie tuszy może wpływać pozytywnie na jakość mięsa, ponieważ tłuszcz poprawia smak, kruchość i soczystość wołowiny (Lawrie i Ledward, 2006). Zdaniem zespołu Steen i Kilpatrick (2000) zmniejszenie masy ubojowej jest jedną z najskuteczniejszych strategii zmniejszenia otłuszczenia tuszy.

Żywienie ekstensywne, oparte na żywieniu trawami, jest najtańszą metodą produkcji mięsa w klimacie umiarkowanym. Odpowiada także wymaganiom konsumentów, którzy oczekują metod produkcji uwzględniających dobrostan zwierząt (Thénard i in., 2006). W różnych systemach produkcji wypas w młodym wieku umożliwia zwierzętom lepsze wykorzystanie zasobów pastwiska w późniejszych okresach wypasu i rozwinięcie kompensacyjnej zdolności wzrostu w drugim roku opasu (Dozias i in., 1995a, b; Allen i in., 1996). Wright i Russel (1991) twierdzą, że po pewnym okresie ograniczonego żywienia najpierw zwiększa się odkładanie białka i wody, a zmniejsza tłuszczu. Z kolei w okresie wyrównawczego wzrostu wzrastało odkładanie tłuszczu, a malał udział białka i wody. Wydaje się, że na zróżnicowany wzrost otłuszczenia i uformowania tuszy wpływają czynniki takie jak: długość i nasilenie poszczególnych faz karmienia, podłoże genetyczne i dojrzałość bydła (Manni i in., 2013). Therkildsen i in. (1998) donoszą, że buhaje fryzyjskie karmione ekstensywnie miały wyższą zawartość chudego mięsa oraz niższą zawartość tłuszczu niż byki żywione intensywnie. Według Vestergaard i in. (2000) zawartość tłuszczu śródmięśniowego u buhajów ekstensywnie karmionych była o 50% niższa w porównaniu

z buhajami utrzymywanymi intensywnie oraz wyższa przy wadze tuszy 460 kg w porównaniu z tuszą 360 kilogramową. Maksymalne wykorzystanie wypasu jest jednym ze sposobów ograniczenia dokarmiania paszami treściwymi, co obniża koszt produkcji mięsa wołowego. Przemysł mięsny nie faworyzuje tego typu produkcji, szczególnie ze stad mlecznych utrzymujących wykorzystaną w badaniach własnych rasę holsztyńsko-fryzyjską, ze względu na dużą zmienność jakości tusz, które są często zbyt ciężkie, o słabym uformowaniu i nadmiernej zawartości tłuszczu (Cotto, 1997; French i in., 2000).

2.4.1. Wpływ żywienia na zawartość tłuszczu i profil kwasów tłuszczowych w mięsie wołowym

Tłuszcz obok białek i węglowodanów, jest głównym składnikiem odpowiednio zbilansowanej diety. Średnia zawartość tłuszczu w wołowinie waha się w zakresie 0,6-7,3% (Pisula i Pospiech, 2011). Na uwagę zasługuje tłuszcz śródmięśniowy, który nadaje mięśniom marmurkowatość, jest czynnikiem decydującym o jakości mięsa, wpływając na jego soczystość, smak i kruchość (Kołczak, 2008). Zainteresowanie składem kwasów tłuszczowych mięsa wynika głównie z potrzeby znalezienia sposobów na produkcję jego zdrowszego wariantu. Zaleca się zmniejszenie ogólnego spożycia SFA, kwasów tłuszczowych trans oraz cholesterolu, a podkreśla potrzebę zwiększenia spożycia PUFA n-3 i zwrócenia uwagi na korzystniejszą równowagę PUFA n-6/n-3 (Griel i Kris-Etherton, 2006; Kris-Etherton i Innis, 2007). Wiąże się to z silną pozytywną korelacją między spożyciem SFA, a występowaniem chorób sercowo-naczyniowych, co zdaniem badaczy jest wynikiem zwiększającego się stężenia cholesterolu o małej gęstości lipoprotein (cholesterol LDL) w surowicy wraz ze wzrostem spożycia SFA (Hu i in., 1997; Siri-Tarino i in., 2010). Wołowy tłuszcz śródmięśniowy zawiera średnio 45–48% SFA, 35–45% jednonienasyconych kwasów tłuszczowych (MUFA) i około 5% kwasów PUFA, a stosunek PUFA n-6/n-3 jest niski, zazwyczaj poniżej 3 (Scollan i in., 2014).

Na skład kwasów tłuszczowych pochodzenia zwierzęcego może wpływać dieta (pastwisko, pasze treściwe), budowa układu pokarmowego, procesy biosyntezy w organizmie zwierzęcia (Faucitano i in., 2008; Ponnampalam i in., 2018). U przeżuwaczy profil kwasów tłuszczowych mięsa nie wiąże się bezpośrednio ze składem kwasów tłuszczowych dawki pokarmowej (Scollan i in., 2014). Inne badania sugerują, że mięso uzyskane od przeżuwaczy jest dobrym źródłem PUFA n-3 m.in. ze względu na obecność kwasu C18:3 w trawie dawki pokarmowej (Wood i in., 2003), w porównaniu z żywieniem

paszami konserwowanymi (Scollan i in., 2006; Ponnampalam i in., 2018). Diety bogate w PUFA poprawiają, biorąc pod uwagę zdrowie konsumentów, stosunek PUFA/MUFA w wołowinie (Oprządek i Oprządek, 2003). Mniej intensywne systemy opasu skutkują bardziej pożądanym profilem kwasów tłuszczowych (Nogalski i in., 2014). Potwierdzają to Warren i in. (2002), dodając, że podawanie ziarna zbóż zwiększa poziom PUFA n-6, pomimo podobnego ogólnego stężenia UFA w obu grupach bydła, mniej i bardziej intensywnie żywionej. Wołowina pochodząca od zwierząt żywionych trawą ma naturalnie wysoki poziom C18:3 i długołańcuchowych PUFA n-3. Badania wykazały, że stężenia C18:3 i kwasu eikozapentaenowego (C20:5, EPA) w fosfolipidach mięśniowych mięsa wołowego były wyższe, gdy zwierzęta spożywały trawę, w porównaniu do sytuacji żywienia z dodatkiem pasz treściwych (śruty zbożowej). W tym drugim przypadku kwas C18:3 i kwas arachidonowy (C20:4, AA) występują w zwiększonym udziale w stosunku do C18:2 (Marmer i in., 1984; Enser i in., 1998; Fischer i in., 2000). Efekt ten wynika z dominacji C18:3 w tłuszczach traw a kwasu C18:2 w większości innych roślin i nasion. U bydła żywionego trawą i zbożem wykazano, że jaskrawoczerwony kolor mięsa związany z oksymioglobiną był dłużej utrzymywany w grupie karmionej trawą, pomimo podobnego ogólnego stężenia UFA w obu grupach (Warren i in., 2002). Kwas C18:3 oraz długołańcuchowe PUFA n-3 wpływają na smak, tworząc smak „karmiony trawą", mimo że w jego tworzeniu biorą udział także inne składniki traw. Wypasanie zwierząt dostarcza przeciwutleniaczy, w tym witaminy E, które utrzymują poziom PUFA w mięsie i zapobiegają pogorszeniu jego jakości w trakcie przetwarzania i ekspozycji (Wood i in., 2003). Przeżuwacze naturalnie syntetyzują kwas CLA, o korzystnych wartościach odżywczych i prozdrowotnych (Enser, 2001). Kwasy tłuszczowe są związane z technologicznymi aspektami jakości mięsa. Ze względu na różne temperatury topnienia, zróżnicowanie profilu kwasów tłuszczowych ma znaczny wpływ na jędrność lub miękkość tłuszczu w mięsie, zwłaszcza tłuszczu podskórnego i międzymięśniowego, ale także tłuszczu śródmięśniowego (marmurkowatego) (Wood i in., 2003).

2.5. Wpływ żywienia kiszonką z traw na efektywność produkcyjną krów mlecznych

Jednym z głównych czynników wpływających na ilość dostarczonych składników pokarmowych i późniejszą produkcję mleka jest czas zbioru trawy na kiszonkę (Kuoppala i in., 2008). W badaniach przeprowadzonych przez Pang i in. (2016) wykazano, że opóźnianie terminu zbioru drugiego pokosu zmniejszało produkcję mleka, spożycie paszy i efektywność żywienia krów mlecznych. Zastąpienie kiszonki z drugiego pokosu kiszonką z trzeciego pokosu nie wpływało na pobranie SM przez krowy, ale sprzyjało wyższej produkcji mleka i poprawie wykorzystania paszy. Większość badań dotyczących wpływu dojrzałości traw na pobranie paszy i wydajność mleczną przeprowadzono przy użyciu kiszonki z pierwszego wzrostu. W żywieniu krów mlecznych bardzo często skarmia się także duże ilości kiszonek wyprodukowanych z kolejnych odrostów (Kuoppala i in., 2008). Odrastająca trawa zazwyczaj charakteryzuje się wyższym udziałem liści (Beever i in., 2000; Rinne i Nykanen, 2000; Kuoppala i in., 2003; Gustavsson i Martinsson, 2004), zawiera mniej węglowodanów strukturalnych w ściankach komórkowych (NDF) i jest mniej strawna niż odpowiadająca jej trawa pierwotna (Huhtanen i in., 2006). Castle i Watson (1970) oraz Khalili i in. (2005) zaobserwowali, że spożycie kiszonki i produkcja mleka były wyższe w przypadku kiszonek wytwarzanych z pierwszego wzrostu niż odrostów, w obu badaniach kiszonki z odrostu miały niższą strawność. Heikkila i in. (1998) oraz Peoples i Gordon (1989) stosowali kiszonki wyprodukowane z odrostu traw o podobnej lub wyższej strawności niż kiszonka z pierwszego wzrostu. Pobranie kiszonki i wydajność mleczna były wyższe, gdy podawano kiszonkę z pierwszego wzrostu. Zawartość tłuszczu w mleku pochodzącym od krów karmionych kiszonką z pierwszego pokosu była wyższa niż u krów karmionych kiszonką z odrostu, prawdopodobnie ze względu na znacznie wyższy udział w diecie potencjalnie strawnego NDF (pdNDF) (Beauchemin, 1991) i koncentrację WSC (Huhtanen i in., 2003).

Valk i in. (2000) donoszą w swoich badaniach, iż zmniejszenie intensywności nawożenia azotowego późnym latem na użytkach zielonych z 450 do 150 kg·ha^{-1} rocznie zmniejsza pobranie traw i wydajność mleczną krów mlecznych, nawet gdy trawa zbierana była we wczesnej fazie dojrzałości, przy plonach SM między 1,5 a 2,0 t·ha^{-1}. Wiosną tej zależności nie potwierdzono. Jednym ze sposobów poprawy wykorzystania azotu u krów mlecznych jest zmniejszenie pobrania białka w zbilansowanej diecie. Dawki pokarmowe zawierające źródła białka o niskiej rozkładalności zmniejszały koncentrację azotu w moczu

przy niewielkich zmianach w produkcji mleka. Redukcja zawartości białka z 190 do 150 $g \cdot kg^{-1}$ SM dawki pokarmowej znacznie zmniejszyła ilość azotu wydalanego wraz z moczem i nie wpłynęła na obniżenie wydajności mlecznej (Castillo i in., 2001). Ponad 70% azotu przekraczającego zapotrzebowanie zwierząt jest wydalane z moczem, co przyczynia się do emisji amoniaku i zanieczyszczania środowiska.

Zastąpienie wysokostrawnej kiszonki z traw kiszonką z kukurydzy o średniej jakości może zwiększyć produkcję mleka u krów mlecznych. Wzrost wydajności wynika z wyższego pobrania SM kiszonki w dietach zawierających kiszonkę z kukurydzy. W badaniach O`Mara i in. (1998) włączenie kiszonki z kukurydzy nie wpłynęło w znacznym stopniu na skład mleka, pomimo nieznacznie zwiększonej zawartości białka. Najwyższą wydajność mleczną uzyskano przy 33% udziale w dawce pokarmowej kiszonki z kukurydzy i 67% udziale kiszonki z traw. W celu maksymalizacji zawartości białka w mleku ($+1 g \cdot kg^{-1}$) oraz wzrostu zawartości tłuszczu wymagany jest wyższy udział kiszonki z kukurydzy. Krowy żywione kiszonką z traw charakteryzują się niższą zawartością białka w mleku w porównaniu z krowami wypasanymi (Rego i in., 2007). Może to wynikać albo ze zmniejszenia całkowitego spożycia energii, albo z niskiej retencji N kiszonki z trawy w porównaniu ze świeżą roślinnością. Już w 1985 roku Phillips i Leaver (1985) stwierdzili, że zawartość białka mleka ma tendencję do zmniejszania się nawet wtedy, gdy całkowite spożycie energii zostało zwiększone przez dodatek kiszonki z trawy. Wyniki badań potwierdziły pozytywny wpływ wprowadzenia do dawki pokarmowej kiszonki z koniczyny czerwonej, samodzielnie lub w mieszance z kiszonką z traw, na wydajność mleczną krów (Dewhurst i in., 2003a; Moorby i in., 2009). Inne zespoły badaczy stwierdziły niewielką lub brak różnicy w produkcyjności krów (Bertilsson i Murphy, 2003; Vanhatalo i in., 2007). Pozorna efektywność produkcji mleka wyrażona w kilogramach wyprodukowanego mleka na kilogram spożytej SM była najwyższa dla diety zawierającej wyłącznie kiszonkę z trawy, co prawdopodobnie wynikało z różnic w strawności diety. Jednak pod względem pobrania SM, wydajność produkcji mleka była niższa dla samej kiszonki z traw i wzrastała wraz ze wzrostem udziału kiszonki z koniczyny czerwonej w dawce pokarmowej (Moorby i in., 2009). Pozorna efektywność syntezy białka mleka, która była wyższa u krów karmionych paszami zawierającymi kiszonkę z traw, wynikać może ze stosunku WSC do azotu w kiszonce, co prowadzi do zwiększonego wypływu białek syntetyzowanych przez mikroorganizmy ze żwacza. Wcześniejsze badania wykazały, że łączenie kiszonek z koniczyny czerwonej i traw w żywieniu krów mlecznych poprawia wydajność mikroorganizmów azotowych w dwunastnicy (Merry i in., 2006).

W literaturze stwierdzono zmniejszoną stabilność oksydacyjną świeżego mleka wyprodukowanego z kiszonki z koniczyny czerwonej w porównaniu z mlekiem wyprodukowanym w oparciu o kiszonki z traw (Al-Mabruk i in., 2004). Zależność między grupami została powiązana zwiększonym stężeniem wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA), a efekt został złagodzony poprzez dodanie do dawki α-tokoferolu. Pod względem wyglądu, mleko od krów żywionych kiszonką z koniczyny czerwonej było bielsze w porównaniu z mlekiem krów karmionych kiszonką z trawy. Różnica w wyglądzie jest prawdopodobnie spowodowana różnicami w zawartości β-karotenu w ocenianych kiszonkach, który jest przenoszony do mleka i zmienia jego kolor (Martin i in., 2005). Istnieją także dowody, że właściwości organoleptyczne mleka produkowanego w oparciu o kiszonki z koniczyny czerwonej nie są tak dobre, jak produkowanego z kiszonki z traw (Bertilsson i Murphy, 2003). Sery wytwarzane z mleka krów żywionych kiszonką z traw były bardziej żółte ze względu na wyższą zawartość karotenu w kiszonce niż w sianie (Martin i in., 2005). Żywienie wyłącznie kiszonką z kukurydzy doprowadziło do powstania serów o wiele bielszych, ze względu na niską zawartość karotenu, nieco twardszych i niżej ocenianych przez degustatorów (Verdier i in., 1995; Houssin i in., 2000).

2.5.1. Wpływ żywienia na profil kwasów tłuszczowych tłuszczu mlecznego

Skład kwasów tłuszczowych w mleku krowim stał się mniej korzystny dla zdrowia ludzi w ciągu ostatnich czterech dziesięcioleci ze względu na zmianę praktyk żywieniowych, głównie zwiększenie udziału pasz treściwych i kiszonek w dawce i ograniczenie znaczenia wypasu pastwiskowego bydła (Elgersma i in., 2006). Obecnie około 2% wszystkich kwasów tłuszczowych w mleku stanowią PUFA i około 70% nasyconych kwasów tłuszczowych (SFA), ale tylko 40% SFA należy do grupy uważanych za mniej korzystnych dla zdrowia.

Na skład kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka krowiego wpływa wiele czynników, które można podzielić na trzy grupy: czynniki genetyczne, środowiskowe i fizjologiczne (Krzyżewski i in., 1997). Wśród czynników genetycznych szeroko badano wpływ rasy, wśród fizjologicznych liczbę porodów i wpływ etapu laktacji. Do czynników środowiskowych zalicza się porę roku, system utrzymania, zarządzanie stadem, częstotliwość doju oraz żywienie (Jensen, 2002; Samková i in., 2009; Samková i in., 2012). Skład kwasów tłuszczowych można modyfikować zmieniając dietę zwierząt (Kennelly, 2001; Tamminga, 2001). Podstawowymi źródłami kwasów tłuszczowych dla bydła są pasze oraz suplementy tłuszczowe chronione lub nie zabezpieczone przed rozkładem w żwaczu

(Dewhurst i in., 2003a; Chilliard i Ferlay, 2004; Dewhurst i in., 2006; Woods i Fearon, 2009). Świeża trawa zawiera od 50% do 70% kwasu α-linolenowego (C18:3). Zawartość C18:3 jest zróżnicowana w zależności od gatunku rośliny, czynników środowiskowych, jak stadium dojrzałości (Elgersma i in., 2003a, b), a także od pory roku i intensywności światła (Dewhurst i King, 1998). Badania przeprowadzone w Nowej Zelandii (Auldist i in., 1998) i Wielkiej Brytanii (Lock i Garnsworthy, 2003) wykazały sezonowe zróżnicowanie zawartości sprzężonego kwasu linolowego (C18:2 *cis* 9 *trans* 11, CLA) w tłuszczu mlecznym krów wypasanych. Najwyższe zawartości oznaczono w trakcie wypasu: 12,7 – 17,0 $g \cdot kg^{-1}$, najniższe zimą: 6,0 $g \cdot kg^{-1}$ tłuszczu, zarówno w Nowej Zelandii (Auldist i in., 1998), jak i w Wielkiej Brytanii (Lock i Garnsworthy, 2003). Jahreis i in. (1997) porównali konwencjonalne rolnictwo z wysokimi nakładami na nawozy i pasze treściwe, z wypasem lub bez wypasu w okresie letnim, z rolnictwem ekologicznym o niskim wkładzie zewnętrznym, z wypasem w okresie letnim. Wykazano, że mleko wyprodukowane metodami ekologicznymi zawierało więcej CLA i kwasu wakcenowego (C18:1 *trans* 11, TVA) w tłuszczu mlecznym, szczególnie od maja do września. Autorzy uzasadniali to większą zasobnością w PUFA pasz zielonych z rolnictwa ekologicznego w porównaniu z kiszonkami i paszami treściwymi wykorzystywanymi w żywieniu konwencjonalnym. Potwierdzają to wyniki innych badań (Dewhurst i in., 2006; Elgersma i in., 2006). Mleko od krów wypasanych lub żywionych świeżą zielonką, szczególnie z terenów trawiastych bogatych w różne gatunki lub roślin strączkowych ma zasadniczo wyższy stosunek UFA do SFA i wyższą zawartość korzystnych pod względem odżywczym kwasów tłuszczowych trans (np. CLA, C18:1 *trans* 11) niż mleko od krów karmionych kiszonką lub sianem (Kalac i Samková, 2010). Nie zmienia to faktu, ze żywienie kiszonką z traw także zwiększa stężenie CLA w mleku ze względu na zmniejszone biouwodorowanie w żwaczu, w porównaniu z kiszonką z intensywnie uprawianych runi (Lourenco i in., 2005). Dalsze badania wykazały, że koncentracja PUFA w mleku zależy od gatunku paszy, odmiany ale również metody konserwacji (Dewhurst i in., 2006). Wzrost SM w trakcie podsuszania skutkuje obniżeniem ogólnej zawartości kwasów tłuszczowych w zielonkach, co wynika głównie z procesu utleniania UFA. Dewhurst i King (1998) badali wpływ zakiszania na profil kwasów tłuszczowych w kiszonce. Podsuszanie przed zakiszaniem obniżało ogólną zawartość kwasów tłuszczowych o około 30%, przy jednoczesnym zmniejszeniu do 40% zawartości kwasu C18:3. Różnice w całkowitej zawartości kwasów tłuszczowych oraz ich składzie, obserwowane między świeżymi zielonkami, wynikają z cech gatunkowych (Boufaied i in., 2003). W zielonce z koniczyny czerwonej spadek zawartości kwasów tłuszczowych

obserwuje się przy wzroście SM ze stanu świeżego do 300 g·kg^{-1} świeżej masy, przy braku spadku udziału UFA (Van Ranst i in., 2009). Gdy SM wzrastała z 300 do 500 g·kg^{-1} świeżej masy nie odnotowywano dalszego spadku koncentracji kwasów tłuszczowych. Zastąpienie kiszonki z traw, kiszonką z koniczyny czerwonej zwiększa zawartość tłuszczu mlecznego i kwasów linolowego (C18:2 n-6) i C18:3 n-3 (Dewhurst i in., 2006). Tłuszcz mleczny krów żywionych dietami opartymi na kiszonce z koniczyny czerwonej i lucerny był w większym stopniu podatny na degradację oksydacyjną w porównaniu z dietami opartymi na kiszonce z trawy. Zwiększonej wrażliwości uniknięto dzięki suplementacji witaminą E (Al-Mabruk i in., 2004; Kay i in., 2005). Hovemose i in. (2004) zaobserwowali wyższy stopień utleniania tłuszczu mleka krów żywionych kiszonką z traw w porównaniu z mlekiem krów karmionych kiszonką z kukurydzy. Żywienie krów wypasanych we wczesnej laktacji z dodatkiem siana lub słomy miało niewielki wpływ na skład kwasów tłuszczowych mleka (Wijesundera i in., 2003). Pomimo niższego spożycia C18:2 i C18:3, ich zawartość była wyższa w tłuszczu mlecznym krów żywionych sianem niż karmionych kiszonką z pierwszego pokosu tymotki i kostrzewy łąkowych (Shingfield i in., 2005).

Boufaied i in. (2003) stwierdzili niewielki wpływ zakiszania z dodatkiem inokulantu lub kwasu mrówkowego na zawartość kwasów tłuszczowych oraz C18:3 wyrażoną w g·kg^{-1} SM kiszonki. Zawartość C18:3 wynosiła odpowiednio 10,31% i 9,69% oraz 10,12%, odpowiednio dla kiszonki bez dodatków, z kwasem mrówkowym i z inokulantem. W powyższym badaniu zaobserwowano w zakiszanej koniczynie czerwonej z dodatkiem buforu węglanowego wzrost udziału kwasu plamitynowego C16:0 przy jednoczesnym spadku C18:3. Można wnioskować, że w kiszonkach słabszej jakości, o wyższej zawartości kwasu octowego skład kwasów tłuszczowych zmienia się w kierunku zwiększenia udziału SFA. O znaczeniu procesu lipolizy podczas zakiszania traw świadczy wysoka koncentracja wolnych kwasów tłuszczowych w kiszonkach w porównaniu z ich niską zawartością w zielonkach podsuszonych (Van Ranst i in., 2009). Stwierdzona wysoka zawartość wolnych kwasów tłuszczowych była zgodna z wynikami uzyskanymi przez innych autorów (Elgersma i in., 2003a; Lourenco i in., 2005; Lee i in., 2008). W innych badaniach (Elgersma i in., 2006) odnotowano niewielki wpływ stosowania dodatków na skład kwasów tłuszczowych w koniczynie czerwonej, począwszy od kwasu C16:0 udział wszystkich kwasów był wyższy w kiszonce z dodatkiem buforu węglanowego w porównaniu z kiszonkami produkowanymi z dodatkiem kwasu mrówkowego oraz dodatkiem inokulantu. Nie odnotowano wpływu dodatków kiszonkarskich na zmiany składu kwasów tłuszczowych w kiszonkach z życicy trwałej i koniczyny białej.

3. HIPOTEZA BADAWCZA

Odmiana hodowlana *Festulolium* może mieć wpływ na jego przydatność paszową, wydajność i wartość pokarmową.

Niektóre odmiany hodowlane *Festulolium* można zastąpić znacznie tańszą życicą mieszańcową.

4. CEL PRACY

Przeprowadzone badania miały na celu porównanie przydatności paszowej najbardziej powszechnych w Europie odmian *Festulolium* oraz ich kompleksową ocenę w odniesieniu do życicy mieszańcowej pod względem:

- plonu, składu chemicznego i przydatności do zakiszania zielonek,
- potencjału produkcji wołowiny i mleka z kiszonek porównywanych odmian *Festulolium*, a także wybranych parametrów jakości uzyskanego mięsa i mleka.

5. MATERIAŁ I METODY

5.1. Układ doświadczenia

Podstawą niniejszej dysertacji doktorskiej są wyniki badań własnych uzyskanych w ramach przeprowadzonego eksperymentu, w którym porównywano wartość odżywczą trzech odmian *Festulolium*: Felopa, Perun, Lofa i życicy mieszańcowej odmiany Gala. Eksperyment przeprowadzony został w skali produkcyjnej w latach 2017 – 2019 i obejmował założenie czterech plantacji doświadczalnych, wykonanie kiszonek w balotach i ich ocenę w dwóch doświadczeniach żywieniowych:

- Doświadczenie I – zrealizowane na buhajach rasy polskiej holsztyńsko – fryzyjskiej (PHF) odmiany czarno – białej użytkowanych w kierunku mięsnym;
- Doświadczenie II – zrealizowane na krowach mlecznych rasy polskiej holsztyńsko – fryzyjskiej (PHF) odmiany czarno – białej.

5.2. Produkcja pasz

Kiszonki doświadczalne wyprodukowano w komercyjnym gospodarstwie położonym w województwie mazowieckim w centralnej Polsce (52.738014, 20.881330), powiecie pułtuskim. Do badań wykorzystano zielonkę z życicy mieszańcowej *(Lolium hybridum*) odmiany Gala (*Lolium multiflorum x Lolium perenne*), *Festulolium* odmiany: Felopa (*Festuca pratensis x Lolium multiflorum*), Perun (*Lolium multiflorum x Festuca pratensis*) i Lofa (*Lolium multiflorum (*2x) *x Festuca arundinacea var. Genuina* (6x)) w pierwszym roku użytkowania. W celu realizacji doświadczenia 21 września 2016 roku założono cztery plantacje o powierzchni 2,5 ha każda, na glebie kompleksu żytniego dobrego, wysiano średnio 30 $kg \cdot ha^{-1}$ nasion dla każdej z odmian. Przedsiewnie zastosowano nawożenie w ilości 30 $m^3 \cdot ha^{-1}$ gnojowicy bydlęcej i 70 $kg \cdot ha^{-1}$ azotu pochodzącego z mocznika. W pierwszym roku użytkowania kośnego zastosowano intensywne nawożenie mineralne na poziomie 316 kg azotu tj. 112 kg azotu w okresie wczesno-wiosennym i po 68 kg azotu po każdym z trzech kolejno następujących po sobie pokosach, a także 60 kg potasu na każdy z pokosów i 150 kg fosforu w formie jednej dawki w okresie wiosennym.

Zbiór traw na kiszonkę przeprowadzono w pierwszym roku użytkowania plantacji tj. w 2017 roku, według następującego harmonogramu pokosów: 18.05., 14.06., 14.07., 13.09. i 26.10. Pierwszy pokos został zebrany w fazie początku kłoszenia traw. Zielonki skoszono kosiarką dyskową John Deere 328A (Deere & Company, Moline, Illinois, Stany

Zjednoczone), na wysokości 5 cm, między 10:00, a 14:00. Materiał roślinny pozostawiono przez 24 godziny na pokosie, w trakcie zielonki były przetrząsane z użyciem przetrząsarki Kuhn GF 5001 MH Digidrive (Kuhn S.A., Saverne, Francja). Kolejnego dnia zielonki zgrabiono zgrabiarką Fella 425 (Fella-Werke, Feucht, Niemcy) o szerokości roboczej 4,25 m, a następnie zebrano prasoowijarką Kuhn FBP 3135 (Kuhn S.A., Saverne, Francja). Baloty owinięto sześcioma warstwami folii rozciągliwej o grubości 30 μm i szerokości 750 mm. Koszenie, przetrząsanie i zgrabianie oraz zbiór prasoowijarką były prowadzone naprzemiennie, tak aby wyrównać czas podsuszenia między polami doświadczalnymi. Reprezentatywne próby zielonek były pobierane bezpośrednio po skoszeniu oraz po podsuszeniu z każdego pokosu i przechowywane w temperaturze -25°C. Reprezentatywne próby kiszonek były pobierane raz w tygodniu, po otwarciu balotów i rozdrobnieniu w wozie paszowy, przed dodaniem pozostałych komponentów dawek pokarmowych, a następnie zamrożone w temperaturze -25°C.

Każdy wyprodukowany balot został zważony, w celu określenia plonu zielonej masy, a następnie w oparciu o analizę składu chemicznego obliczono plon suchej masy, białka ogólnego i energii netto z powierzchni 1ha użytku zielonego.

5.3. Zwierzęta i żywienie

5.3.1. Doświadczenie I – buhaje opasowe

Doświadczeniem objęto 60 buhajów rasy PHF odmiany czarno-białej znajdujących się w końcowym okresie opasania pochodzących z jednego stada hodowlanego. W okresie 3–4 miesięcy przed rozpoczęciem doświadczenia buhaje utrzymywano w oborze uwięziowej, zadawano im mieszaninę pasz objętościowych i treściwych, z dominującym udziałem kiszonki z traw. Średnia początkowa masa ciała buhajów włączonych do doświadczenia wynosiła 618 kg. Badania zostały przeprowadzone w oborze uwięziowej wyposażonej w stanowiska o wymiarach 1,80m x 1,20m. W przedniej części legowiska wyposażone były w maty gumowe, w tylnej części znajdowała się podłoga szczelinowa. Zwierzętom zapewniono stały dostęp do świeżej wody, którą mogły pobierać z poideł miskowych wyposażonych w zawory rurkowe o wydajności 9 $L \cdot min^{-1}$. Jedno poidło było przeznaczone na dwa buhaje. Warunki mikroklimatyczne w budynku inwentarskim były następujące: średnia temperatura wynosiła 12°C, wilgotność względna 80%, oświetlenie naturalne (stosunek powierzchni okien do powierzchni podłogi w pomieszczeniu wynosił 1:15).

Doświadczenie trwało 90 dni. Zwierzęta podzielono na 4 grupy doświadczalne, po 15 sztuk w każdej grupie. Buhajom *ad libitum* zadawano całkowicie wymieszaną dawkę (TMR) (proporcjonalne odmowy 5%) opartą na kiszonkach doświadczalnych i gniecionym ziarnie jęczmienia, w stosunku suchej masy 70:30, uzupełnianą mieszanką mineralno-witaminową. Każda z grup doświadczalnych otrzymywała mieszaninę TMR różnicą się gatunkiem/odmianą zakiszonej trawy: grupa I – otrzymywała kiszonkę z życicy mieszańcowej odm. Gala, grupa II – z *Festulolium* odm. Felopa, grupa III – z *Festulolium* odm. Perun i grupa IV – z *Festulolium* odm. Lofa (Tabela 2). Skład chemiczny i wartość pokarmową gniecionego ziarna jęczmienia przedstawiono w Tabeli 4. TMR przygotowywany był dla każdej z grup żywieniowych co drugi dzień z wykorzystaniem wozu paszowego Seko Samurai 5 450/110, o pojemności 11m^3, wyposażony w poziomy układ mieszania (SEKO Quality and Technology, Rieti, Włochy). Paszę zadawano dwukrotnie w ciągu doby, w godzinach 8:00 i 18:00. Wielkość dziennych dawek pokarmowych ustalono tak, aby ilość niewyjadów nie przekraczała 5% paszy zadanej. Niewyjady ważono codziennie o godzinie 7:00, raz w tygodniu pobierano próby pierwotne stanowiące 5% i zamrażano w postaci próby zbiorczej w temperaturze -25°C. Po rozmrożeniu, z każdego 14-dniowego okresu, przeprowadzono redukcję próby zbiorczej w celu wyodrębnienia prób średnich laboratoryjnych.

Tabela 2. Skład diet doświadczalnych podawanych opasanym buhajom (% SM).

Wyszczególnienie	**Dawka pokarmowa**			
	Życica mieszańcowa odm. Gala	***Festulolium* odm. Felopa**	***Festulolium* odm. Perun**	***Festulolium* odm. Lofa**
Kiszonka z trawy	70,0	70,0	70,0	70,0
Gniecione ziarno jęczmienia	30,0	30,0	30,0	30,0
Premiks (Blattin M92 ADE) g·szt.$^{-1}$ dziennie	100,0	100,0	100,0	100,0

Premiks Blattin M92 ADE (Blattin Polska Sp. z o.o.) o zawartości składników w 1 kg: Ca 21%, P 3,0%, Na 8,0%, Wit. A 500 000 j.m., Wit. D3 80 000 j.m., Wit. E 300 mg, Wit. K3 20 mg, Wit. B1 20 mg, Wit. B2 30 mg, Wit. B6 25 mg, Wit. B12 250 mcg, niacyna 160 mg, d-pantotenian wapnia 70 mg, kwas foliowy 4 mg, cynk 7000 mg, mangan 3000 mg, miedź 1500 mg, kobalt 20 mg, jod 100 mg, selen 40 mg.

5.3.2. Doświadczenie II – krowy mleczne

Doświadczenie przeprowadzono na 16 krowach rasy PHF odmiany czarno-białej, użytkowanych w kierunku mlecznym. Zwierzęta pochodziła z gospodarstwa komercyjnego zajmującego się produkcją mleka. Do doświadczenia wybrano krowy średnio w 180-200 dniu laktacji i średniej wydajności mlecznej 30-35 kg mleka·dobę$^{-1}$, o średniej masie ciała wynoszącej 650 kg. Zwierzęta utrzymywano w oborze uwięziowej wyposażonej w stanowiska o wymiarach 1,80m x 1,20m, wyposażone w maty gumowe. W tylnej części stanowiska znajdowała się podłoga szczelinowa. W trakcie badań średnia temperatura w oborze wynosiła 19℃, wilgotność względna 80%, oświetlenie naturalne (stosunek powierzchni okien do powierzchni podłogi w budynku wynosił 1:15).

Doświadczenie przeprowadzono w układzie kwadratu łacińskiego (4x4). W obrębie, którego krowy były przypisywane metodą analogów do sekwencji 4 diet doświadczalnych podczas każdego z czterech 30-dniowych okresów doświadczalnych i 7-dniowego czasu adaptacji. Krowy otrzymywały mieszaninę TMR opartą na doświadczalnych kiszonkach z traw, kiszonym ziarnie kukurydzy, gniecionym ziarnie jęczmienia, poekstrakcyjnej śrucie rzepakowej i dodatku mieszanki mineralno-witaminowej. Skład dawek doświadczalnych został zamieszczony w Tabeli 3, a skład chemiczny i wartość pokarmowa pozostałych pasz stosowanych w dawkach pokarmowych poza kiszonkami doświadczalnymi przedstawiono w Tabeli 4. Każda z grup otrzymywała mieszaninę TMR różnicą się gatunkiem/odmianą zakiszonej trawy: grupa I – otrzymywała kiszonkę z życicy mieszańcowej odm. Gala, grupa II – z *Festulolium* odm. Felopa, grupa III – z *Festulolium* odm. Perun i grupa IV – z *Festulolium* odm. Lofa. Pasze stosowane w eksperymencie (gniecione ziarno jęczmienia i kiszone ziarno kukurydzy) pochodziły z własnej produkcji, poekstrakcyjną śrutę rzepakową zakupiono z Zakładu Olejów Roślinnych (Komagra Sp. z.o.o., Tychy, Polska).

Zwierzęta żywiono indywidualnie przy zapewnieniu swobodnego dostępu do wody. Pasze mieszano raz dziennie, o godzinie 7:00 przez około 10 minut w wozie paszowym Seko Samurai 5 450/110 o pojemności 11m^3 (SEKO Quality and Technology, Włochy), a następnie odważano dawkę pokarmową indywidualnie dla każdej krowy. Sporządzone dawki pokarmowe skarmiano dwa razy dziennie, o godzinie 8:00 – 80 % dawki pokarmowej, oraz o godzinie 16:00 – 20% dawki pokarmowej. Masa zadawanej dawki została zaplanowana w sposób umożliwiający pozostawienie do około 10% niewyjadów przez każdą krowę. W celu określenia dziennego pobrania składników pokarmowych niewyjady zbierano i ważono codziennie o godzinie 7:00 oraz reprezentatywne próbki stanowiące 5%,

pobierano raz w tygodniu, następnie przechowywano w temperaturze -25°C do momentu wykonania analiz chemicznych.

Tabela 3. Skład diet doświadczalnych podawanych krowom mlecznym (% SM).

Wyszczególnienie	**Dawka pokarmowa**			
	Życica mieszańcowa odm. Gala	***Festulolium* odm. Felopa**	***Festulolium* odm. Perun**	***Festulolium* odm. Lofa**
Kiszonka z trawy	64,58	64,58	64,58	64,58
Kiszone ziarno kukurydzy	13,0	13,0	13,0	13,0
Gniecione ziarno jęczmienia	17,3	17,3	17,3	17,3
Poekstrakcyjna śruta rzepakowa	4,45	4,45	4,45	4,45
Premiks (Blattin M92 ADE)	0,67	0,67	0,67	0,67

Premiks Blattin M92 ADE (Blattin Polska Sp. z o.o.) o zawartości składników w 1 kg: Ca 21%, P 3,0%, Na 8,0%, Wit. A 500 000 j.m., Wit. D3 80 000 j.m., Wit. E 300 mg, Wit. K3 20 mg, Wit. B1 20 mg, Wit. B2 30 mg, Wit. B6 25 mg, Wit. B12 250 mcg, niacyna 160 mg, d-pantotenian wapnia 70 mg, kwas foliowy 4 mg, cynk 7000 mg, mangan 3000 mg, miedź 1500 mg, kobalt 20 mg, jod 100 mg, selen 40 mg.

Tabela 4. Skład chemiczny i wartość pokarmowa pasz stosowanych w dawkach pokarmowych.

Wyszczególnienie	**Gniecione ziarno jęczmienia**	**Kiszone ziarno kukurydzy**	**Poekstrakcyjna śruta rzepakowa**
$g \cdot kg^{-1}$ SM			
Masa organiczna	953	982	923
Białko ogólne	122	83	391
Włókno surowe	63	90	129
Tłuszcz surowy	18	44	26
NDF	223	125	302
ADF	76	111	193
JPM	1,12	1,08	1,06
JPŻ	1,11	1,05	1,02
BTJN	80	71	288
BTJE	101	103	272

5.4. Analizy chemiczne pasz

Reprezentatywne próby zielonek i kiszonek doświadczalnych po rozmrożeniu częściowo podsuszono w temperaturze 55°C przez 48h w podsuszarce Binder FED 115 (Binder GmbH, Tuttlingen, Niemcy), po czym rozdrobniono młynkiem do materiałów włóknistych Retsch 200 (Retsch, Haan, Niemcy) do średnicy cząstek 1mm.

W zielonkach i/lub kiszonkach doświadczalnych wykonano analizy chemiczne:

- sucha masa, popiół surowy, białko ogólne, tłuszcz surowy i włókno surowe według standardowych metod analitycznych AOAC (2005);
- NDF, ADF, ADL zgodnie z metodyką Van Soest i in. (1991) na analizatorze ANKOM 220 (Ankom Tech. Corp., Nowy Jork, Stany Zjednoczone);
- WSC oznaczono za pomocą metody antronowej (Thomas, 1977) z wykorzystaniem spektrofotometru EPoll 20 BIO (Poll Limited Sp. z o.o., Warszawa, Polska);
- pojemność buforową zielonek oznaczono stosując kwas mlekowy według metody McDonald i Henderson (1962);
- pH kiszonek oznaczono z zastosowaniem pH-metru CP-411 (Elmetron Sp. j., Zabrze, Grzybowice, Polska);
- N-NH_3 w kiszonkach oznaczono metodą destylacji bezpośredniej z wykorzystaniem aparatu 2100 Kjeltec (Foss Analytical A/S, Hillerod, Dania) po uprzednim wzroście pH przez dodanie MgO;
- kwas octowy, propionowy, izomasłowy, masłowy, izowalerianowy i walerianowy oznaczono przy pomocy chromatografii gazowej, użyto chromatografu Varian 450-GC z autosamplerem Varian CP-8410 (Varian Inc., Palo Alto, Kalifornia, Stany Zjednoczone) i detektorem płomieniowo-jonizacyjnym (FID). Próbki (1,0µl) umieszczono w kolumnie kapilarnej CP-FFAP (długość 25m; średnica wew. 0,53mm; grubość filmu 1,0µm). Gazem nośnym był hel (przepływ 5,0 $ml \cdot min^{-1}$). Temperatura detektora wynosiła 260°C, dozownika 200°C, kolumny 90°C→200°C (Gąsior, 2002).
- kwas mlekowy oznaczono metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC) na chromatografie firmy SHIMADZU (SCHIMADZU, Kioto, Japonia). Do rozdziału wykorzystano kolumny METACARB 67H (Varian Inc, Palo Alto, Kalifornia, Stany Zjednoczone) oraz fazę nośną w postaci 0,002M roztworu kwasu siarkowego w wodzie dejonizowanej o przepływie $1cm^3 \cdot min^{-1}$. Chromatograf wyposażony był w detektor UV.
- azot białkowy, azot nierozpuszczalny w neutralnym detergencie (NDIN) i azot nierozpuszczalny w kwaśnym detergencie (ADIN) określono według Licitra i in. (1996);

- azot rozpuszczalny w buforze (BSN) przy użyciu buforu McDougalla z rozdziałem na część białkową (BSPN) i niebiałkową (NPBSN) analizowano według procedury podanej przez Hedqvist i Uden (2006).

Na podstawie przeprowadzonych analiz chemiczny obliczono następujące parametry:

- zawartość substancji organicznej w zielonkach oraz sporządzonych kiszonkach, jako różnica pomiędzy suchą masą, a popiołem surowym;
- dla zielonek wyliczono współczynnik fermentacji (FC) zgodnie z równaniem podanym przez Weissbach i Auerbach (2013):

$$FC = SM(\%) + 8 \cdot WSC/BC,$$

gdzie:

FC – współczynnik fermentacji,

SM – sucha masa zielonki, %

WSC – węglowodany rozpuszczalne w wodzie, $g \cdot kg^{-1}$ SM

BC – pojemność buforowa, g kwasu mlekowego$\cdot kg^{-1}$ SM.

- wartość pokarmowa zielonek, kiszonek i dawek pokarmowych została obliczona z wykorzystaniem programu Prevalim (INRAtion 3.0). W wynikach przedstawiono wartość energetyczną jako jednostki paszowe produkcji mleka (JPM) i jednostki paszowe produkcji żywca (JPŻ), oraz wartość białkową jako białko rzeczywiście trawione w jelicie cienkim zależne od podaży azotu (BTJN) i białko rzeczywiście trawione w jelicie cienkim zależne od podaży energii (BTJE).
- oceniono jakość kiszonek według klucza DLG (Weissbach, Honig 1992);
- wyliczono L/NDF (stosunek ligniny do NDF) w kiszonkach;
- na podstawie składu frakcji azotowych kiszonek doświadczalnych dokonano rozdziału białka ogólnego zgodnie z modelem CNCPS na następujące frakcje: frakcja A stanowiła NPN i została obliczona jako różnica między azotem ogólnym, a azotem białkowym (białkiem właściwym); frakcję C opisano jako azot ADIN; frakcja B stanowi azot białkowy podzielony na trzy frakcje zależnie od stopnia rozpuszczalności i degradacji w żwaczu: frakcja B1 to BSN; frakcja B2 prezentuje białko rozpuszczalne w neutralnym detergencie i jest różnicą pomiędzy białkiem nierozpuszczalnym w buforze (IP), a białkiem frakcji NDIN (B2 = IP – NDIN); frakcja B3 to białko rozpuszczalne w kwaśnym detergencie, frakcja ta została obliczona jako różnica między azotem frakcji NDIN i ADIN (B3 = NDIN – ADIN) (Shniffen i in., 1992; Licitra i in., 1996).

5.5. Strawność dawek doświadczalnych

Oznaczanie strawności składników odżywczych dawek pokarmowych na buhajkach i na krowach przeprowadzono metodą bilansową prostą. Pomiędzy 30 a 35 dniem doświadczenia żywieniowego kontrolowano ilości zadawanej dawki pokarmowej oraz pozostawionych niewyjadów i wydalonego kału. Codziennie pobierano reprezentatywne próby dawek doświadczalnych i niewyjadów i przechowywano w temperaturze -25°C. Kał zbierano przez 24h do wiader plastikowych o pojemności 20l, wyposażonych w plastikowe pokrywy. Po upływie każdych 24h ważono ilość wydalonego kału. Codziennie z każdej próby zbiorczej wydzielano próbę średnią laboratoryjną kału o masie około 200g dla każdego zwierzęcia, którą następnie zamrażano i przechowywano w temperaturze -25ºC. Po rozmrożeniu próby kału zebrane przez okres doświadczenia od każdego zwierzęcia łączono ze sobą, homogenizowano i pobierano naważkę w celu oznaczenia białka ogólnego. Pozostałą część próby kału podsuszano w podsuszarkach owiewowych Binder FED 115 (Binder GmbH, Tuttlingen, Niemcy) w temperaturze 60ºC przez 72h, następnie rozdrobniono i przechowywano w szczelnie zamkniętym pojemniku. Przygotowane próby dawek doświadczalnych oraz niewyjadów również po rozmrożeniu podsuszono w podsuszarce owiewowej Binder FED 115 (Binder GmbH, Tuttlingen, Niemcy) w temperaturze 60°C przez 48h, po czym rozdrobniono w młynku laboratoryjnych i przechowywano w szczelnie zamkniętych pojemnikach. W uprzednio przygotowanych próbach dawek pokarmowych, niewyjadów i kału analizowano zawartość suchej masy, popiołu surowego i białka ogólnego według AOAC (2005) oraz frakcji włókna NDF (Van Soest i in., 1991). Współczynnik strawności pozornej (WSP) składników odżywczych suchej masy, substancji organicznej, białka ogólnego i NDF obliczono wg algorytmu:
WSP (%) = (ilość składnika strawionego, g / ilość składnika pobranego w paszy, g) x 100%.
Ilość składnika strawionego obliczono jako różnica pomiędzy ilością składnika pobranego w paszy, a ilością składnika wydalonego w kale.

Na podstawie określenia dziennego pobrania składników i wyliczonych współczynników strawności pozornej obliczono ilość pobranego składnika strawnego (kg·dzień$^{-1}$) dla suchej masy, substancji organicznej, białka ogólnego i NDF.

5.6. Analiza płynu żwacza

Analiza wybranych parametrów fermentacji żwacza została przeprowadzona poubojowo po zakończeniu doświadczeń strawnościowych i wzrostowych na buhajach. Zwierzęta podczas uboju były po 6-godzinnej przerwie od ostatniego karmienia. Po upływie 20 minut od uboju otwierano żwacze i pobierano próby z zwartością z różnych miejsc, które następnie połączono i dokładnie wymieszano w plastikowych zlewkach (1l). W kolejnym etapie ze zlewek pobrano po 100 ml płynu i umieszczono je w szczelnie zamkniętych pojemnikach. Próby bezpośrednio zostały zamrożone w -25°C. Po rozmrożeniu, odważono po 5g , dodano 25 ml wody dejonizowanej i homogenizowano przez 3 min ręcznym blenderem (Bosch GmbH, Gerlingen, Niemcy). Homogenat przesączono przez gazę młyńską i następnie sączek miękki Whatmana. Pobrano 5 ml przesączu do próbówek wirówkowych, dodano 1 ml 24% kwasu metafosforowego (Sigma-Aldrich, Saint Louis, Missouri, Stany Zjednoczone), przesącz wymieszano (30'') małą wytrząsarką vortex IKA MS 3 basic (IKA, Sp. z. o. o., Warszawa, Polska) i odwirowano (13000 x g, 7 min.) wirówką MPW-350 (MPW Med. Instruments, Warszawa, Polska). Supernatant przeniesiono do próbówek w celu wykonania analiz. W próbach oznaczono następujące parametry:

- pH – pH-metrem HI 8314 (Hanna Instruments, Rhode Island, Stany Zjednoczone);
- N-NH_3 metodą bezpośredniej destylacji na urządzeniu 2100 Kjeltec (Foss Analytical A/S, Hillerod, Dania) po podwyższeniu pH przez dodanie MgO,
- zawartość kwasu octowego, propionowego i masłowego metodą chromatografii gazowej na chromatografie Varian 450-GC (Varian Inc, Palo Alto, Kalifornia, Stany Zjednoczone) sprzężonym z autosamplerem Varian CP-8410 i przy użyciu detektora płomieniowo-jonizacyjnego (FID) z kolumną kapilarną CP-FFAP o długości 25 m (wewnętrzna średnica 0,53 mm, grubość powłoki 1,0 μm). Ilość próbki umieszczonej w chromatografie wynosiła 1 μl. Temperatura detektora 260°C, wtryskiwacza 200°C, kolumny 90°C na początku i 200°C na końcu analizy. Parametry analizy w kolumnie GC były następujące: 90°C – 1,3 min; 105°C, 25°C·min^{-1} – 1,6 min; 190°C, 25°C·min^{-1} – 4,1 min, 200°C, 25°C·min^{-1} – 5,6 min. Hel był gazem nośnym (przepływ 5,0 ml·min^{-1}) (Gąsior, 2002).

Na podstawie wykonanych analiz chemicznych obliczono sumę oznaczonych lotnych kwasów tłuszczowych, stosunek kwasu octowego do kwasu propionowego, a także procentowy udział każdego z oznaczonych kwasów w ich sumie.

5.7. Produkcyjność zwierząt doświadczalnych

5.7.1. Doświadczenie I – buhaje opasowe

Do ważenia bydła używano wagi pomostowej, umożliwiającej dokonanie pomiaru masy ciała zwierząt bez konieczności ich unieruchamiania. Zwierzęta ważono na początku okresu doświadczalnego, w trakcie jego trwania co 28-30 dni oraz w magazynie żywca, przed ubojem. Obliczono:

- całkowity przyrost masy ciała (LWG) = masa ciała buhaja przed ubojem (kg) – masa ciała w pierwszym dniu opasu doświadczalnego (kg);
- dobowe przyrosty masy ciała = całkowity przyrost masy ciała (kg)/długość opasu doświadczalnego (dni);
- dobowy przyrost tuszy ($g \cdot dobę^{-1}$) = dobowy przyrost masy ciała buhaja ($g \cdot dobę^{-1}$) x 54% wydajność rzeźna)/100%;
- wydajność rzeźną = masa tuszy ciepłej (kg)/masa ciała zwierzęcia przed ubojem (kg) x 100%;
- wykorzystanie dawki pokarmowej na przyrost masy ciała (kg $SM \cdot kg^{-1}$ przyrostu masy ciała), jako współczynnik wykorzystania paszy (FCR), obliczony jako stosunek ilości pobranej SM dawki pokarmowej na kg przyrostu masy ciała;
- produkcję mięsa wołowego ($kg \cdot ha^{-1}$) jako kg wyprodukowanej wołowiny z 1 ha użytku zielonego.

Po zakończonym opasie doświadczalnym bydło transportowano do Zakładów Mięsnych Zaręba (52.69211, 20.92613), oddalonych od gospodarstwa o 12,5 km, w warunkach gwarantujących im brak zranień lub niepotrzebnego cierpienia, pojazdem do tego przeznaczonym, oznakowanym, w sposób jasny i widoczny wskazujący na obecność zwierząt. Zapewniona została powierzchnia ładowna powyżej 1,6 m^2 na zwierzę, umożliwiająca odpowiednią wentylację zwierząt w pozycji stojącej, bez ograniczania ich naturalnych ruchów. Warunki załadunku zwierząt, transportu i rozładunku były zgodne z Rozporządzeniem Rady (WE) NR 1/2005 z dnia 22 grudnia 2004 r. w sprawie ochrony zwierząt podczas transportu i związanych z tym działań oraz zmieniające dyrektywy 64/432/EWG i 93/119/WE oraz rozporządzenie (WE) NR 1255/97. Po transporcie zwierzęta były przetrzymywane w magazynie żywca około 24 h, w indywidualnych kojcach z dostępem do wody. Uśmiercanie zwierząt odbywało się w sposób humanitarny po uprzednim ogłuszeniu aparatem iglicowym Radical i zakończone było wykrwawieniem.

Czynności zgodne były z Rozporządzenie Rady (WE) NR 1099/2009 z dnia 24 września 2009 r. w sprawie ochrony zwierząt podczas ich uśmiercania oraz z Załącznikiem IV „Metody uśmiercania zwierząt" Dyrektywy Parlamentu Europejskiego I Rady 2010/63/UE z dnia 22 września 2010 r. w sprawie ochrony zwierząt wykorzystywanych do celów naukowych. Tusze dzielono na półtusze, wzdłuż linii prostej kręgosłupa, które następnie chłodzono przez 96 godzin w temperaturze +4°C. Nie stosowano stymulacji elektrycznej. Półtusze ważono z dokładnością do 0,5 kg, stosując automatyczną wagę liniową.

Po schłodzeniu, z prawej półtuszy pobrano próby mięśnia *longissimus thoracis* (LT) o wadze około 200 g, między 11. a 13. kręgiem piersiowym. Próbki zapakowane próżniowo zostały przetransportowane (+4°C) do laboratorium Katedry Hodowli Bydła i Oceny Mleka Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie celem oznaczenia zawartości tłuszczu śródmięśniowego (IMF) i profilu kwasów tłuszczowych. Tłuszcz ekstrahowano z próbek mięsa mielonego metodą Soxhleta (PN-EN 15505, 2009) przy użyciu systemu ekstrakcji B-811 (Büchi, Szwajcaria), z n-heksanem jako rozpuszczalnikiem (POCH, Polska). Estry metylowe kwasów tłuszczowych (FAME) otrzymano przez metylację w mieszaninie metanol-chloroform-H_2SO_4 (odpowiednio POCH, Polska; STANLAB, Polska; STANLAB, Polska) według zmodyfikowanej metody Peiskera (PN-ISO 1444, 2000) oraz normy PN-EN ISO 5509 (Żegarska i in., 1991). Zawartość kwasów tłuszczowych w IMF oznaczono za pomocą chromatografu gazowego CP-3800 (Varian Inc, Palo Alto, Kalifornia, Stany Zjednoczone) wyposażonego w iniektor typu splitless oraz detektor płomieniowo-jonizacyjny (FID). Próbki (1 µl) umieszczono na Varian Capillary Column Select ™ FAME (długość: 100 m; średnica wewnętrzna: 0,25 mm) przy użyciu strzykawki Hamiltona i autosamplera CP-8410 (Varian Inc, Palo Alto, Kalifornia, Stany Zjednoczone). Jako gaz nośny zastosowano hel. Temperatura wtryskiwacza wynosiła 260°C. Całkowity czas pojedynczej analizy wyniósł 68 min. Kwasy tłuszczowe zidentyfikowano porównując ich czasy retencji z czasami retencji poszczególnych wzorców referencyjnych i ich mieszanin zakupionych od Supelco (Sigma-Aldrich, Stany Zjednoczone). Analizy próbek i wzorców odniesienia przeprowadzono w identycznych warunkach rozdziału. Aparat był kontrolowany, a dane zbierano i przetwarzano przy użyciu systemu danych chromatograficznych GALAXIE. Kwasy tłuszczowe podzielono na następujące kategorie: nasycone kwasy tłuszczowe (SFA), nienasycone kwasy tłuszczowe (UFA), w tym jednonienasycone kwasy tłuszczowe (MUFA) i wielonienasycone kwasy tłuszczowe (PUFA) oraz kwasy tłuszczowe n-6 i n-3. Obliczono następujące stosunki: MUFA/SFA, PUFA/SFA i n-6/n-3 PUFA.

5.7.2. Doświadczenie II – krowy mleczne

W ramach Doświadczenia II wydajność mleczna była rejestrowana poprzez każdorazowe ważenie mleka po doju (kg). Udój krów przeprowadzono dwa razy dziennie, o godzinie 5:00 i 17:00 dojarką konwiową. Obliczono wydajność białka i tłuszczu mleka mnożąc wydajności mleka z danego dnia odpowiednio przez zawartość białka lub tłuszczu w mleku każdej krowy, a także wskaźnik wydajności mleka (ECM-Energy Corrected Milk) według wzoru (Rezaei i in., 2015):

$$ECM = \text{wydajność mleka (kg)} \times [38.3 \times \text{zawartość tłuszczu mleka (g·kg}^{-1}) + 24.2 \times \text{zawartość białka mleka (g·kg}^{-1}) + 16.54 \times \text{zawartość laktozy w mleku (g·kg}^{-1}) + 20.7] /3140.$$

Obliczono także efektywność produkcyjną krów mlecznych:

- współczynnik wykorzystania paszy (FCR) (kg mleka·kg^{-1} SM);
- wskaźnik wydajności mleka (ECM) (kg mleka·kg^{-1} SM);
- wykorzystanie azotu przez krowy - stosunek N mleka do N pobranego.

Indywidualnie od każdej krowy, 3 razy w miesiącu w trakcie porannego udoju, do sterylnego pojemnika o pojemności 120 mililitrów pobierano próby mleka, które następnie zamrażano w temperaturze -25°C. Próby przewożono w warunkach chłodniczych (+ 4°C) do laboratoriów Wydziału Bioinżynierii Zwierząt. W Laboratorium Oceny Mleka Katedry Hodowli Bydła i Oceny Mleka wykonano oznaczenia:

- zawartości białka, tłuszczu, kazeiny, laktozy, suchej masy, suchej masy beztłuszczowej, mocznika, oraz kwasowości całkowitej – aparatem MilkoScan FT120 (Foss Electric, Hillerod, Dania);
- gęstości – gęstościomierzem elektronicznym DMA 35N (Anton Paar, GmbH, Graz, Austria).

W laboratorium Katedry Żywienia Zwierząt i Paszoznawstwa oznaczono:

- profil kwasów tłuszczowych, po uprzedniej ekstrakcji tłuszczu z mleka metodą Röse-Gottlieba (AOAC, 2007).

Estry metylowe tłuszczu mlekowego do analiz na chromatografie gazowym (GC) przygotowano wykorzystując metodę IDF Standard (1999). Odważono 0,05 g próbki tłuszczu, którą rozpuszczono w 2,5 cm^3 n-heksanu. Po dodaniu 0,1 cm^3 wodorotlenku potasu w metanolu 2M próby wytrząsano przez 1 min. Następnie odstawiono na 5 min, po czym dodawano 0,25 g krystalicznego wodorosiarczanu (VI) sodu oraz wirowano przez 3 min z prędkością 1000 obr.·min^{-1}. Rozdział i oznaczanie kwasów tłuszczowych przeprowadzono

metodą chromatografii gazowej przy użyciu chromatografu gazowego Varian CP–3800 (Varian Inc, Palo Alto, Kalifornia, Stany Zjednoczone) z wykorzystaniem detektora płomieniowo–jonizacyjnego (FID), kolumny kapilarnej o długości 50 m (średnica wewnętrzna 0,25 mm, grubość filmu 0,25μm i dozownika (split 50:1). Wielkość nanoszonej próbki wynosiła 1μl. Temperatura detektora wynosiła 250˚C, dozownika 225˚C zaś kolumny 200˚C. Zastosowanym gazem nośnym był hel (przepływ 1,2 ml/min). Identyfikację kwasów tłuszczowych wykonano porównując czas retencji pojedynczych wzorców estrów metylowych kwasów tłuszczowych (Sigma-Aldrich, Stany Zjednoczone) i pików w badanej próbie. Względną zawartość kwasów tłuszczowych wyrażono jako % całkowitej powierzchni wszystkich kwasów tłuszczowych zawartych w próbce.

5.8. Analiza statystyczna

Uzyskane wyniki analiz chemicznych pasz zostały opracowane statystycznie za pomocą jednoczynnikowej (odmiana/gatunek) analizy wariancji ANOVA, wyliczono średnie i standardowe błędy pomiaru (SEM). Istotność różnic między średnimi oszacowano wykorzystując test post-hoc Duncana. Analiza statystyczna została przeprowadzona w programie Statistica (Statsoft, wersja 13.1, TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA).

W doświadczeniu I uzyskane wyniki zostały podsumowane dla każdego buhaja opasowego według okresu pomiarowego. Dane dotyczące pobrania składników pokarmowych, produkcji mięsa, wydajności rzeźnej zostały pogrupowane w średnie tygodniowe dla każdego zwierzęcia według okresu pomiarowego i przeanalizowane za pomocą modelu, który obejmował efekty zabiegu diety doświadczalnej. Dane dotyczące strawności pozornej, charakterystyki fermentacji żwacza analizowano za pomocą modelu, który również obejmował zabiegi diet doświadczalnych. Istotność różnic średnich porównano za pomocą testu post-hoc Duncana. Istotność deklarowano na poziomie $P \leq 0,05$, a tendencję do istotności na poziomie $0,05 < P \leq 0,10$. Wszystkie dane analizowano w programie Statistica (Statsoft, wersja 13.1, TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA).

Uzyskane wyniki dla każdej krowy mlecznej zgromadzono zgodnie z każdym okresem pomiarowym, zapewniając 16 próbek dla każdego rodzaju dawki pokarmowej za cały okres. Dane dotyczące pobrania, strawności, produkcji mleka, wydajności i składu mleka zostały przekształcone w średnie tygodniowe dla każdej krowy według okresu pomiarowego i przeanalizowane za pomocą modelu, który obejmował efekty zabiegu diety doświadczalnej i grupy (kwadrat). Istotność różnic średnich porównano za pomocą testu

post-hoc Duncana. Istotność deklarowano na poziomie $P \leq 0,05$, a tendencję do istotności na poziomie $0,05 < P \leq 0,10$. Wszystkie dane zostały przetworzone za pomocą Statistica (Statsoft, wersja 13.1, TIBCO Software Inc., Palo Alto, CA, USA).

6. WYNIKI I DYSKUSJA

6.1. Skład chemiczny i wartość pokarmowa zielonek

Stwierdzono istotny wpływ genotypu traw na zawartość substancji organicznej, tłuszczu surowego i frakcji NDF (P≤0,05), białka ogólnego, włókna surowego, frakcji ADL, a także energii netto i pojemności buforowej zielonek doświadczalnych (P≤0,01) (Tabela 5). W porównaniu z zielonką z życicy mieszańcowej wszystkie odmiany *Festulolium* uzyskały wyższą koncentracją energii, a odmiany Felopa i Lofa miały wyższą koncentrację białka ogólnego, jednocześnie niższą zawartością włókna surowego i NDF. Zawartość ADL była wysoko istotnie (P≤0,01) niższa w zielonkach z życicy, odm. Felopa i Perun niż w zielonce z odm. Lofa.

Według danych piśmiennictwa zawartość białka ogólnego w trawach *Festulolium braunii* może wynosić od 66 $g \cdot kg^{-1}$ SM do 194 $g \cdot kg^{-1}$ SM w zależności od warunków środowiskowych i nawożenia (Grønbæk, 2010; Touno i in., 2011; Staniak i in., 2018; Staniak M., 2019; Malinowska i in., 2020; Wiśniewska-Kadżajan, 2020a).W badaniach Ostrem i in. (2014) wykazano, że *Festulolium* odm. Hykor i Felopa charakteryzowały się znacznie rozbieżnymi wzorcami zarówno dla NDF i iNDF. Zawartość NDF wzrosła o 71 $g \cdot kg^{-1}$ SM pomiędzy czterema terminami zbioru w odm. Hykor i 179 $g \cdot kg^{-1}$ SM w odm. Felopa, podczas gdy wartości dla iNDF wynosiły odpowiednio 38 i 88 $g \cdot kg^{-1}$ SM dla odm. Felopa. W pierwszym odroście koncentracja NDF była najniższa i wynosiła odpowiednio 495 $g \cdot kg^{-1}$ SM dla odm. Hykor i 452 $g \cdot kg^{-1}$ SM dla odm. Felopa. Podobne różnice odnotowali Frankow-Lindberg i Olsson (2008), którzy stwierdzili, że odm. Hykor miała niższą wartość energetyczną i wyższą zawartość NDF i iNDF niż obie odm. Paulita i Perun.

Wszystkie analizowanie zielonki charakteryzowała bardzo wysoką wartość energetyczna obliczona na podstawie składu chemicznego. Dla porównania średnia wartość energetyczna kukurydzy zbieranej na kiszonkę z całych roślin w stadium dojrzałości szklistej ziarna o zawartości 35% SM wynosi 0,91 JPM i 0,82 JPŻ. Natomiast życica wielokwiatowa zbierana w trakcie pierwszego pokosu na początku kłoszenia posiada wartość energetyczną 0,97 JPM i 0,92 JPŻ (INRA, 2009). Tak wysoka zawartość energii wynikała z niskiej zawartości ligniny, która ma decydujący wpływ na strawność ścian komórkowych (Huskonen i Pesonen, 2017; Raffrenato i in. 2017) oraz wysokiego udziału hemiceluloz, które są najlepiej trawioną częścią NDF w składzie frakcji węglowodanów strukturalnych (Dewhurst i in., 2003a). Zawartość hemiceluloz wynosiła odpowiednio

w 253,8 vs. 227,7 vs. 240,8 vs. 262,7 g·kg^{-1} SM dla porównania w zielonce z kukurydzy w dojrzałości woskowej wynosi 218,0 g·kg^{-1} SM (INRA, 2009).

Nie wykazano statystycznego wpływu odmiany traw jedynie na przydatność do zakiszania określaną jako fermentowalność (FC). Zawartość WSC we wszystkich analizowanych zielonkach należy uznać jako niską szczególnie w odniesieniu do życicy oraz *Festulolium* odm. Lofa. Badania innych autorów wykazały, że *Festulolium braunii* jest odpowiednim składnikiem mieszanek z lucerną ze względu na wysoką zawartość węglowodanów (Sosnowski i Jankowski, 2010; Sosnowski, 2011; Olszewska i Kobyliński, 2016; Staniak, 2016; Staniak i Harasim, 2018). Badane odmiany *Festulolium* wyróżniały się dość wysoką zawartością WSC, która wynosiła 147-194 g·kg^{-1} SM (Obratzsov i in., 2022). Kryszak i in., (2002) wykazali, że wszystkie odmiany *Festulolium braunii* charakteryzowały się większą niż pozostałe gatunki zawartością WSC. Najlepsza pod tym względem okazała się odmiana Sulino z koncentracją cukrów na poziomie 180 g·kg^{-1} SM. Czynnikiem, który mógł negatywnie wpłynąć na zawartość WSC było prawdopodobnie wysokie nawożenie azotowe traw w prezentowanym doświadczeniu. Zawartość WSC w trawach wzrasta wraz ze spadkiem nawożenia azotem (Mc Grath, 1992; Valk i in., 1996). Według Reida i Strachana (1974) spadek zawartości białka ogólnego o 10 g·kg^{-1} SM towarzyszy wzrostowi o 10 g·kg^{-1} SM WSC. Wzrost WSC na skutek obniżenia nawożenia azotowego przypisuje się zmniejszeniu wykorzystania łańcuchów węglowych do syntezy białek i produkcji energii wymaganej do etapu redukcji azotanów przed syntezą białek. Wzrost WSC w odpowiedzi na mniejsze nawożenie azotowe jest jeszcze większe dla gatunków traw bogatych w cukry (Willman i Wright, 1978; Gillet, 1980). Spadek zawartości WSC w trawach pod wpływem wzrastającego nawożenia azotowego udowodnili także Grabowski i in. (1990), Krauze i in. (1990), Jodełka i in. (2000) oraz Ciepiela i in. (2001).

Niższą zawartość cukru w zielonce odmiany Lofa należy wyjaśnić wyższa zawartością białka ogólnego, ujemną korelacje miedzy tymi składnikami wskazuje wielu autorów (Humphreys, 1989; Loaiza i in., 2016). Niskiej zawartości cukru towarzyszyła stosunkowo niewielka pojemność buforowa zakiszanych traw, parametr ten dla SM zielonki z lucerny pierwszego pokosu w fazie kwitnienia wynosi 5,66-5,94 mol·l^{-1}. Pojemność buforowa wzrasta wraz ze wzrostem zawartości białka surowego i popiołu surowego o 1% odpowiednio o 0,14-0,40 i 0,49-0,86 mol·l^{-1} oraz maleje o 1,44 mol·l^{-1} wraz ze wzrostem zawartości WSC o 1% (Stepanova i in., 2021). Kiszonka z kukurydzy jest popularna ze względu na niską zdolność buforowania i wysoką zawartość WSC (Khan i in., 2015). Podczas pierwotnego wzrostu traw i późniejszego letniego odrastania, pojemność buforowa

spadała średnio o 20 meq·kg^{-1} SM na tydzień, zaczynając od około 400-450 meq·kg^{-1} SM. W przypadku odrostów jesiennych pojemność buforowa była względnie stała (350-450 meq·kg^{-1} SM) (Muck, 1991). Niższą pojemność buforową odmiany Lofa trudno uzasadnić ponieważ jednocześnie miała najwyższa zawartość białka ogólnego czyli składnika wpływającego na wzrost pojemności buforowej. Jednocześnie najniższa zawartość cukru i pojemność buforowa w zielonce tej odmiany spowodowała, że wskaźnik przydatności do zakiszania FC był tylko nieznacznie niższy od życicy i odmiany Perun, która charakteryzowała się najlepszym wskaźnikiem fermentowalności z porównywanych traw. Według Weissbach i Auerbach (2013) zielonki charakteryzujące się wskaźnikiem FC<35 są uznawane jako trudno kiszące, natomiast zielonki o wartości FC>45 jako łatwo kiszące. Stwierdzone wartości parametrów przydatności do zakiszania dla ocenianych zielonek według tych autorów wskazują na możliwość uzyskania bardzo dobrego przebiegu fermentacji po przewiędnięciu od 29 do 32% SM.

Podsumowując analizę jakości zielonek należy stwierdzić że wszystkie charakteryzowały się wysoką wartością pokarmową, zielonki *Festulolium* uzyskały wyższą wartością energetyczną w stosunku do życicy mieszańcowej oraz wyższą wartością białkową za wyjątkiem odmiany Perun. Odmiana ta przewyższała inne trawy przydatnością do zakiszania mierzoną wskaźnikiem FC wg Weissbach i Auerbach (2013).

6.2. Plon suchej masy, białka ogólnego i energii netto zielonek

Analiza statystyczna potwierdziła różnice wysoko istotne (P≤0,01) statystycznie w plonie SM i JPŻ z powierzchni 1 ha uprawy badanych odmian traw. Najwyższym plonem SM i najwyższą wartością energetyczną wykazała się odmiana Perun, a najniższą zaś odnotowano dla *Festulolium* odm. Lofa i życicy mieszańcowej odm. Gala (Tabela 6). Różnica była wysoko istotna statystycznie. W porównaniu z życicą tylko odmiany Felopa i Perun wyróżniały się wyższym plonem białka ogólnego i różnica wynosiła odpowiednio 409 kg oraz 415 kg z powierzchni 1 ha·rok^{-1}. Czynnikiem w najwyższym stopniu decydującym o wielkości i jakości plonów traw pastewnych jest nawożenie mineralne, głównie azotowe (Ciepiela i in., 2003). W badaniach Solati i in. (2018) wykazano, że stężenie białka ogólnego wynosiło średnio 164-191 g·kg^{-1} SM w pokosie traw w czystym siewie i mieszanek trawiasto-strączkowych, przy czym najniższe wartości miały pokosy letnie. Trawy w czystym siewie uzyskiwały najwyższy plon białka surowego z hektara rocznie, wahający się od 2595 do 3693 kg·ha^{-1} niezależnie od roku. Nielsen i in. (2021)

w swoich badaniach porównujących wpływ częstotliwości zbioru i nawożenia na plon białka, wykazali najwyższe roczne plony biomasy i białka ogólnego przy zbiorze dwóch pokosów. Plony SM kostrzewy trzcinowej i trzciny kanaryjskiej w niniejszym badaniu wynosiły odpowiednio 13,4 oraz 15,6 t·ha^{-1}. Najwyższe roczne plony białka ogólnego w tym samym doświadczeniu uzyskano w zielonce z trzciny kanaryjskiej 3,4 t·ha^{-1} i 2,9 t·ha^{-1} rocznie dla kostrzewy trzcinowej. Ciepiela i in. (2003) donoszą w swoich badaniach, że plon SM życicy trwałej był wyraźnie uzależniony od zastosowanego nawożenia azotowego. Najwyższy średni plon wynoszący 11,58 t·ha^{-1} uzyskano z poletek nawożonych 30% roztworem mocznika. Balocchi i Lopez (2009) wykazali, że ruń składająca się z odmian diploidalnych miała większą produkcję SM zielonki w porównaniu z uprawami odmian tetraploidalnych wykorzystywanych do wypasu przez zwierzęta. Natomiast Burns i in. (2013) donoszą, że odmiany tetraploidalne przewyższały plon odmian diploidalnych. W eksperymencie McClearn i in. (2019) udowodniono, że życica trwała odmiany tetraploidalnej plonowała średnio 13,25 t·ha^{-1} SM rocznie, natomiast życica trwała odmiany diploidalnej uzyskała plon 13,34 t·ha^{-1} SM rocznie. W tym samym doświadczeniu wykazano, że wydajność SM życicy trwałej została znacznie zwiększona na poletkach z dodatkiem koniczyny białej i wzrosła średnio o 1205 kg·ha^{-1} SM rocznie. Tracy i in (2016) wykazali, że plon pastwisk z trawami mieszanymi z lucerną były prawie identyczne z plonami pastwisk z samymi trawami nawożonymi azotem mocznikowym. Łyszczarz i in. (2001) porównał *Festulolium braunii* odmianę Felopa z kostrzewą łąkową odmianą Motycka oraz życicą trwałą odmianą Nadmorski. W swoich badaniach udowodnił, że w kolejnych latach najwyższym plonem SM charakteryzowały się *Festulolium braunii* i życica trwałą. Nekrosas i Kemedyte (2007) dokonali oceny plonu litewskiej odmiany Puga *Festulolium braunii*, czterech linii hodowlanych życicy trwałej i czterech linii hodowlanych życicy wielokwiatowej. Wykazano, że odmiana Puga plonowała podobnie jak linie życicy wielokwiatowej, ponieważ średni plon SM z dwóch lat badań wynosił od 8,7-10,9 t·ha^{-1}. Natomiast Kryszak i in. (2002) wykazali, że odmiany: Felopa, Sulino i Rakopan *Festulolium braunii* uzyskiwały średni plon 14,0-14,5 t·ha^{-1} SM. Plon energii według badań Niemelainen i Kontturi (2001) w trzecim roku uprawy traw wieloletnich wynosił 81,4 GJ·ha^{-1} i był istotnie niższy niż w pierwszym (90,0 GJ·ha^{-1}) oraz drugim roku (90,7 GJ·ha^{-1}). Średnio jednak trawy wieloletnie w okresie trzech lat charakteryzowały się istotnie wyższą wartością EM niż uprawy jednoroczne (odpowiednio 87,7 vs. 83,3 GJ·ha^{-1}). Odmiany *Festulolium* wykazały spadek wartości tych parametrów. Obraztsov i in. (2022) donoszą w swoich badaniach, że *Festulolium* odmiana Izumrudnyi, która jest najbardziej zbliżona do kostrzewy

wykazywała najwyższą produktywność we wszystkich latach wegetacji. W drugim i czwartym roku wegetacji jej plon SM wynosił średnio 7,68-9,69 t·ha^{-1}, a ilość wytworzonej energii metabolicznej 76,2-97,7 GJ·ha^{-1}. Ponadto uzyskano 676-833 kg·ha^{-1} białka surowego.

6.3. Skład chemiczny i wartość pokarmowa kiszonek

Skład chemiczny i wartość pokarmową kiszonek z traw stosowanych w doświadczeniach zamieszczono w Tabeli 7. Zawartość SM w kiszonkach mimo podobnego czasu podsuszania różniła się w przypadku odmiany Lofa. Dynamika utraty wody zielonki podczas podsuszania zależy od warunków atmosferycznych, składu gatunkowego oraz intensywności zabiegów mechanicznych jakim została poddana zielonka (Purwin, 2007; Purwin i in., 2014). Heikkila i in. (2002) podają, że z zielonki z traw w dwóch sezonach wegetacyjnych przy identycznym czasie podsuszania uzyskali kiszonki w balotach odznaczające się znacznym zróżnicowaniem zawartości SM. Lingvall (2002) wskazuje na możliwość produkcji dobrej jakości kiszonek w balotach przy zawartości SM na poziomie 200–500 g·kg^{-1} świeżej masy, jednak optymalna zawartość SM w surowcu zbieranym przy użyciu pras powinna wynosić 350 g·kg^{-1}. Stwierdzone w badaniach własnych znaczne chociaż nie potwierdzone statystycznie różnice zawartości SM (odm. Lofa vs Perun) w kiszonkach wykonanych w tej samej technologii, w tych samych warunkach pogodowych można traktować jako czynnik odmianowy związany z tempem oddawania wody przez rośliny oraz grubością warstw traw wynikająca z ilości zielonki podsuszanej na jednostce powierzchni. Należy zauważyć, że koszenie, przetrząsanie i zgrabianie były prowadzone naprzemiennie tak, aby wyrównać czas podsuszania między polami doświadczalnymi.

Istotny wpływ odmiany i gatunku traw stwierdzono w odniesieniu do zawartości tłuszczu surowego ($P<0,05$), WSC oraz wartości energetycznej kiszonek ($P<0,01$). Wyższe zawartości tłuszczu surowego w kiszonkach w porównaniu do zielonek mogą wynikać z udziału w tej frakcji produktów fermentacji (McDonald i in., 1991). Rodzaj zakiszanego surowca nie miał natomiast wpływu na zawartość białka ogólnego oraz NDF, ADF i ADL w uzyskanych kiszonkach. W badaniach Tas i in. (2005) wykazano, że różnice między odmianami w zawartości NDF i ADL były stosunkowo niewielkie i nieistotne statystycznie. Mimo braku istotnego wpływu odmiany na zawartości frakcji NDF, ADF i ADL stwierdzono liczbowe różnice w udziale podstawowych składników ściany komórkowej poszczególnych traw, zawartość hemiceluloz wynosiła odpowiednio 218,1 vs 268,1 vs 216,5

vs 197,4 g·kg^{-1} SM, natomiast celulozy odpowiednio 289,9 vs 270,2 vs 305,6 vs 319,7 g·kg^{-1} SM. Największe dysproporcje w udziale hemicelulozy i celulozy w kiszonkach odnotowano między kiszonkami odm. Felopa i Lofa. Natomiast wyliczony wskaźnik lignifikacji ścian komórkowych L/NDF wynosił odpowiednio 4,4 vs 3,6 vs 4,9 vs 4,7%. Według Raffrenato i in. (2017) zalecane wartości tego wskaźnika w kiszonkach z traw nie powinny przekroczyć 9%, uzyskane wartości można uznać jako bardzo dobre, ponieważ wskaźnik ten charakteryzuje wysoka ujemna korelacja ze strawnością NDF (r = -0,9) świadczyć może o wysokiej strawności ścian komórkowych. W badaniach Tas i in. (2005) wykazano nieznaczny wzrost średniej zawartości NDF między odmianami w 2001 r. w porównaniu z 2000 r., co było związane ze stosunkowo wysokim udziałem łodyg w koronie runi w pierwszych dwóch okresach 2001 r. Świadczyło o tym również zwiększenie stosunku ADL do NDF, który w 2000 roku wynosił średnio 50,6 i 40,2 g ADL·kg^{-1} NDF. W obu latach różnice między odmianami w składzie chemicznym były relatywnie największe dla zawartości WSC, pośrednie dla zawartości białka ogólnego, a najmniejsze dla zawartości NDF. Koncentracja ADL u wszystkich badanych odmian życicy trwałej była bardzo zbliżona. Salama i in. (2012) wykazują w swoich badaniach, że pochodne odmian tetraploidalnych życicy trwałej miały zawsze znacznie wyższą zawartość WSC i mniej NDF, ADF i ADL niż ich prawie izogeniczne diploidalne gatunki rodzicielskie. Najwięcej NDF (53%) znajdowało się w kupkówce pospolitej i kostrzewie łąkowej, natomiast najmniej 48% w biomasie z życicy trwałej (Sosnowski, 2012). Zawartość celulozy w badanych gatunkach traw różniła się istotnie jedynie w zależności od różnych cięć. Stężenie to wynosiło od 255 do 299 g·kg^{-1} SM w przypadku kupkówki pospolitej i od 255 do 282 g·kg^{-1} SM w przypadku kostrzewy łąkowej. Natomiast koncentracja hemicelulozy w kostrzewie łąkowej zwiększała się między zbieranymi pokosami i wynosiła odpowiednio: 178 vs 181 vs 199 vs 235 g·kg^{-1} SM (Sosnowski i in., 2017). Zawartość włókna NDF w życicy wielokwiatowej w poszczególnych sezonach wegetacyjnych i zabiegach odnotowano w trawie z drugiego zbioru (549,3 g·kg^{-1} SM), a najmniejszą w trzecim (523,6 g·kg^{-1} SM) (Wiśniewska-Kadżajan i Jankowski, 2020b). Lignina zmniejsza strawność celulozy i hemicelulozy poprzez zmniejszenie ich dostępności dla enzymów w wyniku tworzenia wiązań eterowych (Grabber i in., 1997; Grabber, 2005; Bonawitz i Chapple, 2010). Ponadto struktura ligniny ma również silny wpływ na strawność ściany komórkowej (Grabber, 2005). Zależność między składem ściany komórkowej a strawnością ściany komórkowej została w dużej mierze udokumentowana w przypadku kukurydzy (Méchin

i in., 2001; Barrière i in., 2003), ale poświęcono jej mniej uwagi w przypadku wieloletnich gatunków traw pastewnych (Vetharaniam i in., 2014).

Zawartość WSC była różna (P<0,01) w każdej z kiszonek. Najwyższa pozostałość cukrów rozpuszczalnych wystąpiła w kiszonce z życicy mieszańcowej nieznacznie niższa w kiszonce z *Festulolium* odmiany Felopa znacznie niższa wartość aczkolwiek różniące się od siebie istotnie stwierdzono w kiszonkach z odm. Perun i Lofa. Czynnikami, które wpływają na zawartość cukru resztkowego w kiszonkach jest zawartość ich w zielonkach oraz zużycie cukrów podczas fermentacji, które zależy od pojemności buforowej surowca, zawartości SM, stopnia zagęszczenia zakiszanej masy oraz dodatku inhibitorów lub stymulatorów fermentacji (Weiberg i Ashbel, 2003). W prezentowanych badaniach nie stosowano dodatków, a zbiór zielonek odbywał się tą samą prasą, więc istotnie mniejszą zawartość cukrów w kiszonkach z odm. Lofa można tłumaczyć większym zużyciem na fermentację wynikającym z najniższej zawartości SM natomiast w przypadku kiszonki odm. Perun najwyższą pojemnością buforową zielonki (Purwin, 2007).

Zawartość kwasów mlekowego i octowego w otrzymanych kiszonkach (Tabela 7) wskazuje na wyraźne różnice w intensywności przebiegu fermentacji. Kiszonki z *Festulolium* odm Lofa oraz z życicy charakteryzowały się wyższą zawartością kwasu mlekowego i octowego (P<0,05) i niższym pH niż kiszonki z pozostałych odmian *Festulolium*. Wpływ na kwasowość uzyskanych kiszonek został udowodniony statystycznie miedzy kiszonkami z odm. Lofa i Perun. Uzyskane wyniki są zbieżne z rezultatami badań Fraser i in. (2002), w których stwierdzono wyższą zawartość kwasu mlekowego i niższe pH w kiszonkach z traw.

Stwierdzona zawartość kwasów oraz pH kiszonek wskazuje na intensywny przebieg fermentacji. Zawartości kwasów w badaniach nad kiszonkami z traw podsuszonych produkowanych w balotach były niższe (Kostulak–Zielińska i in., 2002; Purwin, 2007). Według tych autorów zawartość kwasu mlekowego w kiszonkach jest efektem nie tylko dostępnej puli WSC, ale również pojemności buforowej konserwowanych zielonek i ich stopnia rozdrobnienia. Według Slottnera (2002) balot zawierający surowiec nie rozdrobniony tworzy zupełnie inne środowisko do zakiszania aniżeli balot z surowcem dokładnie pociętym. Należy zauważyć że w badaniach własnych baloty formowane były prasą zaopatrzoną w noże.

Na uwagę zasługuje bardzo niski udział azotu amonowego w azocie ogólnym w analizowanych kiszonkach. Stwierdzone wartości świadczą o niskim stopniu degradacji aminokwasów w procesie fermentacji (McDonald i in., 1991). Otrzymane wyniki

potwierdzają hamujący wpływ zwiększenia zawartości SM powyżej 350 $g \cdot kg^{-1}$ na aktywność laseczek przetrwalnikujących (Jonsson, 1991). Biorąc pod uwagę poziom kwasu masłowego i $N–NH_3$ można sądzić, że wytworzone podczas procesu zakiszania warunki, znacznie ograniczyły możliwość uaktywnienia tego rodzaju bakterii do form wegetatywnych. Również wysokie nawożenie azotem traw doświadczalnych mogło wpływać na zwiększenie poziomu azotanów w surowcu i w konsekwencji tego obniżać aktywność fermentacyjną *Clostridium* spp. (Kaiser i in., 2002).

Podsumowując można stwierdzić, że parametry chemiczne charakteryzujące kiszonki uzyskane w doświadczeniach przedstawiają jeden z trzech typów fermentacji przedstawionych przez Huhtanen i in. (2003), tj. ekstensywną fermentację z wysokim poziomem kwasu mlekowego i stosunkowo niskim poziomem azotu amonowego oraz lotnych kwasów tłuszczowych. Wśród analizowanych kiszonek nie stwierdzono pozostałych dwóch profili czyli fermentacji ograniczonej z niskim poziomem kwasu mlekowego i wysoką pozostałością WSC oraz typu wskazującego na wtórną fermentację, z wysokim pH i zawartością azotu amonowego i lotnych kwasów tłuszczowych. Pożądany przebieg fermentacji potwierdzają noty punktowe według skali DLG (Weissbach i Honig, 1992), gdzie wszystkie kiszonki uzyskały punktacje odpowiadające ocenie bardzo dobrej. Maksymalna ocenę uzyskały w odniesieniu do zawartości kwasu mlekowego i octowego oraz $N\text{-}NH_3$. Kryterium, które obniżyło oceny było niewystarczające zakwaszenie w odniesieniu do zawartości SM.

6.4. Skład frakcji białkowych kiszonek doświadczalnych wg CNCPS

Na podstawie oznaczonych frakcji azotowych dokonano oceny białka według modelu CNCPS (Tabela 8). W systemie tym za podstawę podziału związków azotowych paszy przyjmuje się rozpuszczalność, która silnie koreluje z losami białka w przewodzie pokarmowym przeżuwacza. Wyodrębnia się frakcję A stanowiącą związki azotowe niebiałkowe, frakcję białka właściwego – B z trzema pod frakcjami (B1, B2, B3), które różnią się rozpuszczalnością i tempem rozkładu w żwaczu oraz frakcję C, którą stanowi białko niedostępne dla przeżuwacza związane z ligniną lub stanowiące produkt reakcji Mailarda (Sniffen i in., 1992).

Analiza statystyczna potwierdziła różnice ($P<0,01$) w zawartości związków azotowych niebiałkowych oraz białka rozpuszczalnego w buforze (frakcja B1). Najniższy udział frakcji A oraz frakcji B1 stwierdzono w białku ogólnym życicy mieszańcowej

natomiast najmniej związków azotowych niebiałkowych oraz białka rozpuszczalnego w buforze wśród porównywanych odmian *Festulolium* zawierało białko ogólne odm. Lofa (Tabela 8). Białko życicy zawierało większy udział frakcji B2 ($P<0,01$) w porównaniu z każda z odmian *Festulolium* oraz B3 w porównaniu z mieszańcami Felopa i Perun ($P<0,05$). Istotne różnice w udziale w białku ogólnym azotu nierozpuszczalnego w kwaśnym detergencie (frakcja C) stwierdzono między mieszańcami Perun i Lofa.

Porównując skład frakcji białka kiszonek doświadczalnych do innych roślin pastewnych należy stwierdzić że, wykazano niższy udział frakcji A w porównaniu do kiszonki z lucerny oraz zbliżony do kiszonki z koniczyny czerwonej. Grabber i Coblentz (2009) uzyskali wartości na poziomie 681 $g \cdot kg^{-1}$ N ogólnego dla lucerny , a dla koniczyny czerwonej 466 $g \cdot kg^{-1}$ N ogólnego. Natomiast udział frakcji B1 na poziomie 80 $g \cdot kg^{-1}$ N ogólnego w kiszonce z koniczyny czerwonej i 30 $g \cdot kg^{-1}$ N ogólnego w kiszonkach z lucerny uzyskane przez tych autorów były odpowiednio wyższe i wyższe od stwierdzonych w badaniach własnych. Loučka i Tyrolová (2013) analizując poszczególne frakcje białka w kiszonkach wykazali zwiększanie udziału frakcji A w czasie zakiszania, natomiast Richardt i Steinhöfel (2008) wskazują na zwiększenie udziału frakcji niebiałkowej (frakcji A) w czasie zakiszania zielonek oraz frakcji azotu związanego ze ścianami komórkowymi roślin (frakcji B3 i C) przy jednoczesnym obniżeniu frakcji łatwiej rozpuszczalnych B1 i B2. W badaniach Grabber (2009) i Grabber i Coblentz (2009) zawartość tej frakcji wynosiła w kiszonkach z koniczyny czerwonej i lucerny odpowiednio 258 i 147 $g \cdot kg^{-1}$ N ogólnego oraz 342 i 198 $g \cdot kg^{-1}$ N ogólnego, czyli za każdym razem wartości znacznie niższe od uzyskanych w zakiszanych trawach w badaniach własnych. Uzyskane wyniki własne udziału frakcji B3 w azocie ogólnym są znacznie wyższe od wartości uzyskanych przez Grabber i Coblentz (2009) w lucernie oraz zbliżone do udziału stwierdzonego w koniczynie czerwonej. Natomiast udział frakcji C był minimalnie wyższy niż w kiszonkach z lucerny oraz znacznie wyższy w porównaniu do kiszonek z koniczyny czerwonej (Grabber 2009). Niższy, niż w badaniach własnych, udział frakcji C uzyskali Grabber (2009) i Grabber i Coblentz (2009). W badaniach autorów udział azotu niestrawnego wynosił dla kiszonek z lucerny i koniczyny czerwonej odpowiednio 56 vs. 61 $g \cdot kg^{-1}$ N ogólnego oraz 34 vs. 31 $g \cdot kg^{-1}$ N ogólnego.

W badaniach Borsuk i Fijałkowskiej (2019) wykazano, że w białku zielonek odmiana *Festulolium* wpłynęła na udział białka nierozpuszczalnego (frakcja B2 i B3) i niestrawnej frakcji C, natomiast proporcje wszystkich frakcji białka w białku zielonek z *Festulolium* zależały od pokosu. Na skład frakcji azotowych B3 i C miały wpływ oba czynniki

doświadczalne na poziomie P<0,01. Różnice statystycznie istotne (P<0,05) odnotowano dla frakcji A i C. Średnio jedną czwartą białka roślinnego stanowiło NPN, jest to wartość charakterystyczna, podawana w literaturze dla gatunku *Lolium perenne* (Boudon i Peyraud, 2001). Zawartość frakcji B2 jest istotna ze względu na pośrednią degradację żwaczową oraz 100% strawność jelitową (Krishnamoorthy i in., 1982, Licitra i in., 1996). Porównując uzyskane wyniki rozkładu poszczególnych części frakcji B w zielonkach z lucerną według wyników podanych przez Guo i in. (2008), zaobserwowano znaczy wzrost udziału tejże frakcji, co świadczy o nieco gorszej jakości zielonki z tego pokosu, na co wpływ mógł mieć okres wegetacyjny traw. Porównując zawartość frakcji C w ocenianych kiszonkach z *Festulolium* z kiszonkami badanymi przez Schwab i in. (2003) można zauważyć, że wartości te są bardzo zbliżone. Śruta rzepakowa, sojowa oraz słonecznikowa również posiadają zbliżoną zwartość ADIN (Chrenkova i in., 2014). Niski udział frakcji C w całkowitej puli azotu jest bardzo korzystny, ponieważ uważana jest ona za niedostępną dla układu pokarmowego. Azot ten związany jest z ligniną oraz produktami powstałymi w wyniku reakcji Maillarda, w związku z czym nie jest on źródłem aminokwasów dla organizmu zwierzęcia (Krinamoorthy i in., 1982; Waters i in., 1992). Frakcja A oraz B1 mieszańców *Festulolium braunii* okazała się zbliżona do rodzaju rodzicielskiego *Fescue*. *Fescue* w badaniach autorów uzyskała wyższą zawartość białka rozpuszczalnego w neutralnym detergencie oraz niższy udział białka frakcji B3 i C. Żadna z badanych zielonek *Festulolium* nie miała składu frakcji azotowych porównywalnego z gatunkiem wyjściowym *Lolium perenne*, badanego przez Hoekstra i in. (2008). Badania trzydziestu mieszańców *Festulolium* certyfikowanych w Czechach po względem składu frakcji azotowych wykazywały podobne średnie wartości dla obu analizowanych grup mieszańców *Festulolium*. Zawartość frakcji białkowych B1, B2 i B3 wynosiła odpowiednio 29,2 vs 30,7 vs 33,7 $g \cdot kg^{-1}$ SM dla mieszańców kostrzewy oraz 21,7 vs 33,5 vs 31,9 $g \cdot kg^{-1}$ SM dla mieszańców życicy. Tam była tendencja do zmniejszania się frakcji B2 wraz z postępem dojrzałości. Średnia zawartość frakcji związanej C wynosiła 10,4 $g \cdot kg^{-1}$ SM dla mieszańców kostrzewy i 7,3 g $g \cdot kg^{-1}$ SM dla mieszańców życicy

Podsumowując należy stwierdzić, że w ocenie CNCPS białko kiszonek z życicy mieszańcowej charakteryzowało się lepszą jakością co wynikało z mniejszego udziału frakcji niebiałkowej oraz największego z porównywanych kiszonek udziału frakcji trudniej rozpuszczalnych białka trawionych głównie w jelicie (B2 i B3). Lepsza jakość białka kiszonki z życicy mieszańcowej prawdopodobnie wynika z korzystniejszego składu frakcji jednego z komponentów rodzicielskich czyli życicy trwałej, która w badaniach Gonzalez-

Ronquillo i in. (2021) wynosiła w kiszonce: A: 168-192 g·kg^{-1} N ogólnego, B1: 102-134 g·kg^{-1} N ogólnego, B2: 389-512 g·kg^{-1} N ogólnego, B3: 138-153 g·kg^{-1} N ogólnego i frakcji C: 80-130 g·kg^{-1} N ogólnego. Wśród prezentowanych w badaniach własnych mieszańców *Festulolium* najmniej korzystny skład białka stwierdzono w kiszonce z mieszańca Perun, która zawierała najwięcej frakcji A i najmniej B2 i B3.

6.5. Skład kwasów tłuszczowych w kiszonkach doświadczalnych

Analiza statystyczna potwierdziła wpływ odmiany kiszonki doświadczalnej na skład kwasów tłuszczowych w kiszonkach przedstawionych w Tabeli 9. Kiszonka z życicy mieszańcowej cechowała się istotnie wyższą koncentracją kwasów mirystooleinowego (C14:1), pentadekanowego (C15:0), palmitynowego (C16:0), palmitooleinowego (C16:1), stearynowego (C18:0), oleinowego (C18:1 c9) i C18:2 w porównaniu do kiszonek z *Festulolium* odm. Felopa i Perun (P≤0,01). Zdaniem Van Ranst i in. (2009) stopień podsuszenia zakiszanego materiału, poprzez wzrost zawartości SM, obniża zawartą w nim sumę kwasów tłuszczowych, co wynika głównie z procesu utleniania UFA, bardziej podatnych na utlenianie niż SFA. W badaniach własnych nie potwierdzono statystycznie różnic w zawartości SM zielonek i kiszonek badanych odmian *Festulolium* oraz życicy mieszańcowej (Tabela 5). Zanotowano natomiast pewną tendencję do niższej zawartości SM w zielonce z życicy mieszańcowej w porównaniu do odmian *Festulolium*. Podobny trend odnotowano dla zawartości SM w kiszonkach życicy mieszańcowej oraz *Festulolium* odmian Felopa i Perun (Tabela 7). Wysoka zawartość SM powoduje skrócenie czasu trwania fermentacji (Cavallarin i in., 2005) i w efekcie zmniejsza zakres lipolizy. W pewnym stopniu przekłada się to na wyniki oznaczeń kwasów tłuszczowych kiszonek w badaniach własnych. Kiszonki o wyższym udziale SM cechowały się niższym poziomem kwasów tłuszczowych C14:1, C15:0, C16:0, C18:0, C18:1 c9, C18:2 w porównaniu do kiszonek wyprodukowanych z tendencją do niższego udziału SM (życica mieszańcowa i *Festulolium* odmiany Lofa). Odwrotną zależność zanotowano dla kwasu C18:3, jego wyższy udział oznaczono w kiszonkach z odmian Felopa i Perun. Zdaniem Kaup i in. (2002) oraz Lung i Weselake (2006) wskazuje to na wysoki stopień aktywacji acylotransferazy diacylglicelorowej (DGAT) w czasie podsuszania zielonki lub wysoką zawartość SM jako czynnika stresowego pobudzającego aktywność tego enzymu. Wyższa zawartość SM powoduje hamowanie aktywności enzymów roślinnych co wpływa na większy udział kwasu C18:3 (Van Ranst i in., 2009). Znaczne różnice w zawartości tego kwasu znajdują

odzwierciedlenie w udziale kwasów PUFA w tłuszczu badanych pasz. Kiszonki z *Festulolium* charakteryzowały się statystycznie wyższą (P≤0,01) zawartością PUFA. Kiszonka z życicy mieszańcowej posiadała wysoko istotnie (P≤0,01) wyższą koncentrację MUFA, w porównaniu z kiszonkami z *Festulolium* odm. Felopa i Perun, a także SFA w porównaniu z kiszonkami z *Festulolium* odm. Felopa.

6.6. Wyniki produkcyjne opasanych buhajów

Poziom uzupełnienia paszą treściwą ma pozytywny i mocny wpływ na przyrost masy ciała (Sami i in., 2004; Drennan i in., 2005). Aby obiektywnie ocenić efektywność opasu buhajów rasy PHF żywionych kiszonkami z różnych odmian traw, zastosowano jednakowy poziom uzupełnienia dawki paszą treściwą typową dla warunków krajowych, tj. ziarnem jęczmienia. Związane to było z niską popularnością wysokozbożowego systemu opasu bydła, będącego odpowiedzią na wysokie ceny zbóż i niskie płatności za żywiec wołowy. Obecnie (lipiec 2022) cena za kilogram wagi żywej bydła rzeźnego w Polsce wzrosła do ok. 10,67 zł, natomiast ceny zbóż utrzymują się stale na wysokim poziomie np. ziarno jęczmienia 1270,27 zł·t^{-1} (Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2022).

Badania na młodym bydle opasowym nie wykazały wpływu rodzaju kiszonki z traw skarmianej w proporcji 70:30 z gniecionym ziarnem jęczmienia na pobranie składników pokarmowych oraz współczynniki strawności dawek (Tabela 10). Stwierdzono natomiast jego wpływ na pobranie strawnej SM, strawnej substancji organicznej, strawnego białka ogólnego oraz strawnego NDF (P≤0,05). Biorąc pod uwagę stały udział paszy treściwej pobranie dawek pokarmowych przez opasy mogło być zależne wyłącznie od jakości kiszonek. Jakość kiszonki wpływa na poziom pobrania i koreluje z wartością odżywczą oraz efektami produkcyjnymi u zwierząt (Steen i in., 1998; Huhtanen, 2001; Huhtanen i in., 2002). Potwierdzone są zależności pomiędzy podstawowym składem chemicznym kiszonek i profilem fermentacji, a pobraniem (Steen i in., 1998). Huhtanen i in. (2002) ustalili zależności pomiędzy pobraniem, a zawartością kwasów fermentacyjnych, N–NH_3 oraz strawnością substancji organicznej. Stwierdzony w badaniach własnych brak istotnych różnic w pobraniu oraz brak różnic w strawności potwierdzają cytowane zależności. Poziom pobrania SM dawek należy uznać jako wysoki, przy niskim udziale paszy treściwej, także określona strawność składników pokarmowych dawek była wysoka. Huuskonen i in. (2007) opasając buhajki rasy holsztyńsko-fryzyjskiej (HF) dawką z kiszonki z traw, uzupełnioną identycznym udziałem ziarna jęczmienia, w przedziale wiekowym 477-555 dni, uzyskali

średnie dzienne pobranie dawki na poziomie 8,72 kg SM. Znacznie wyższe pobranie paszy we wszystkich grupach doświadczalnych badań własnych, oprócz wyższego wieku i masy ciała zwierząt, może wynikać z wysokiej strawności substancji organicznej jako głównego czynnika wpływającego na pobranie. Strawność SM, substancji organicznej, białka ogólnego i NDF w cytowanych powyżej badaniach fińskich (Huuskonen i in., 2007) była ok. 5-10 pkt % niższa i wynosiła odpowiednio 74,7; 76,5; 71,6; 69,8% dla wymienionych składników odżywczych. Porównawcze badania Steen i in. (2002), kiszonek z traw określanych jako kiszonki o wysokiej i średniej strawności wykazały poziom strawności substancji organicznej na poziomie 84,3 i 74,3%. Wysoka wartość pokarmowa kiszonek doświadczalnych przy stosunkowo wysokim dowolnym pobraniu spowodowała, że buhaje pobierały około 2000 g białka ogólnego, co odpowiadało od 911 g w grupie żywionej kiszonką z życicy mieszańcowej do 1082 g białka rzeczywiście trawionego w jelicie cienkim (BTJ) dziennie w grupie żywionej kiszonką z *Fetsulolium* Perun. Dla porównania zapotrzebowanie na BTJ opasanych buhajków HF o masie ciała 650 kg przy zakładanym przyroście dziennym 800 g wynosi według INRA (2009) 686 $g \cdot szt^{-1}$ dziennie. Podobnie dzienne pobranie energii w poszczególnych grupach wynosiło od 9,12 w grupie żywionej kiszonką z życicy do 11,22 JPŻ w grupie żywionej kiszonką z *Festulolium* Perun i Lofa.

Analiza płynu żwaczowego pobieranego od buhajów opasowych nie wykazała istotnych różnic w intensywności produkcji lotnych kwasów tłuszczowych oraz ich wzajemnych proporcjach (Tabela 11). Stwierdzono numerycznie większą zawartość kwasów u buhajów otrzymujących dawki z udziałem kiszonki *Festulolium* odmiany Lofa co prawdopodobnie było wynikiem większego pobrania paszy w tej grupie (Tabela 10). We wszystkich grupach odnotowano wysoki udział kwasu octowego i niski procentowy udział kwasu propionowego wśród lotnych kwasów tłuszczowych. Zmiany w proporcjach lotnych kwasów tłuszczowych, szczególnie wzrost kwasu octowego i spadek propionowego, często obserwowane są w wyniku wzmożonego trawienia włókna w żwaczu, co może powodować wzrost liczby drobnoustrojów, przesuwanie szlaków metabolicznych, lepsze wykorzystanie składników pokarmowych (Christensen i in., 2015). Analizując poziom zakwaszenia płynu należy stwierdzić, że znacznie niższym wartościom pH w grupie żywionej kiszonką z życicy mieszańcowej nie towarzyszyło większe stężenie lotnych kwasów tłuszczowych, a pomiar prowadzony był jednorazowo więc nie można stwierdzić, że była to kwasica podkliniczna. Nie potwierdzono zależności pomiędzy większą zawartością sumy oznaczonych lotnych kwasów tłuszczowych i jednocześnie niższym pH treści żwacza (Goad i in., 1998). Zawartość NDF w diecie w grupach żywionych *Festulolium*

okazała się wystarczająca do utrzymania optymalnego pH w żwaczu. Udział w diecie kiszonki z traw o odpowiedniej długości cząstek prawdopodobnie wydłużał czas przeżuwania, mniejszą produkcję śliny oraz krótszy czas przebywania treści w żwaczu (Mertens, 1997; Christensen i in., 2015).

Buhaje włączone w 90 – dniowy tzw. opas finiszowy cechowały się zbliżoną początkową masą ciała, w zakresie 612,7-625,7 kg. Zróżnicowane, pod względem wykorzystanych kiszonek, żywienie nie wpłynęło na różnicę masy końcowej buhajów, ich przyrosty, masę tuszy oraz wydajność rzeźną (Tabela 12). Dawka pokarmowa z udziałem kiszonki z *Festulolium* odmiany Lofa cechowała się najlepszym wskaźnikiem FCR – 10,9 kg SM·kg^{-1} przyrostu masy ciała. Wiodącym czynnikiem oddziaływującym na tempo wzrostu opasów jest zwiększona koncentracja składników pokarmowych w pobieranych dawkach (Bilik i in., 2009). Wydaje się, że lepsze wykorzystanie składników paszy powinno być związane z wyższą koncentracją energii i białka w pobieranej SM. Trend ten potwierdzają wyniki badań własnych (Tabela 10). Jakość stosowanej paszy objętościowej ma większe znaczenie w osiągnięciu wysokich efektów produkcyjnych niż dawka paszy treściwej (Manninen i in., 2011; Manni i in., 2012). Żywienie bydła opasowego samymi kiszonkami z traw pozwala uzyskać dobowe przyrosty na poziomie 900 g·dzień$^{-1}$ (Lampila i in., 1988), a im wyższa jest strawność kiszonki z traw tym mniejsze są efekty dodatku paszy treściwej (Randby, 2001; Steen i in., 2002, Huuskonen i in., 2007). W badaniach własnych buhaje z grupy otrzymującej kiszonkę z *Festulolium* odmiany Lofa cechowały się najwyższymi przyrostami dobowymi (1132 g·dzień$^{-1}$), kolejno buhaje otrzymujące kiszonkę z odmian Felopa i Perun. Najsłabsze przyrosty odnotowano w grupie żywionej życicą mieszańcową (877 g·dzień$^{-1}$). Poziom przyrostów we wszystkich grupach należy uznać jednak za zadawalający biorąc pod uwagę fakt, że był to opas końcowy. W cytowanych wcześniej badaniach Huuskonen i in. (2007) przyrost dzienny buhajów HF, żywionych dietą o zbliżonym składzie wyniósł 951 g, a wskaźnik FCR 8,02 kg SM dawki·kg^{-1} przyrostu masy ciała. Niekorzystne wskaźniki wykorzystania paszy uzyskane w baniach własnych w stosunku do cytowanych można tłumaczyć wiekiem zakończenia opasu, w badaniach fińskich wynosił on 555 dni natomiast w badaniach własnych od 611 do 717 dni. Wraz z wiekiem następuje zmiana składu tkankowego przyrostu (Nogalski i in., 2018; Pogorzelska-Przybyłek i in., 2018) co pogarsza wskaźniki wykorzystania energii. Drugim czynnikiem, który wpłynął na zwiększenie kosztu energetycznego przyrostu był prawdopodobnie nadmiar pobieranego białka przez buhaje, który oprócz dodatkowych strat azotu powoduje duże starty energii w cyklu mocznikowym. Zarówno zbyt niskie, jak i zbyt

wysokie pobranie białka ma negatywny wpływ na przyrosty dobowe i jakość tuszy bydła mięsnego (Steen i in., 2002). Przy czym bydło ras wcześnie dojrzewających, do których zalicza się rasę PHF, jest mniej wrażliwe na zmiany poziomu białka w diecie niż bydło ras późno dojrzewających (Huuskonen, 2008).

Jednym z najbardziej miarodajnych wskaźników efektywności produkcji mięsa wołowego jest jego ilość produkowana z ha użytków zielonych, która jest jednocześnie zależna od wykorzystania dawki oraz plonu zielonki (Williams, 2011). W związku z tym producenci wołowiny mają ogromną szansę na poprawę rentowności produkcji poprzez zwiększenie wydajności użytków zielonych. W badaniach własnych obliczono wielkość produkcji wołowiny w przeliczeniu na 1 hektar uprawianej trawy (Tabela 12). Najbardziej efektywna pod tym względem okazała się kiszonka z *Festulolium* odmiany Felopa, pozwalając na wyprodukowanie 1,424 kg ($P \leq 0,01$). Mniej wydajne były kolejno odmiany Lofa i Perun, znacznie odstawała od nich kiszonka z życicy mieszańcowej. Mniej intensywne systemy opasania oparte na kiszonce z traw mogą okazać się pod względem ekonomicznym atrakcyjną alternatywą, szczególnie w regionach o dużym areale użytków zielonych, jeśli weźmie się pod uwagę fakt, że wzrost poziomu uzupełnienia paszą treściwą powoduje wzrost otłuszczenia, a to z kolei determinuje wzrost kosztów żywienia (Chambaz i in., 2003; Kirkland i in., 2006; Lawrie i Ledward, 2006). Najlepszy wskaźnik produkcyjności wołowiny odnotowano dla odmiany, która nie osiągnęła ani największego plonu SM, ani najlepszego wykorzystania paszy w badaniach opasowych, co wskazuje słuszność kompleksowej oceny roślin pastewnych.

Zawartość tłuszczu śródmięśniowego w mięśniu *longissimus thoracis* pozyskanym od buhajów rasy PHF z poszczególnych grup żywieniowych (Tabela 12) mieściła się w zakresie 7,27-10,05%. Najwyższy udział tłuszczu w badanym mięśniu odnotowano dla grupy żywionej kiszonką z *Festulolium* odmiany Lofa (10,05%), najniższy dla grupy żywionej kiszonką z życicy mieszańcowej odmiany Gala (7,27%). Różnicy na poziomie 2,78%, między najwyższą, a najniższą wartością tego parametru, nie potwierdzono statystycznie. W porównaniu z wynikami badań, szczególnie przeprowadzonych w warunkach krajowych, były to wartości wysokie. Momot i in. (2016) opasając buhaje rasy PHF na dwóch poziomach intensywności żywienia uzyskali zawartość tłuszczu śródmięśniowego w zakresie 2,91-3,25%. Nogalski i in. (2014) wykazali, że zawartość tłuszczu śródmięśniowego wzrastała wraz z masą ubojową zwierząt, ale oznaczony poziom, w zakresie 1,01-1,52%, również był znacząco niższy niż w badaniach własnych. W kolejnym doświadczeniu Nogalskiego i in. (2022) przeprowadzonym z udziałem buhajów

rasy PHF żywionych z kiszonką z traw uzyskano 1,69% zawartość tłuszczu śródmięśniowego. Zdaniem Autora wysoka zawartość tłuszczu śródmięśniowego jest wynikiem wysokiego pobrania energii, przekraczającego normy, biorąc pod uwagę także późny wiek opasanych zwierząt i skłonność do odkładania tkanki tłuszczowej, przy jednoczesnym uwięziowym sposobie utrzymania buhajów, ograniczającym wydatkowanie energii na ruch związany z naturalnym behawiorem tych zwierząt: ustalanie hierarchii w grupie, obskakiwanie się (Noci i in., 2005). W badaniach Steen i in. (2002) zaobserwowano bardzo istotne różnice w efektywności produkcji i zawartości tkanki tłuszczowej, jako efekt stosowania kiszonek wysoko strawnych w porównaniu z kiszonkami tradycyjnymi średnio strawnymi.

Nadmiar kwasów SFA w diecie kojarzy się ze zwiększeniem poziomu cholesterolu we krwi - zarówno całkowitego jak i frakcji o niskiej gęstości lipoprotein (LDL), powszechnie nazywanej „złym" cholesterolem, nadwagą, chorobami układu sercowo-naczyniowego, ogólnie rozumianym negatywnym wpływem na zdrowie człowieka (Achremowicz i Szary-Sworst, 2005; Kochan i in., 2010; Pereira i Vicente, 2013; Young i in., 2013). Ze względu na wchłanianie witamin rozpuszczalnych w tłuszczach, udział tłuszczów nasyconych w diecie jest jednak niezastąpiony. W badaniach własnych spośród kwasów SFA zróżnicowanie potwierdzone statystycznie odnotowano dla kwasów kaprynowego (C10:0), mirystynowego (C14:0) i C16:0. Udział kwasu C16:0 w sumie kwasów tłuszczowych był największy, jego zawartość w analizowanych grupach żywieniowych kształtowała się na poziomie 24,575 – 26,058 $g \cdot 100g^{-1}$ kwasów tłuszczowych. Wymienione kwasy powodują wzrost poziomu cholesterolu LDL (Dannenberger i in., 2004). Badania potwierdzają, że kwas C14:0 zwiększa poziom LDL silniej niż kwas C16:0 (Ulbricht i Southgate, 1991; Higgs, 2000). Drugi pod względem zawartości był kwas C18:0: 19,689 – 21,654 $g \cdot 100g^{-1}$ kwasów tłuszczowych. Ze względu na to, że kwas C18:0 w organizmie łatwo ulega przemianom do kwasu C18:1 c9, jest on uznawany za neutralny, lub też posiadający właściwości obniżające poziom cholesterolu we krwi (Williamson i in., 2005). Kwasy C10:0, C14:0 i C16:0 w najwyższym udziale występowały w tłuszczu śródmięśniowym mięśnia *longissimus thoracis* buhajów żywionych kiszonką z *Festulolium* odmiany Lofa, w najniższym u zwierząt, którym zadawano kiszonkę z życicy mieszańcowej. Zależność ta nie przełożyła się na sumaryczny udziału SFA w wymienionych grupach żywieniowych.

Pozytywny wpływ na zdrowie człowieka wywierają kwasy UFA, szczególnie obecność PUFA z rodziny omega – 3 i omega – 6, jest pożądana. Nie są one syntetyzowane

przez człowieka i muszą być dostarczane w diecie (Achremowicz i Szary-Sworst, 2005; Kochan i in., 2010). Spośród UFA najwięcej oznaczono kwasu C18:1c9, 37,787-39,549 $g \cdot 100g^{-1}$ kwasów tłuszczowych, będącego dominującym przedstawicielem MUFA (Kołczak, 2008). Podobne wartości w swoich badaniach odnotowali Warren i in. (2008) czy Randby i in. (2021), nie zależnie od czasu zbioru materiału na kiszonkę oraz uzupełnienia mieszanką treściwą, 31,62-37,81 $g \cdot 100g^{-1}$ kwasów tłuszczowych. Wysoki, zdaniem Autora, udział tego kwasu można wytłumaczyć znacznym otłuszczeniem buhajów, wyrażonym udziałem tłuszczu śródmięśniowego, gdyż wraz ze wzrostem tkanki tłuszczowej następuje zwiększenie zawartości form C18:1, kosztem form C18:0 (Monteiro i in. 2006; Padre i in., 2006). Kwas C18:1 n-9 wpływa na zmniejszenie niepożądanej frakcji cholesterolu LDL (von Schacky i in., 1999). Istotnie więcej kwasu elaidynowego (C18:1 t6+9) oznaczono w tłuszczu śródmięśniowym buhajów karmionych kiszonką z życicy mieszańcowej oraz *Festulolium* odmiany Perun w porównaniu z grupą żywiona kiszonką z odmiany Felopa. Jest to kwas MUFA trans, który może podnieść poziom cholesterolu LDL w surowicy (Nestel i in., 1994), podobnie jak żywność w niego wzbogacana (Kromhout i in., 1995). Nie odnotowano zróżnicowania statystycznego dla udziału głównego kwasu trans w mięsie wołowym – kwasu wakcenowego (C18:1 t10+11), między grupami żywieniowymi buhajów. Kwas wakcenowy w mleku jest produktem pochodzącym z biohydrogenacji w żwaczu kwasów linolowego i linolenowego. Produktem jego desaturacji jest C18:2c9t11, główny izomer CLA w produktach pochodzących od przeżuwaczy, związany głównie z obojętną frakcją lipidową, który pozytywnie koreluje z zawartością tłuszczu śródmięśniowego (Scolan i in., 2006; McAfee i in., 2010). Stąd ilość kwasu wakcenowego jest ściśle sprzężona z kwasem CLA (Elgersma i in., 2006). Statystycznie wyższym udziałem kwasów PUFA C18:2c9t13, C18:2, C20:4 i EPA, o których wiadomo, że mają właściwości prozdrowotne, charakteryzował się tłuszcz buhajów z grupy otrzymującej kiszonkę z życicy mieszańcowej. Suma PUFA w tej grupie również była najwyższa ($P \leq 0,05$). Kwasy EPA i dokozaheksaenowy (C22:6, DHA) z rodziny n-3, chronią przed schorzeniami układu sercowo-naczyniowego, obniżają stężenie trójglicerydów osocza, obniżają ciśnienie krwi, zapobiegają arytmiom, wykazują właściwości przeciwzapalne (Breslow, 2006; Williams, 2000). Nie odnotowano wpływu zastosowanego żywienia na zróżnicowanie udziału kwasów C18:3 oraz CLA. Kwas C18:3 jest głównym kwasem tłuszczowym w trawie i prekursorem serii n-3 długołańcuchowych kwasów tłuszczowych. Ponieważ pasza włóknista ma długi czas pasażu w żwaczu, tłuszcz z niej pochodzący jest silnie uwodorniony, co może ograniczać wbudowywanie C18:3 do tkanki tłuszczowej i mięśni, w porównaniu do kwasu

C18:2 n-6 pochodzącego z pasz treściwych (Wood i in., 2008). Otrzymane dla CLA wartości, 0,413-0,429 g·100g^{-1} kwasów tłuszczowych, były wyższe w porównaniu z badaniami Momot i in. (2016), Nogalski i in. (2022), co jest istotne ze względu na szereg właściwości prozdrowotnych tego kwasu oraz jego izomerów (Salter, 2013).

O jakości tłuszczu, poza udziałem poszczególnych kwasów tłuszczowych, świadczą ich wzajemne proporcje. W przypadku nienasyconych kwasów tłuszczowych właściwe proporcje w diecie człowieka są warunkiem prawidłowego ich działania. De Smet i in. (2004) oraz Hunt i in. (2016) wykazali, że zwiększonej zawartości tłuszczu śródmięśniowego w wołowinie towarzyszył wzrost udziału SFA i MUFA oraz spadek PUFA. W badaniach własnych nie stwierdzono zależności pomiędzy zawartością tłuszczu a udziałem SFA i MUFA, pewien trend dotyczył natomiast zawartości PUFA (Tabela 14). W grupie buhajów żywionych kiszonką z *Festulolium* odmiany Lofa, gdzie udział tłuszczu był większy w porównaniu z innymi grupami, zanotowano spadek zawartości PUFA. Różnice w udziale PUFA potwierdzono statystycznie między grupą żywioną kiszonką z życicy mieszańcowej (3,896%), a grupą żywioną kiszonką z *Festulolium* odmiany Lofa (3,315%, $P \leq 0,05$). Sytuacja ta znalazła odzwierciedlenie w udziale PUFA z rodziny n-6 w wymienionych grupach zwierząt ($P \leq 0,05$) oraz stosunku n6/n3 PUFA ($P \leq 0,01$). Nadmiar kwasów tłuszczowych z rodziny n-6 może niekorzystnie wpływać na zdrowie, jest czynnikiem ryzyka chorób sercowo-naczyniowych u ludzi (EFSA, 2020). Zaleca się, aby stosunek zawartości kwasów PUFA n-6 i n-3 był niższy niż 4 (Wood i in., 2007). Najbardziej zbliżoną do zalecanej wartości proporcją tych grup kwasów (4,151) cechował się tłuszcz buhajów żywionych kiszonką z *Festulolium* odm. Lofa, co związane było z niższym udziałem PUFA n-3 w tej grupie. Zazwyczaj tłuszcz śródmięśniowy w wołowinie składa się, średnio w sumie kwasów tłuszczowych, z 45–48% SFA, 35–45% MUFA i do 5% PUFA a stosunek n-6/n-3 PUFA jest zwykle korzystnie niski, niższy niż 3 (Scollan i in., 2014). We współczesnej diecie współczynnik ten jest zdecydowanie za wysoki i wynosi nawet 10-15:1 (Breslow, 2006). Zanotowane zależności stanowią podstawę do obrony tezy o wpływie skarmianych kiszonek z prezentowanych odmian traw na profil kwasów tłuszczowych tłuszczu śródmięśniowego mięśnia *longissimus thoracis* buhajów rasy PHF. Wyższą zawartością PUFA cechował się tłuszcz pozyskany od buhajów żywionych kiszonką z życicy mieszańcowej odmiany Gala. Bardziej korzystnym stosunkiem n-6/n-3 PUFA cechował się tłuszcz opasów z grupy skarmianej kiszonką z *Festulolium* odmiany Lofa, mimo wyższej zawartości n-6 PUFA.

6.7. Wyniki produkcyjne krów mlecznych

Analiza statystyczna potwierdziła różnice w pobraniu SM, substancji organicznej i NDF, a także strawności i wielkości pobrania składników strawnych dawek (Tabela 16). Pobranie SM przez krowy było w grupie otrzymującej dawkę z udziałem kiszonki z *Festulolium* wyższe, w porównaniu do grupy żywionej kiszonką z życicy mieszańcowej w przypadku odm. Lofa ($P<0,01$) i w przypadku odm. Felopa i Perun ($P<0,05$). Podobne zależności stwierdzono w odniesieniu do pobrania substancji organicznej. Pobranie NDF różniło się istotnie ($P<0,01$) między grupą żywioną kiszonką z życicy, a kiszonką z *Festulolium* odm. Lofa. Strawność składników pokarmowych dawek z udziałem wszystkich odmian *Festulolium* była wyższa w porównaniu do grupy kontrolnej ($P<0,01$). Pobranie strawnej SM podobnie jak współczynniki strawności było wyższe dla wszystkich dawek z udziałem *Festulolium*, natomiast było ono wyższe ($P<0,05$) w grupie żywionej kiszonką z udziałem odm. Lofa w porównaniu z pozostałymi odmianami *Festulolium*. W odniesieniu do strawnej substancji organicznej, strawnego białka ogólnego oraz strawnego NDF zależności były podobne przy czym potwierdzone zostały między grupą krów żywionych kiszonką z odm. Lofa i życicy mieszańcowej.

Potwierdzono także wpływ zastosowanych kiszonek z traw na wydajność mleka kg i kg ECM, wydajności produkcji białka i FCR (Tabela 17). Krowy otrzymujące dawkę pokarmową na bazie kiszonek wyprodukowanych z *Festulolium* odmiany Felopa i Lofa charakteryzowała wyższa dzienna wydajność mleka (kg) i produkcja białka ($kg \cdot dzień^{-1}$) nad pozostałymi grupami żywieniowymi, przy czym kiszonka z odmiany Lofa dawała efekt w postaci najwyższego wskaźnika ECM u krów. Najwyższy wskaźnik FCR odnotowano w grupie krów żywionych dawką z kiszonką odmiany Felopa ($P<0,05$). Zastosowanie kiszonek z *Festulolium* w porównaniu do kiszonki z życicy mieszańcowej korzystnie wpłynęło na wyniki produkcyjne krów doświadczalnych. Według norm żywienia bydła (INRA, 2009) dawki doświadczalne (Tabela 15) spełniały wymagania energii netto na 30 kg mleka w grupie żywionej kiszonką z życicy i jęczmieniem oraz 35 kg w grupach żywionych kiszonkami z *Festulolium*, natomiast podaż BTJ wystarczała odpowiednio na 25 i 30 kg $mleka \cdot dobę^{-1}$ o zawartości tłuszczu 4,4%. Wyższe zaopatrzenie w energię i białko w grupach z *Festulolium* (Tabela 16) wynikało z wyższego pobrania dawek zawierających kiszonki z *Festulolium* i ich wyższą strawnością (Dewhurst i in., 2003a). Wszystkie dawki dla krów w prezentowanych badaniach charakteryzowała niska koncentracja NDF biorąc pod uwagę, że charakteryzował je 64,58% udział paszy objętościowej. Niski udział NDF był jednym

z głównych czynników, który wpłynął na wysokie współczynniki strawności wszystkich dawek, a szczególnie tych z udziałem *Festulolium*. Należy przypuszczać także, że czynnikiem, który poprawił strawność wszystkich dawek była struktura fizyczna kiszonek i znaczna ilość długich cząstek wynikająca ze zbioru prasą (Slottner i Bertilsson, 2006). Zbyt duże rozdrobnienie kiszonek wpływa na pogorszenie strawności wszystkich składników, a szczególnie strawności NDF poprze skrócenie czasu retencji w żwaczu, pomimo niższej zawartości L/NDF (Mertens, 1997). Wysoki odsetek małych cząstek powoduje szybkie przejście treści ze żwacza, co ułatwia wysokie spożycie, ale z drugiej strony jednocześnie występuje niższa strawność oraz mniejsza wydajność mleka, niż można by się spodziewać w stosunku do wysokiego spożycia (Dewhurst i in., 2003b). Odnotowana istotnie wyższa strawność dawek z udziałem kiszonek z *Festulolium* wynikała z różnicy w strawności życic i kostrzew, które brały udział w tworzeniu porównywanych w pracy mieszańców, według INRA (2009) strawność substancji organicznej, białka ogólnego i NDF dla *Lolium multiflorum* wynosi odpowiednio 69, 56, 63%, zaś dla *Festuca pratensis* – 72, 66, 74%.

Stosunek strawności białka do strawności SM wynosił odpowiednio 0,92; 0,94; 0,95 oraz 0,97; co wskazuje na gorsze trawienie białka dawek z życicą mieszańcową w porównaniu z *Festulolium*, a w szczególności z kiszonką odmiany Lofa (Dewhurst i in., 2003a). W badaniach Purwin i in. (2020) stosunek ten wynosił 1,12 dla dawki składającej się z kiszonki z kukurydzy i lucerny w stosunku 1:1 oraz mieszanki treściwej. Pogorszenie wykorzystania azotu mogło być związane z większymi stratami w żwaczu, wynikającymi z wyższego udziału frakcji A w białku ogólnym. Obniżenie wydajności syntezy białka bakteryjnego na skutek wzrostu NPN w kiszonce potwierdza Dewhurst i in. (2003a) oraz Winters i in. (2002). Mimo to, wskaźnik wykorzystania azotu do syntezy białka mleka należy uznać dla wszystkich diet jako typowy dla dawek opartych na kiszonkach bez udziału w dawkach kiszonki z kukurydzy, i wskazywać na brak równowagi pomiędzy szybko dostępnym azotem, a strawnymi węglowodanami. Dewhurst i in. (2003a) u krów żywionych kiszonką z lucerny uzupełnioną paszą treściwą odnotował wykorzystanie białka na poziomie 18,2%. Poprawa wykorzystania azotu w żwaczu poprzez mikroflorę następuje w dawkach opartych na kiszonkach z kukurydzy na skutek zwiększenia udziału skrobi w dawce pokarmowej (Givens i in., 2009). Efektywność wykorzystania azotu w dietach krów opartych na kiszonce z kukurydzy w różnych fazach dojrzałości wynosiła od 0,299 do 0,323 (Cammell i in., 2000), co wiązało się ze zmniejszeniem azotu wydalonego z moczem, jako efekt zwiększonego pobrania skrobi.

Lepsze trawienie NDF w grupach z *Festulolium* szczególnie z odm. Lofa mogło zapewnić większą podaż energii oraz lepszą wydajność produkcji białka bakteryjnego. W badaniu odmian lucerny o wysokiej lub niskiej strawności NDF *in vivo* obserwowano wzrost całkowitej produkcji lotnych kwasów tłuszczowych i zwiększoną pozorną strawność SM i substancji organicznej, co przyczyniło się do wzrostu ilości białka mikrobiologicznego (Berthiaume i in., 2010). Wykorzystanie białka strawnego obliczone jako stosunek białka mleka do pobrania dobowego białka strawnego wynosiło odpowiednio 0,31; 0,29; 0,29 i 0,29 w cytowanych powyżej badaniach dla dawki opartej na kiszonce z kukurydzy i lucerny, wskaźnik ten wynosił 0,39 (Purwin i in., 2020). Tak niski wskaźnik świadczy, że straty białka w prezentowanych badaniach zachodziły w mniejszym stopniu w żwaczu, co potwierdza zawartość mocznika w mleku, a w większym w przemianach tkankowych w szczególności gruczole mlecznym. Wynikać to może przede wszystkim z niedoboru energii w dawce, w tym przypadku ze zbyt niskiego potencjału produkcyjnego wynikającego ze zbyt późnej fazy laktacji krów (Christensen i in., 2015).

Nie potwierdzono statystycznego zróżnicowania w składzie podstawowym i właściwościach fizykochemicznych mleka pozyskanego od krów z grup doświadczalnych, żywionych kiszonkami z życicy mieszańcowej oraz stosowanych odmian *Festulolium* (Felopa, Perun, Lofa). Wyjątek stanowiła zawartość kwasu cytrynowego (Tabela 18). Skład chemiczny mleka krów z analizowanych grup żywieniowych nie odbiegał znacznie od przyjętych średnich wartości dla tego gatunku (Djordjevic i in., 2019) i jest charakterystyczny dla mleka normalnego. Zastosowane dawki żywieniowe korzystnie wpłynęły na zawartość tłuszczu (4,41%-4,99%) i białka (3,36%-3,61%) w mleku w porównaniu do średnich dla tych parametrów uzyskanych dla województwa mazowieckiego w stadach objętych oceną wartości użytkowej przez Polską Federację Hodowców Bydła i Producentów Mleka (2020) w roku 2019, 4,13% i 3,44% odpowiednio dla zawartości tłuszczu i białka. Wysoka zdaniem autora zawartość tłuszczu mlecznego wynikała prawdopodobnie z wysokiego udziału kwasu octowego w sumie lotnych kwasów tłuszczowych, typowego dla dawek pokarmowych bogatych w NDF (Christensen i in., 2015). Mleko krów żywionych kiszonką z *Festulolium* odmiany Lofa cechowało się wyższą, aczkolwiek niepotwierdzoną statystycznie zawartością białka. Najprawdopodobniej była to konsekwencja większego udziału mocznika i tendencji do wyższej zawartości kazeiny mleka. Wartości niższe niż prezentowane przez autora dla udziału białka i tłuszczu w mleku prezentują Dewhurst i in. (2003b), niezależnie od poziomu uzupełnienia paszą treściwą, 4 kg i 8 kg (białko: 2,98 – 3,04%, tłuszcz: 3,73 – 4,10%, odpowiednio). Poziom mocznika

mieścił się w zakresie 150 – 300 $mg \cdot L^{-1}$, co świadczy o zbilansowanym żywieniu energetyczno-białkowym krów biorących udział w doświadczeniu – w przypadku krów mlecznych wysoki poziom mocznika w mleku jest zwykle sygnałem, że dużo białka dostarczanego z paszą „ucieka" ze żwacza w postaci amoniaku. Natomiast stale niski poziom mocznika i niski poziom białka wskazują na niedożywienie krów podczas laktacji. Wyniki oznaczeń zawartości kwasu cytrynowego w mleku krów z poszczególnych grup żywieniowych, mimo iż różniły się (najwyższa w mleku krów żywionych kiszonką z życicy mieszańcowej - 0,17%, najniższa w grupie krów żywionych kiszonką z *Festulolium* odmiany Perun - 0,11%, $P \leq 0,01$), nie odbiegały od wcześniejszych oznaczeń zespołu Sato i in. (1998), którzy określili zakres jego występowania w mleku pierwiastek i wieloródek na poziomie 0,09 – 0,24%. Autorzy sugerują, że niższy poziom tego składnika jest skorelowany z niższym poziomem laktozy w mleku, czego badania własne nie potwierdziły. Oshima i Fuse (1981) podają, że zmiany zawartości kwasu cytrynowego w mleku można wiązać z występowaniem subklinicznego zapalenia wymieniania - stężenie kwasu cytrynowego malało w subklinicznym mleku mastitisowym i stopień jego spadku był proporcjonalny do stopnia zaawansowania zapalenia gruczołu mlekowego. Późniejsze badania wskazują, że poziom tego kwasu może być wskaźnikiem kondycji energetycznej krów ze względu na jego korelację z ciałami ketonowymi wytwarzanymi w wyniku utleniania składników kwasów tłuszczowych mleka (Baticz i in. 2002). Według Gaucherona (2005) ponad 90% cytrynianu znajduje się w wodnej fazie mleka, gdzie cytrynian wpływa na charakterystykę późniejszego przetwarzania mleka. Dzieje się tak, ponieważ kwas cytrynowy oddziałuje z innymi składnikami mleka, wpływając na koagulację białka mleka i produktów jego fermentacji. Nie ulega wątpliwości, że zmienność zawartości kwasu cytrynowego w mleku w ciągu laktacji wiąże się z syntezą *de novo* kwasów tłuszczowych (Garnsworthy i in., 2006; Bamidele i Adejumo, 2012).

Mleko zawiera ponad 400 różnych kwasów tłuszczowych, z unikalnymi właściwościami fizykochemicznymi i biologicznymi (Barłowska i Litwińczuk, 2009). Spośród nich biologicznie aktywne, tzw. funkcjonalne, to przede wszystkim MUFA np. kwas C18:1 n-9, PUFA, kwas C18:2 n-6 i kwas C18:3 n-3. PUFA z C20 czyli głównie kwas EPA (n-3) i kwas DHA (n-3) są prekursorami eikozanoidów, które regulują różne procesy fizjologiczne (Siegel i Ermilov, 2012). Udział poszczególnych grup kwasów w tłuszczu mleka jest zmienny w szerokich granicach i znacznie uzależniony od rodzaju tłuszczu zawartego w komponentach dawki pokarmowej (Krzyżewski i in., 2011). Zawartość lipidów w kiszonce jest na ogół niższa niż w trawie z której jest produkowana (Dewhurst i King,

1998). Ponadto kiszenie prowadzi do rozległej lipolizy tłuszczu w zakiszanym materiale, a tym samym do znacznego wzrostu wolnych kwasów tłuszczowych (NEFA) (Vanhatalo i in., 2007). Profil wybranych kwasów tłuszczowych w tłuszczu mleka, w zależności od zastosowanego żywienia przedstawiono w Tabeli 19.

U przeżuwaczy synteza kwasów z grupy krótko- i średniołańcuchowych nasyconych kwasów tłuszczowych zachodzi *de novo* w gruczole mlecznym, a substratami do syntezy są octan i β-hydroksymaślan, powstające w żwaczu w procesie mikrobiologicznej fermentacji celulozy oraz innych składników pasz (MacGibbon i Taylor, 2006). W przeciwieństwie do długołańcuchowych nasyconych kwasów tłuszczowych kwasy krótko- i średniołańcuchowe wchłaniane są bezpośrednio z jelita cienkiego, a uzyskana w niewymagającym obecności karnityny, procesie ich utleniania energia, sprawia, że zachowują się jak węglowodany dostarczając szybko znacznych ilości energii (Papamandjaris i in., 1998). Do najważniejszych z grupy omawianych kwasów tłuszczu mlecznego zalicza się: masłowy C4:0, kapronowy C6:0, kaprylowy C8:0, kaprynowy C10:0 i laurynowy C12:0 (Rutkowska i in., 2015). W badaniach własnych zawartość wymienionych kwasów najwyższa była w mleku krów żywionych kiszonką z *Festulolium* odmiany Perun (P≤0,01), jedynie pod względem udziału kwasu masłowego (C4:0) nieznacznie przeważało mleko od krów z grupy żywionej odmianą Felopa (2,27%). Porównywalne wartości oznaczyli Patel i in. (2013) – 2,24%, wyższe Pietrzak-Fiećko i Kasprzak (2012) – 2,83%. Kwas masłowy warty jest uwagi ze względu na swoje właściwości antybakteryjne oraz rolę w zapobieganiu i leczeniu nowotworów jelita grubego - może hamować syntezę DNA w jądrach komórek nowotworowych i w ten sposób ograniczać ich rozwój (Nałęcz-Tarwacka i in., 2008; Meijer i in., 2010; Goncalves i in., 2011). Z kolei kwasy laurynowy C12:0 oraz kaprynowy C10:0 charakteryzują się działaniem bakteriobójczym w stosunku do wielu patogenów występujących w żywności m.in. *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis* czy *Clostridium perfringens* (Mills i in., 2011). Spośród przedstawicieli długołańcuchowych nasyconych kwasów tłuszczowych wyższym udziałem kwasów arachinowego (C20:0) i behenowego (C22:0) cechowało się mleko krów żywionych kiszonką z *Festulolium* odmiany Lofa (P≤0,01), kwasu mirystynowego (C14:0) - kiszonką odmiany Perun (P≤0,05). Nie potwierdzono wpływu żywienia na zawartość w mleku kwasu C18:0, który jest produktem końcowym procesu biouwodorowania w żwaczu (Harfoot i Hazlewood, 1997). Inaczej w badaniach Patel i in. (2013) wzrost udziału kiszonki z traw w dawce pokarmowej powodował spadek zawartości tego kwasu. Autorzy tłumaczą to zmniejszonym spożyciem nienasyconych kwasów tłuszczowych wraz ze zmniejszeniem

udziału koncentratu w dawce, wskazując jednocześnie, że na zakres biouwodorowania wpływają także inne czynniki m.in. zawartość NDF w paszach.

Nie potwierdzono różnic dla zawartości kwasu oleinowego (C18:1c9) jako przedstawiciela nienasyconych długołańcuchowych kwasów tłuszczowych, uwalnianych do mleka w wyniku spożycia z paszą, pomimo jego zróżnicowanych zawartości w kiszonkach (Tabela 9). Zakres zawartości tego kwasu tłuszczowego w mleku krów (23,045 – 24,4%) był wyższy niż w badaniach Dewhurst i in. (2003b), Moorby i in. (2009), Van Dorland i in. (2008), natomiast niższy niż u Pietrzak-Fiećko i Kacprzak (2012). W niniejszych badaniach odnotowano korzystny wpływ żywienia krów kiszonką z *Festuloloium* odmiany Felopa na zawartość kwasu C18:3 – 0,67% oraz CLA – 0,80%, w mleku, w porównaniu do pozostałych grup żywieniowych ($P \leq 0,05$). Podobne zakresy dla zawartości wymienionych kwasów w kiszonce z traw uzyskali Patel i in. (2013), 0,80% dla CLA i 0,76% dla kwasu linolenowego. W cytowanych badaniach wraz ze wzrostem udziału kiszonki z traw wzrastała koncentracja CLA w mleku. Podwyższone poziomy CLA są charakterystyczne, gdy krowy przebywają na pastwisku lub są karmione dietą o wysokim stężeniu C18:2 lub C18:1 (Chiliard i in., 2007). Według Dewhursta i in. (2003a) C18:3 zawarty w kiszonce z traw w większym stopniu podlega biouwodorowaniu w żwaczu w porównaniu z C18:3 zawartym w kiszonkach z roślin strączkowych (lucerna, koniczyna biała, koniczyna czerwona), co jest związane z wolniejszym tempem pasażu kiszonek z traw przez przewód pokarmowy i tym samym wydłużeniem czasu ekspozycji na działanie lipazy i procesów biouwodorowania. Stopień biouwodorowania nienasyconych kwasów tłuszczowych zależy także od aktywności enzymów lipolitycznych, których aktywność, dzięki obecności oksydazy polifenolowej, jest większa w trawach niż w np. w koniczynie czerwonej (Lee i in., 2004). Zdecydowanie niższe wartości dla udziału wymienionych kwasów otrzymali Lashkari i in. (2021) porównując wpływ skarmiania kiszonek z 5 gatunków traw, w tym *Festulolium*, i koniczyny na profil kwasów tłuszczowych mleka, odpowiednio 0,54% i 0,22% dla kwasu linolenowego i CLA. Zmiany CLA w tłuszczu mlecznym, w odpowiedzi na manipulowanie składem dawki pokarmowej, są większe w porównaniu do zmian zachodzących w mięsie. Tłumaczy się to tym, że skład tłuszczu mlecznego odzwierciedla skład paszy aktualnie spożywanej przez krowy, natomiast w trakcie doświadczenia zostaje zmagazynowana jedynie część lipidów mięśniowych. Wiąże się to także z różnym tempem przejścia paszy przez żwacz u krów z bardzo wysokim pobraniem SM i zwierząt w fazie wzrostu, u których pobranie SM jest niższe. Dodatkowo wydajność syntezy CLA

w gruczołach mlekowych jest inna od tej, zachodzącej w tkance tłuszczowej czy mięśniowej (Aharoni i in., 2004).

Rozpatrując udział grup kwasów tłuszczowych w mleku krowim (Tabela 20) różnice potwierdzono statystycznie wyłącznie dla udziału nienasyconych kwasów tłuszczowych n-3. Nie wpłynęło to jednak na różnice we wzajemnym stosunku kwasów n-6/n-3. Ponownie najwyższym i zarazem najbardziej korzystnym udziałem kwasów n-3 cechował się tłuszcz mleczny krów żywionych *Festulolium* Felopa (0,726), kolejno życicą mieszańcową (0,615), *Festulolium* Lofa (0,561) i Perun (0,527; P≤0,01). Kwasy tłuszczowe n-3 są związane z poprawą funkcji neurologicznych, mają działanie kardioprotekcyjne i antyrakotwórcze (Ellis i in., 2006). Zbliżoną zawartość kwasów z tej grupy oznaczyli w swoich badaniach Lashkari i in. (2021). Mimo iż w badaniach własnych potwierdzono wyższy udział kwasu linolenowego w mleku krów z grupy skarmianej *Festulolium* Felopa, nie przełożyło się to na udział kwasów tłuszczowych z grupy n-6PUFA, których prekursorem jest wymieniony kwas. Od kiedy wzrosło spożycie kwasów tłuszczowych n-6 i konkurują one z kwasami n-3 o dostęp do enzymów desaturacyjnych, stosunek kwasów tłuszczowych n-6/n-3 w diecie ludzi zmienił się z 1:1 na 10-20:1 lub nawet więcej, co może częściowo wyjaśniać powstanie współczesnych chorób, takich jak choroby układu krążenia, nowotwory, otyłość i cukrzyca (Simopoulos, 2008). W badaniach własnych stosunek kwasów tłuszczowych n-6/n-3 zawierał się w zakresie 2,21-3,15, w zależności od grupy badawczej i był mniej korzystny w porównaniu z wynikami badań Patel i in. (2013), w których wartość ta wynosiła 2,0. Większość doniesień analizujących skład mleka w zależności od zastosowanego żywienia, skupia się na porównaniu kiszonek z traw z kiszonkami z innych roślin, jak rośliny motylkowate, często przy różnym stopniu uzupełnienia paszą treściwą. Dlatego na uwagę zasługują wyniki doświadczenia własnego, dotyczącego parametrów mleka pozyskanego od krów żywionych dwoma gatunkami traw, poszerzone o trzy odmiany jednego z nich.

7. PODSUMOWANIE

- Wszystkie zielonki *Festulolium* charakteryzowały się wyższą wartością energetyczną w stosunku do życicy mieszańcowej oraz wyższą wartością białkową za wyjątkiem odmiany Perun.
- Oceniane trawy pozwoliły uzyskać bardzo wysoki plon SM, energii netto i białka ogólnego, przy czym najwydajniejsza okazała się odmiana Perun.
- Wszystkie kiszonki doświadczalne uzyskały pożądany przebieg fermentacji, według skali DLG uzyskały ocenę bardzo dobrą i dobrą. Kiszonki sporządzone z *Festulolium* wszystkich odmian uzyskały wyższą wartość energetyczną w porównaniu z kiszonką z życicy mieszańcowej.
- W ocenie jakości wg CNCPS białko kiszonki z życicy mieszańcowej okazało się lepsze niż białko mieszańców *Festulolium,* najmniej korzystny skład białka stwierdzono w kiszonce odmiany Perun.
- Badania na młodym bydle opasowym nie wykazały wpływu rodzaju kiszonki z traw skarmianej w proporcji 70:30 z gniecionym ziarnem jęczmienia na pobranie składników pokarmowych oraz współczynniki strawności dawek, stwierdzono natomiast jego wpływ na pobranie składników strawnych
- Nie stwierdzono wpływu zastosowanych kiszonek z traw na przyrosty masy ciał i tuszy.
- Dawka pokarmowa z udziałem kiszonki z *Festulolium* odmiany Lofa cechowała się najlepszym wskaźnikiem wykorzystania paszy.
- Najbardziej efektywna pod względem produkcji wołowiny w przeliczeniu na 1 hektar uprawianej trawy okazała się kiszonka z *Festulolium* odmiany Felopa (1,424 $kg \cdot ha^{-1}$), której nie cechował ani najwyższy plon SM, ani najlepszy wskaźnik wykorzystania paszy w badaniach opasowych.
- U wszystkich opasanych buhajów stwierdzono wysoką zawartość tłuszczu IMF w mięśniu *longissimus thoracis*. Wyższą zawartością PUFA cechował się IMF buhajów żywionych kiszonką z życicy mieszańcowej, natomiast korzystniejszym stosunkiem n-6/n-3 PUFA odznaczał się tłuszcz opasów z grupy skarmianej kiszonką z *Festulolium* odmiany Lofa,
- Potwierdzono różnice w pobraniu SM, substancji organicznej i NDF, a także strawności i wielkości pobrania składników strawnych dawek pokarmowych dla krów mlecznych rasy PHF, wskazując kiszonki z *Festulolium*, szczególnie odmiany Lofa, jako najbardziej efektywne.

- Zastosowanie w żywieniu krów mlecznych kiszonek z *Festulolium*, w porównaniu do kiszonki z życicy mieszańcowej wpłynęło na wyższą wydajność mleka i produkcję białka (kg·dzień$^{-1}$). Kiszonka z odmiany Lofa dawała efekt w postaci najwyższej wydajności ECM, odmiany Felopa najwyższego wskaźnika FCR.
- Nie potwierdzono wpływu zastosowanych kiszonek traw na skład i właściwości fizykochemiczne mleka, odnotowano natomiast korzystny wpływ żywienia krów kiszonką z *Festulolium* odmiany Felopa na zawartość kwasu α-linolenowego oraz CLA i korzystny udział kwasów n-3 w tłuszczu mlecznym.

8. WNIOSKI

1. Na podstawie uzyskanych wyników wydajności oraz składu tłuszczu mleka i mięsa należy stwierdzić, że najbardziej zalecaną odmianą do produkcji kiszonek okazał się polska odmiana Felopa.
2. Stwierdzona wysoka wartość pokarmowa pasz z *Festulolium* wskazuje na potrzebę oceny odmian na zwierzętach o maksymalnym potencjale produkcyjnym tj. krowach do 100 dnia laktacji oraz buhajkach we wczesnej fazie opasu.
3. Wskaźnik produkcji wołowiny z powierzchni 1 ha okazał się najbardziej miarodajnym sposobem oceny przydatności paszowej traw w opasie.

9. LITERATURA

Achremowicz K., Szary-Sworst K. 2005. Wielonienasycone kwasy tłuszczowe czynnikiem poprawy stanu zdrowia człowieka, Żywność Nauka Technologia Jakość, 3, 44, 23-35.

Adomako B., Thorogood D., Clifford B.C. 1997. Plant reaction types to crown rust (*Puccinia coronata Corda*) disease inoculations in meadow fescue (*Festuca pratensis* L.), perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and *L. perenne* introgression lines. International Turfgrass Society Research Journal, 8, 823-831.

Aharoni Y., Orlov A., Brosh A. 2004. Effects of high-forage content and oilseed supplementation of fattening diets on conjugated linoleic acid (CLA) and trans fatty acids profiles of beef lipid fractions. Animal Feed Science and Technology, 117, 1, 43-60.

Allen V.G., Fontenot J.P., Kelly R.F., Notter D.R. 1996. Forage systems for beef production from conception to slaughter: III. Finishing systems, Journal Animal Science, 74, 625-638.

Al-Mabruk R.M., Beck N.F.G., Dewhurst R.J. 2004. Effects of silage species and supplemental witamin E on the oxidative stability of milk. Journal of Dairy Science, 87, 406-412.

AOAC. 2005. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 18th Edition, Arlington.

AOAC. 2007. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 19th Edition, Arlington.

Arnesson A., Salevid P. 2019. Dikalvsproduktion på Två Gårdar i Västsverige (Cow-Calf Production on Two Farms in Western Sweden). Report no. 30. Department of Animal Environment and Health, Swedish University of Agricultural Sciences: Skara, Sweden.

Auldist M.J., Walsh B.J., Thomson N.A. 1998. Seasonal and lactational influences on bovine milk composition in New Zealand. Journal of Dairy Research, 65, 401-411.

Balocchi O.A., López I.F. 2009. Herbage production, nutritive value and grazing preference of diploid and tetraploid peren nial ryegrass cultivars (*Lolium perenne* L.). Chilean Journal of Agricultural Research, 69, 3, 331-339.

Bamidele O., Adejumo I.O. 2012. Variability of citric acid in cow milk composition. International Journal of AgriScience, 2, 3, 192-199.

Barłowska J., Litwińczuk Z. 2009. Nutritional and pro-health properties of milk fat. Medycyna Weterynaryjna, 65, 171–74.

Barrière Y., Guillet C., Goffner D., Pichon M. 2003. Genetic variation and breeding strategies for improved cell wall digestibility in annual forage crops. A review. Animal Research, 52, 193–228.

Bartkowiak S., Łuczak M., Zwierzykowski Z. 2001. Białka markerowe odmian *Festulolium* i jego gatunków rodzicielskich. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 474, 67-72.

Baticz O., Tomoskozi S., Vida L., Gaal T. 2002. Relationship between concentrationof citrate content in milk quantified by capillary electrophoresis. International Dairy Journal, 9, 709-713.

Beauchemin K. 1991. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and alfalfa hay quality on chewing, rumen function, and milk production of dairy cows. Journal of Dairy Science, 74, 3140-3151.

Beever D.E., Mould F.L. 2000. Forage evaluation for efficient ruminant livestock production. In: Givens D.I., Owen E., Axford R.F.E., Omed H.M. (ed.), Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. CABI Publishing, Oxon, pp. 15-42.

Beever D.E., Offer N., Gill M. 2000. The feeding value of grass and grass products. In: Hopkins A. (ed), Grass, It's production and utilization. Blackwell Science, Oxford, UK, pp. 140-195.

Berthiaume R., Benchaar C., Chaves A.V., Tremblay G.F., Castonguay Y., Bertrand A., Brito A.F. 2010. Effects of nonstructural carbohydrate concentration in alfalfa on fermentation and microbial protein synthesis in continuous culture. Journal of Dairy Science, 93, 693-700.

Bertilsson J., Murphy M. 2003. Effects of feeding clover silages on feed intake, milk production and digestion in dairy cows. Grass and Forage Science, 58, 309-322.

Bilik K., Węglarzy K., Choroszy Z. 2009. Wpływ intensywności żywienia buhajków rasy limousine na wskaźniki produkcyjne i właściwości dietetyczne mięsa. Roczniki Naukowe Zootechniki, 36, 1, 63-73.

Bodarski R., Krzywiecki S. 2001. Nowoczesne technologie konserwowania pasz z użytków zielonych oraz ich wykorzystanie w żywieniu bydła. Łąkarstwo w Polsce, 4, 25-36.

Boller B., Schneider M.K., Zhao Ch., Bartos J., Majka J., Kopecky D. 2022. *Festuca apennina* × *F. pratensis* triploid hybrids exceed their parents in adaptation to broad-environmental conditions. Alpine Botany, 1-13.

Bonawitz N.D., Chapple C. 2010. The genetics of lignin biosynthesis: connecting genotype to phenotype. Annual Review of Genetics, 44, 337–363.

Borsuk M., Fijałkowska M. 2019. Effects of cultivar and harvest date on the composition of nitrogen fractions in Festulolium herbage. Journal of Elementology, 24, 4, 1241-1251.

Boudon A., Peyraud J.L. 2001. The release of intracellular constituents from fresh ryegrass (*Lolium perenne* L.) during ingestive mastication in dairy cows: effect of intracellular constituent, season and stage of maturity. Animal Feed Science and Technology, 93, 3-4, 229-245.

Boufaied H., Chouinard P.Y., Tremblay G.F., Petit H.V., Michaud R., Belanger G. 2003. Fatty acids in forages. 1. Factors affecting concentrations. Canadian Journal of Animal Science, 83, 501-511.

Breslow J.L. 2006. n-3 fatty acids and cardiovascular disease. The American Journal of Clinical Nutrition, 83, 6, 1477-1482.

Buckner R.C., Hill H.D., Burrus II P.B. 1961. Some characteristics of perennial and annual ryegrass × tall fescue hybrids and the amphidiploid progenies of annual ryegrass × tall fescue. Crop Science, 17, 672–673.

Burns G., Gilliland T., Grogan D., Watson S., O'Kiely P. 2013. Assessment of herbage yield and quality traits of perennial ryegrasses from a national variety evaluation scheme. Journal of Agricultural Science, 151, 3, 331-346.

Cammell S.B., Sutton J.D., Beever D.E., Humphries D.J., Phipps R.H. 2000. The effect of crop maturity on the nutritional value of maize silage for lactating dairy cows. 1. Energy and nitrogen utilization. Animal Science, 71, 381–390.

Carstens G.E. 1995. Compensatory growth in beef cattle. In: Symposium: Intake by Feedlot Cattle. Oklahoma Agricultural Experiment Station P-942, 70-84.

Casler M.D., Peterson P.R., Hoffman L.D., Ehlke N.J., Brummer E.C., Hansen J.L., Mlynarek M.J., Sulc M.R., Hennig J.C., Undersander D.J., Pitts P.G., Bikley P.C., Rose-Fricker C.A. 2002. Natural selection for survival improves freezing tolerance, forage yield and persistence of *Festulolium*. Crop Science, 42, 1421-1426.

Castillo A.R., Kebreab E., Beever D.E., France J. 2000. A review of efficiency of nitrogen utilisation in lactating dairy cows and its relationship with environmental pollution. Journal of Animal and Feed Sciences, 9, 1, 1-32.

Castillo R., Kebreab E., Beever D.E., Barbi J.H., Sutton J.D., Kirby H.C., France J. 2001. The effect of protein supplementation on nitrogen utilization in lactacing dairy cows. Journal Animal Science, 79, 247-253.

Castle M.E., Watson J.N. 1970. Silage and milk production, a comparison between grass silages made with or without formic acid. Grass and Forage Science, 25, 65-70.

Cavallarin L., Antoniazzi S., Borreani G., Tabacco E. 2005. Effects of wilting and mechanical conditioning on proteolysis in sainfoin (Onobrychis viciffolia Scop) wilted herbage and silage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85, 831–838.

Chambaz A., Scheeder M.R.L., Kreuzer M., Dufey P.A. 2003. Meat quality of Angus, Simmental, Charolaise and Limousin steers compared at the same intramuscular fat content. Meat Science, 63, 491-500.

Chilliard Y., Ferlay A. 2004. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. Reproduction, Nutrition, Development, 44, 467-492.

Chilliard Y., Glasser H., Ferlay A., Bernard L., Rouel J., Doreau M. 2007. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. European Journal of Lipid Science and Technology, 109, 828-855.

Chrenkova M., Čerešňakova Z., Weisbjerg M.R., Formeloval Z., Polačikova M., Vondrakova M. 2014. Characterization of proteins in feeds according to the CNCPS and comparison to *in situ* parameters. Czech Journal of Animal Science, 59, 6, 288-295.

Christensen R.G., Yang S.Y., Eun J.S., Young A.J., Hall J.O., MacAdam J.W. 2015. Effects of feeding birdsfoot trefoil hay on neutral detergent fiber digestion, nitrogen utilization efficiency, and lactational performance by dairy cows. Journal of Dairy Science, 98, 7982-7992.

Ciepiela G.A., Jankowski K., Jodełka J., 2001. Potencjał produkcyjny kupkówki pospolitej nawożonej dolistnie azotem i mikroelementami. Pamiętnik Puławski, 125, 103-110.

Cotto G. 1997. Le boeuf Francais: une demande, mais beaucoup de concurrents. Enquete aupres d'operateurs. Rencontres Recherches Ruminants, 4, 315-318.

Dannenberger D., Nuernberg G., Scollan N., Schabbel W., Steinhart H., Ender K. 2004. Effect of diet on the deposition of n-3 fatty acids, conjugated linoleic- and C18:1 trans fatty acid isomers in muscle lipids of German Holstein bulls. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52, 6607-6615.

Davies D.R., Theodorou M.K., Kingston-Smith A.H., Merry R.J. 2005. Advances in silage quality in the 21st century. Proc. XIVth International Silage Conference, Belfast, Northern Ireland, 05.2005, pp. 121-133.

Davies D.R., Winters A.L., Leemans D.L., Dhanoa M.S., Merry R.J. 1999. The effect of inoculant treatment of alternative crop forages on silage quality and *in vitro* rumen function. Proc. XIIth International Silage Conference, Uppsala, Sweden, 2-4.07.2012, pp.131-132.

De Smet S., Raes K., Demeyer D. 2004. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: A review. Animal Research, 53, 81–98.

Dewhurst R.J., Evans R.T., Scollan N.D., Moorby J.M., Merry R.J., Wilkins R.J. 2003a. Comparison of grass and legume silages for milk production. 2. *In vivo* and *in sacco* evaluations of rumen function. Journal of Dairy Science, 86, 2612–2621.

Dewhurst R.J., Fisher W.J., Tweed J.K.S., Wilkins R.J.. 2003b. Comparison of Grass and Legume Silages for Milk Production. 1. Production Responses with Different Levels of Concentrate. Journal of Dairy Science, 86, 2598–2611.

Dewhurst R.J., King P.J. 1998. Effects of extended wilting, shading and chemical additives on the fatty acids in laboratory grass silages. Grass and Forage Science, 53, 219-224.

Dewhurst R.J., Mitton A.M., Offer N.W., Thomas C. 1996. Effects of the composition of grass silages on milk production and nitrogen utilization by dairy cows. Animal Science, 62, 25-34.

Dewhurst R.J., Shingfield K.J., Lee M.R.F., Scollan N.D. 2006. Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. Animal Feed Science and Technology, 131, 168-206.

Đimkûnas A., Aalaðinaitë A., Mazeika V., 2009. Peculiarities of Various *Festulolium braunii* Cultivars Development and Overwintering. LÞÛU Mokslo Darbai, 85 (38), 35–38.

Djordjevic J., Ledina T., Baltic M.Z., Trbovic D., Babic M., Bulajic S. 2019. Fatty acid profile of milk. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 333, 012057.

Domański P., Jokś W. 1999. Odmiany *Festulolium* – efekty postępu biologicznego. Zeszyty Naukowe AT-R w Bydgoszczy, 220, Rolnictwo, 44, 87-94.

Doreau M., Bauchart D., Chilliard Y. 2010. Enhancing fatty acid composition of milk and meat through animal feeding. Animal Production Science, 51, 19-29.

Dozias D., Micol D., Pecatte J.R. 1995a. Extensification de la production de viande bovine en zone herbagere Normande. Annales de Zootechnie, 44, 46-58.

Dozias D., Micol D., Pecatte J.R. 1995b. Modalites de production de boeufs laitiers de 30 mois a l'herbe. Annales de Zootechnie, 44, 229-246.

Drennan M.J., McGee M., Grogan A. 2005. Relative energy requirements of beef bull breeds. European Association for Animal Production (EAAP) Meeting, Uppsala, Book of Abstracts, pp. 61.

Dyrektywa Komisji 2004/55/EC z dnia 20 kwietnia 2004 r. zmieniająca dyrektywę Rady 66/401/EWG w sprawie obrotu materiałem siewnym roślin pastewnych. 2004.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/63/UE z dnia 22 września 2010 r. w sprawie ochrony zwierząt wykorzystywanych do celów naukowych.

EFSA (Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności). 2010. NDA Panel Scientific opinion on dietary reference values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. EFSA J., 8, 1461.

Elgersma A. 2012. New developments in the Netherlands: dairies reward grazing because of public perception. Grassland Science in Europe, 17, 420-422.

Elgersma A., Ellen G., Dekker P.R., van der Horst H., Boer H., Tamminga S. 2003a. Effects of perennial ryegrass (*Lolium perenne*) cultivars with different linolenic acid contents on milk fatty acid composition. Aspects of Applied Biology, 70, 107-114.

Elgersma A., Ellen G., van der Horst H., Muuse B., Boer H., Tamminga S. 2003b. Comparison of the fatty acid composition of fresh and ensiled perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.), affected by cultivar and regrowth interval. Animal Feed Science and Technology, 108, 191-205.

Elgersma A., Tamminga S., Ellen G. 2006. Modifying milk composition through forage. Animal Feed Science and Technology, 131, 3-4, 207-225.

Elizalde J.C., Merchen N.R., Faulkner D.B. 1999. Fractionation of fiber and crude protein in fresh forages during the spring growth. Journal of Animal Science, 77, 476-484.

Ellis K.A., Innocent G., Grove-White D., Cripps P., McLean W.G., Howard C.V. Mihm M. 2006. Comparing the fatty acid composition of organic and conventional milk. Journal of Dairy Science, 89, 1938–50.

Enser M., Hallett K.G., Hewett B., Fursey G.A.J., Wood J.D., Harrington G. 1998. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. Meat Science, 49, 329-341.

Falkowski M., Kukułka I., Rudnicka-Sterna W., Rutkowska B., Sulinowski S. 1982. Trawy Polskie. Pod red. M. Falkowskiego. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.

Faucitano L., Chouinard P.Y., Fortin J., Mandell I.B., Lafreniere C., Girard C.L., Berthiaume R. 2008. Comparison of alternative beef production systems based on forage finishing or grain-forage diets with or without growth promotants: 2. Meat quality, fatty acid composition, and overall palatability. Journal of Animal Science, 86, 1678–1689.

Fijałkowska M., Pysera B., Lipiński K., Strusińska D. 2015. Changes of nitrogen compounds during ensiling of high protein herbages – a review. Annals of Animal Science, 15, 2, 289-305.

Fischer A.V., Enser M., Richardson R.I., Wood J.D., Nute G.R., Kurt E., Sinclair L.A., Wilkinson R.G. 2000. Fatty acid composition and eating quality of lamb types derived from four diverse breedxproduction systems. Meat Science, 55, 141-147.

Frank B., Persson M., Gustafsson G. 2002. Feeding dairy cows for decreased ammonia emission. Livestock Production Science, 76, 171-179.

Frankow-Lindberg B.E., Olsson K.F., 2008. Digestibility and fibre content of leaves and straw of three *Festulolium hybrids* during spring growth. Grassland Science in Europe, 13, 456-458.

Fraser M.D., Fychan R., Jones R. 2002. Effect of mixing red clover or lucerne silage with grass or whole-crop wheat silage on voluntary intake by sheep. XIIIth Internat. Silage Conference, Auchincruive, Scotland, 126-127.

French P., O'Riordan E.G., Monahan F.J., Caffrey P.J., Vidal M., Mooney M.T., Troy D.J., Moloney A.P. 2000. Meat quality of steers finished on autumn grass, grass silage or concentrate-based diets. Meat Science, 56, 173-180.

Garnsworthy P.C., Masson L.L., Lock A.L.,Mottram T.T. 2006. Variation of milk citratewith stage of lactation of de novo fatty acidsynthesis in dairy cows. Journal of Dairy Science, 89, 1604-1612.

Gaucheron F. 2005. The minerals of milk. Reproduction Nutrition Development, 45, 473-483.

Gąsior R. 2002. Oznaczanie Lotnych Kwasów Tłuszczowych i Kwasu Mlekowego w Kiszonkach i Treści Żwacza. Instytut Zootechniki, Kraków, Polska.

Gąsior R., Brzóska F. 2002. Aminy biogenne w kiszonkach paszowych. Postępy Nauk Rolniczych, 49, 2, 115-128.

Getter K.L., Behe B.K., Howard P.H., Conner D.S., Spaniolo L.M. 2015. Increasing demand for pasture-based dairy: What attributes and images do consumers want? In Re-Thinking Organic Food and Farming in a Changing World; Springer: Berlin, Germany, 125–140.

Ghesquicre M., Emile J.C., Jadas-Hecart J., Mousset C., Traineau R., Poisson C. 1996. First in vivo assessment of feeding value of *Festulolium hybrids* derived from *Festuca arundinacea var. glaucescenes* and selection for palatability. Plant Breeding, 115, 238-244.

Gillet M. 1980. Les graminees fourrageres. Description, fonctionnement, application a la culture de l'herbe. Gaulthier–Villars, Collection Nature et Agriculture, pp. 306.

Givens D.I., Kliem K.E., Humphries D.J., Shingfield K.J., Morgan R. 2009. Effect of replacing calcium salts of palm oil distillate with rapeseed oil, milled or whole rapeseeds on milk fatty-acid composition in cows fed maize silage-based diets. Animals, 3, 1067–1074.

Givens D.J., Relquin H. 2004. Utilization by ruminants of nitrogen compounds in silage-based diets. Animal Feed Science and Technology, 114, 1-18.

Goad D.W., Goad C.L., Nagaraja T.G. 1998. Ruminal microbial and fermentative changes associated with experimentally induced subacute acidosis in steers. Journal of Animal Science, 76, 1, 234-241.

Goliński P. 2006. Stand and Perspektiven der Grunlandbewirtschaftung in Polen. W: Multifunktionale Landnutzung und Perspektiven fur extensive Weidesysteme (H. Laser ed.). Fachverlag Kochler, Giessen, 17-30.

Goncalves P., Araujo J.R., Martel F. 2011. Characterization of butyrate uptake by nontransformed intestinal epithelial cell lines. The Journal of Membrane Biology, 240: 35-46.

Gonzalez-Ronquillo M., Robles-Jiménez L.E., Romero-Bernal J., Ariciaga-Gonzalez C., Valdez-Ramírez B., Chay-Canul A.J., Vargas-Bello-Pérez E. 2021. Effect of ryegrass hay and ryegrass silage, cut at two stages of development, on nutrient digestibility, nitrogen balance, and purine derivative excretion in growing sheep. Italian Journal of Animal Science, 20, 1, 2110-2121.

Grabber J.H. 2005. How do lignin composition, structure, and cross-linking affect degradability? A review of cell wall model studies. Crop Science, 45, 820–831.

Grabber J.H. 2009. Protein fractions in forage legumes containing protein-binding polyphenols: Freeze-drying vs. conservation as hay or silage. Animal Feed Science and Technology, 151, 324-329.

Grabber J.H., Coblentz W.K. 2009. Polyphenol, conditioning, and conservation effects on protein fractions and degradability in forage legumes. Crop Science, 49, 1511-1522.

Grabber J.H., Ralph J., Hatfield R.D., Quideau S. 1997. p-Hydroxyphenyl, guaiacyl, and syringyl lignins have similar inhibitory effects on wall degradability. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 45, 2530–2532.

Grabowski K., Benedycki S., Grzegorczyk S. 1990. Wpływ nawożenia i liczby pokosów na zawartość w runi łąkowej związków azotu, rozpuszczalnych węglowodanów i włókna surowego. Acta Academiae Agriculturae Technicae Olstenensis, Agricultura, 51, 53-60.

Griel A.E., Kris-Etherton P.M. 2006. Beyond saturated fat: The importance of the dietary fatty acid profile on cardiovascular disease. Nutrition Reviews, 64, 5, 257-62.

Grønbæk O., 2010. Festulolium in Scandinavia. Combining yield, forage quality and persistence. In Kvalita Píce z Travních Porostˇu a Chov Skotu v Mˇenících se Ekonomických Podmínkách, Sborník z celostátní vˇedecké konference s mezinárodní úˇcastí konané 14. ˇríjna 2010 v sále zámku; Kunín, A., Ed.; Výzkumný ústav Rostlinné Výroby: Prague, Czech Republic, pp. 5–7.

Guo X.S., Ding W.R., Han J.G., Zhou H. 2008. Characterization of protein fractions and amino acids in ensiled alfalfa treated with different chemical additives. Animal Feed Science and Technology, 142, 89-98.

Gustavsson A.M., Martinsson K. 2004. Seasonal variation in biochemical composition of cell walls, digestibility, morphology, growth and phenology in timothy. European Journal of Agronomy, 20, 293-312.

Harfoot C.G., Hazlewood G.P. 1997. Lipid metabolism in the rumen. W: The Rumen Microbial Ecosystem. 2nd ed. P. N. Hobson and C. S. Stewart, ed. Blackie Academic and Professional, London, UK, pp. 382–426.

Hedqvist H., Udén P. 2006. Measurement of soluble protein degradation in the rumen. Animal Feed Science and Technology, 126, 1-21.

Heikkilä T., Jaakkola E., Saarisalo E., Suokannas A., Helminen J. 2002. Effects of vilting time, silage additive and layers on the quality of round big bale silage. XIIIth Internat. Silage Conference, Auchincruive, Scotland, 158-159.

Heikkilä T., Toivonen V., Huhtanen P. 1998. Effect of spring and autumn silage, protein and concentrate level on milk production. 17th Gen. Mtg. Eur. Grassl. Fed., Debrecen Agricultural University, Debrecen, Hungary. Grassland Science In Europe, 3, 717–721.

Hertzsch W. 1960. Kreuzungen innerhalb der Gattung *Festuca* und zwischen den Gattungen *Festuca* und *Lolium*. B. Kreuzungen von di- und tetraploidem *Festuca pratensis* mit *Festuca arundinacea* und *Festuca rubra* und von di- und tetraploidem *Festuca pratensis*, *Festuca arundinacea* und *Festuca rubra* mit di- und tetraploidem *Lolium multiflorum.* Zeitschrift fur Pflanzenzuchtung, 44, 301-318.

Hertzsch W. 1966. Intergeneric and interspecific hybrids between *Lolium* and *Festuca*. Proceeding of the X International Grassland Congress, Helsinki, Finland, 683-685.

Higgs J. 2000. The changing nature of red meat: 20 years of improving nutritional quality. Trends in Food Science and Technology, 11, 85-95.

Hoekstra N.J., Struik P.C., Lantinga E.A., Van Amburgh M.E., Schulte R.P.O. 2008. Can herbage nitrogen fractionation in Lolium perenne be improved by herbage management? Wageningen Journal of Life Sciences, 55, 2, 167-180.

Hopkins A.A., Saha M.C., Wang Z.Y. 2009. Genetic improvement. W: Breeding, Genetics and Cultivars. Pod red. H.A. Fryburg, D.B. Hannaway, C.P. Zachód. Agronomy Monographs, Tall Fescue for the Twenty-first Century, pp. 53.

Hornick J.L., Eenaeme C., Gerard O., Dufrasne I., Istasse L. 2000. Mechanisms of reduced and compensatory growth. Domestic Animal Endocrinology, 19, 121-132.

Houssin B., Foret A., Chenais F., Cotinot A., Besnier F. 2000. Influence du regime hivernal des vaches laitieres sur la qualite organoleptique des beurres et des camemberts. In: 7emes Rencontres Recherches Ruminants, Paris, pp. 296-299.

Hovemose M.S., Weisbjerg M.R., Bredie W.L.P., Nielsen J.H. 2004. Influence of feeding different types of roughage on the oxidative stability of milk. International Dairy Journal, 14, 563-570.

Hu F.B., Stampfer M.J., Manson J.E., Rimm E., Colditz G.A., Rosner B.A., Hennekins C.H., Willett W.C. 1997. Dietary fat intake and the risk of coronary heart disease in women. New England Journal of Medicine, 337, 1491-1499.

Huhtanen P. 2001. Prediction of DM and ME intake of dairy cows fed grass silage based diets. Proc. 326th,The Nordic Association of Agr. Scientists (NJF) Production and utilization of silage. Lillehamer, Norway, 52-63.

Huhtanen P., Khalili, H., Nousiainen J.I., Rinne M., Jaakkola S., Heikkila T., Nousiainen J. 2002. Prediction of the relative intake potential of grass silage by dairy cows. Livestock Production Science, 73, 111-130.

Huhtanen P., Nousiainen J.I., Khalili H., Jaakkola S., Heikkilä T. 2003. Relationships between silage fermentation characteristics and milk production parameters: analyses of literature data. Livestock Production Science, 81, 57-73.

Huhtanen P., Rinne M., Nousiainen J. 2007. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. The Animal Consortium, 1, 758-770.

Huhtanen P., Shingfield K.J. 2005. Grass silage: factors affecting efficiency N utilization in milk production. Proceedings of the XIVth International Silage Conference, Belfast, Northern Ireland, 35-51.

Huhtanen, P., Nousiainen, J., Rinne, M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. Agricultural and Food Science, 15, 293–323.

Humphreys M.W. 1989. The controlled introgression of *Festuca arundinacea* genes into *Lolium multiflorum*. Euphytica, 42, 105-116.

Humphreys M.W., Ghesquiere M. 1994. Assessing success in gene transfer between *Lolium multiflorum* and *Festuca arundinacea*. Euphytica, 77, 283-289.

Humphreys M.W., O'Donovan S.A., Farrell M.S., Gay A.P., Kingston-Smith, A.H. 2014. The potential of novel *Festulolium* (2n=4x=28) hybrids as productive, nutrient-use-efficient fodder for ruminants. Food and Energy Security, 3, 98-110.

Humphreys M.W., Pasakinskiene I. 1996. Chromosome painting to locate genes for drought resistance transferred from *Festuca arundinacea* into *Lolium multiflorum*. Hederity, 77, 530-534.

Humphreys M.W., Pasakinskiene I., James A.R., Thomas H. 1998. Physically mapping quantitative traits for stress-resistance in the forage grasses. Journal Experimental Botany, 49, 327, 1611-1618.

Humphreys M.W., Thomas H. 1993. Improved Drought Resistance in introgression lines derived from *Lolium multiflorum* x *Festuca arundinacea* hybrids. Plant Breeding, 111, 155-161.

Humphreys M.W., Thomas H., Harper J., Morgan G., James A., Ghamari-Zarf A., Thomas H. 1997. Dissecting drought- and cold-tolerance traits in the *Lolium-Festuca* complex by introgression mapping. New Phytology, 137, 55-60.

Humphreys M.W., Thomas H.M., Morgan W.G., Meredith M.R., Harper J.A., Thomas H., Zwierzykowski Z., Ghesquiere M. 1995. Discriminating ancestral progenitors of hexaploid *Festuca arundinacea* using genomic in situ hybridization. Heredity, 75, 171-174.

Humphreys M.W., Zwierzykowski Z. 2020. *Festulolium*, a century of research and breeding and its increased relevance in meeting the requirements for multifunctional grassland agriculture. Biologia Plantarum, 64, 578–590.

Hunt M.R., Legako J.F., Dinh T.T.N., Garmyn A.J., O' Quinn T.G., Corbin C.H., Miller M.F. 2016. Assessment of volatile compounds, neutral and polar lipid fatty acids of four beef muscles from USDA choice and select graded carcasses and their relationships with consumer palatability scores and intramuscular fat content. Meat Science, 116, 91–101.

Huuskonen A. 2008. Need for protein supplementation in the diet of growing dairy bulls fed total mixed ration based on moderate digestible grass silage and barley. Agricultural and Food Science, 17, 109-120.

Huuskonen A., Khalili H., Joki-Tokola E. 2007. Effects of three different concentrate proportions and rapeseed meal supplement to grass silage on animal performance of dairy-breed bulls with TMR feeding. Livestock Science, 110, 154-165.

Huuskonen A., Pesonen M. 2017. A comparison of first-, second- and third-cut timothy silages in the diets of finishing beef bulls. Agricultural and Food Science, 26, 16-24.

IDF Standard. 1999. Milk fat and milk fat products determination of fatty acid content, 182.

INRA. 2009. Normy Żywienia Przeżuwaczy. W: Wartość Pokarmowa Francuskich i Krajowych Pasz dla Przeżuwaczy, IZ PIB, Kraków, Polska.

ISO 6492:1999. 1999. Animal feeding stuffs - Determination of fat content.

Jahreis G., Fritsche J., Steinhart H. 1997. Conjugated linoleic acid in milk fat: high variation depending on production system. Nutrition Research, 17, 1479-1484.

Jankowska-Huflejt H. 2007. Rolno-środowiskowe znaczenie trwałych użytków zielonych. Problemy Inżynierii Rolniczej, 1, 23-34.

Jankowska-Huflejt H., Wróbel B., Barszczewski J. 2009. Evaluation of nutritive value of forages from grasslands on the background of soil richness and N, P, K balances in chosen organic farms. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 54, 3, 95-102.

Jauhar P.P. 1975. Chromosome relationships between *Lolium* and *Festuca* (Gramineae). Chromosoma, 52, 103-121.

Jauhar P.P. 1993. Cytogenetics of the *Festuca-Lolium* complex, relevance to breeding. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg.

Jenkin T.J. 1955. Interspecific and intergeneric hybrids in herbage grasses XVI. *Lolium perenne* and *Festuca pratensis* with references to *Festuca loliacea*. Journal of Genetic, 53, 379-441.

Jensen C., Weisbjerg M.R., Norgaard P., Hvelplund T. 2005. Effect of maize silage maturity on site of starch and NDF digestion in lactating dairy cows. Animal Feed Science and Technology, 118, 279-294.

Jensen R.G. 2002. The composition of bovine milk lipids: Juary 1995 to December 2000. Journal of Dairy Science, 85, 295-350.

Jodełka J., Jankowski K., Starczewski J. 2000. Sposób dostarczenia azotu roślinom łąkowym a ich plonowanie. Fragmenta Agronomica, 4, 61-67.

Jones R. 2000. Understanding the processes of protein degradation in forage crops provide opportunities for improved silage quality and enhanced animal production. Proc. Alltech's Sixteenth Annual Symposium, Lyons T.P. and Jacques K.A. (ed.). Nottingham University Press, pp. 423-437.

Jonsson A. 1991. Growth of clostridium tyrobutyricum during fermentation and aerobic deterioration of grass silage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 54, 557-568.

Kaiser E., Polip I.V., Weiz K. 2002. The role of nitrate content in herbage to fermentability. XIIIth Internat. Silage Conference, Auchincruive, Scotland, 412-413.

Kalac P., Samková E. 2010. The effects of feeding various forages on fatty acid composition of bovine milk fat: A review. Czech Journal of Animal Science, 55, 521-537.

Kaup M.T., Froese C.D., Thompson J.E. 2002. A role for diacylglycerol acyltransferase during leaf senescence. Plant Physiology (Rockv.), 129, 1616–1626.

Kay J.K., Roche J.R., Kolver E.S., Thomson N.A., Baumgard L.H. 2005. A comparison between feeding systems (pasture and TMR) and the effect of witamin suplementation on plasma and milk fatty acid profiles in dairy cows. Journal of Dairy Research, 72, 322-332.

Keady T.W.J., Steen R.W.J. 1994. Effects of treating low dry matter grass with a bacterial inoculant on the intake and performance of beef cattle and studies on its mode of action, Grass and Forage Science, 49, 438-446.

Keady T.W.J., Steen R.W.J. 1995. The effects of treating low dry matter, low digestibility grass with a bacterial inoculant on the intake and performance of beef cattle, and studies on its mode of action. Grass and Forage Science, 50, 217-226.

Keane M.G., Fallon R.J. 2001. Effects of feeding level and duration on finishing performance and slaughter traits of Holstein-Friesian young bulls. Irish Journal of Agricultural and Food Research, 40, 145-160.

Kennelly J.J. 2001. The fatty acid composition of milk fat as influenced by feeding oilseeds. Bulletin of the International Dairy Federation, 366, 28-36.

Khalili H., Sairanen J., Nousiainen J., Huhtanen P. 2005. Effects of silage made from primary or regrowth grass and protein suplementation on dairy cow performance. Livestock Production Science, 96, 269-278.

Khan N.A., Yu P., Ali M., Cone J.W., Hendriks W.H. 2015. Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. Journal of the Science Food and Agriculture, 95, 238–252.

King C., McEniry J., Richardson M., O'Kiely P. 2013. Silage fermentation characteristics of grass species grown under two nitrogen fertilizer inpust and harvested at advancing maturity in the spring growth. Grassland Science, 59, 30-43.

Kirkland R.M., Keady T.W.J., Patterson D.C. Kilpatrick D.J., Steen R.W.J. 2006. The effect of slaughter weight and sexual status on performance characteristics of male Holstein-Friesian cattle offered a cereal-based diet. Animal Science, 82, 397-404.

Kochan Z., Karbowska J., Babicz-Zielińska E. 2010. Trans-kwasy tłuszczowe w diecie-rola w rozwoju zespołu metabolicznego. Postępy Higieny Medycyny Doświadczalnej, 64, 650-658.

Kołczak T. 2008. Jakość wołowiny. Żywność Nauka Technologia Jakość, 15, 1, 5-22.

Kopacz M. 2015. Funkcje trwałych użytków zielonych na obszarach górskich w kontekście zmian prawno-gospodarczych. Grassland Science in Poland, 18, 129-143.

Kopacz M., Twardy S. 2013. Analiza zmian trwałych użytków zielonych w Karpatach na przykładzie zlewni górnego Dunajca i Raby. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 14, 2, 46, 49-66.

Kopecky D., Loureiro J., Zwierzykowski Z., Ghesquiere M., Doleqel J. 2006. Genome constitution and evolution in *Lolium* and *Festuca* hybrid cultivars (*Festulolium*). Theorethical and Applied Genetic, 113, 731–742.

Kopecky D., Simonikowa D., Ghesqiere M., Dolezel J. 2017. Stability of Genome Composition and Recombination between Homoelogous Chromosomes in

Festulolium (*Festuca* x *Lolium*) Cultivars. Cytogenetic and Genome Research, 151, 106-114.

Kosmala A., Zwierzykowski Z., Gąsior D. 2006. GISH/FISH mapping of genes for freezing tolerance transferred from *Festuca pratensis* to *Lolium multiflorum*. Hederity, 96, 3, 1-9.

Kostulak-Zielińska M., Potkański A., Kryszak J. 2002. Skład chemiczny kiszonek z mieszanek trawiasto-koniczynowych z udziałem *Festulolium,* zakiszanych z dodatkiem kwasu mrówkowego. Roczniki Naukowe Zootechniki, 29, 2, 61-71.

Kozłowski S., Golińska B., Goliński P., Swędrzyński A. 2012. Trawy. Właściwości, występowanie i wykorzystanie. Pod red. S. Kozłowskiego. Powszechne Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Poznań, pp. 400.

Krauze A., Bardzicka B., Domańska D. 1990. Współzależność między zawartością węglowodanów rozpuszczalnych w wodzie i związków azotowych w runi pastwiska a poziomem nawożenia mineralnego. Acta Academiae Agriculturae Technicae Olstenensis, Agricultura, 51, 81-88.

Kris-Etherton P.M., Innis S. 2007. Dietary Fatty Acids – Position of the American Dietetic Association and Dietitians of Canada. American Dietetic Association Position Report. Journal of the American Dietetic Association, 107, 9, 1599-1611.

Krishnamoorthy U., Muscato T.V., Sniffen C.J., Van Soest P.J. 1982. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. Journal of Dairy Science, 65, 217-225.

Kromhout D., Menotti A., Bloemberg B., Aravanis C., Blackburn H., Buzina R., Dontas A. S., Idanza F., Giampaoli S., Jansen A. 1995. Dietary saturated and trans-fatty acids and cholesterol and 25-year mortality from coronary heart disease: The Seven Countries Study. Preventive Medicine, 24, 308-315.

Kryszak J., Domański P., Jokś W. 2002. Use of value of *Festulolium braunii* (K. Richter) A. Camus cultivars registered in Poland. Grassland Science in Europe, 7, 436-437.

Krzyżewski J., Strzałkowska N., Jóźwik A., Bagnicka E., Horbańczuk J.O. 2011. Wpływ rodzaju skarmianych pasz objętościowych na profil kwasów tłuszczowych w mleku krów. Życie weterynaryjne, 86, 7, 522-525.

Krzyżewski J., Strzałkowska N., Ryniewicz Z. 1997. Czynniki genetyczne i środowiskowe wpływające na zawartość białka w mleku krów. Przegląd Hodowlany, 8, 8-11.

Kubota A., Akiyama Y., Ueyama Y. 2014. Variability of genomic constitutions of festulolium (*Festuca* x *Lolium*) within and among cultivars. Grassland Science, 61, 15-23.

Kumm K.I. 2019. Produktionskostnad för Grovfoder till Köttdjur (Cost of Roughage Production to Beef Cattle). Report no. 23. Department of Animal Environment and Health, Swedish University of Agricultural Sciences: Skara, Sweden.

Kuoppala K., Rinne K., Nousiainen J., Huhtanen P. 2008. The effect of cutting time of grass silage in primary growth and regrowth and the interactions between silage quality and concentrate level on milk production of dairy cows. Livestock Science, 116, 171-182.

Kuoppala K., Rinne M., Ahvenjarvi S., Nousiainen J., Huhtanen P. 2004. Digestion kinetics of NDF in dairy cows fed silages from primary growth and regrowth of grass. Journal of Animal and Food Sciences, 13, 1, 127-130.

Kuoppala K., Rinne M., Huhtanen P. 2003. Morphological composition and digestibility of primary growth and regrowth of timothy. In: Niemelainen, Oiva, Topi-Hulmi, Mari (Eds), Proceedings of the NJF's 22nd congress Nordic Agriculture in Global Perspective, July 1-4, 2003, Turku, Finland.

Lampila M., Jaakkola S., Toivonen V., Setälä J. 1988. Forage conservation and supplementation in cattle rations. Proceedings of the VIth World Conference on Animal Production, 51-71.

Lashkari S., Johansen M., Weisbjerg M.R., Jensen S.K. 2021. Milk from cows fed clover-rich silage compared with cows fed grass silage is higher in n-3 fatty acids. Journal of Dairy Science, 104, 9, 9813–9826.

Lawrie R.A., Ledward D.A. 2006. Lawrie's Meat Science, 7th ed. Wood-head Publishing, Cambridge, England, pp. 521.

Lee M.R.F., Scott M.B., Tweed J.K.S., Minchin F.R., Davies D.R. 2008. Effects of polyphenol oxidase on lipolysis and proteolysis of red clover silage with and without a silage inoculant (*Lactobacillus plantarum* L54). Animal Feed Science and Technology, 144, 125-136.

Lee M.R.F., Winters A.L., Scollan N.D., Dewhurst R.J., Theodorou M. K., Minchin F.R. 2004. Plant-mediated lipolysis and proteolysis in red clover with different polyphenol oxidase activites. Journal of the Science of Food and Agriculture, 84, 1639-1645.

Legrand A.L., von Keyserlingk M.A.G., Weary D.M. 2009. Preference and usage of pasture versus free-stall housing by lactating dairy cattle. Journal of Dairy Science, 92, 3651–3658.

Lewis E.J. 1970. Intergeneric hybrids between *Lolium* and *Festuca*. Welsh Plant Breeding Station Report, 21.

Lewis E.J., Tyler B.F., Chorlton K.H. 1973. Development of *Lolium-Festuca* hybrids. Welsh Plant Breeding Station Report, 34-37.

Licitra G., Hernandez T.M., Van Soest P.J. 1996. Standarization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. Animal Feed Science and Technology, 57, 347-358.

Lideikyte L., Pasakinskiene I., Lemeziene N., Nekrosas S., Kanapeckas J. 2008. FISH assessment of ribosomal DNA sittes in the chromosome sets of *Lolium, Festuca* and *Festulolium*. Agriculture, 95, 2, 116-124.

Lideikyte L., Pasakinskiene I., Rstrem L. 2006. Chromosome painting by fluorescent in situ hybridization (FISH) in the hybrids and introgressions of *Lolium multiflorum*. Biologia, 3, 114-117.

Lingvall P. 2002. The bale silage technology. Factors influencing fermentation, hygienic quality, storage stability and production costs. XIIIth International Silage Conference, Auchincruive, Scotland, pp. 340.

Loaiza P.A., Balocchi O., Bertrand A., 2016. Carbohydrate and crude protein fractions in perennial ryegrass as affected by defoliation frequency and nitrogen application rate. Grass and Forage Science, 72, 556-567.

Lock A.L., Garnsworthy P.C. 2003. Seasonal variation in milk conjugated linoleic acid and Δ9-desaturase activity in dairy cows. Livestock Production Science, 79, 47-59.

Loučka R., Tyrolová Y. 2013. Effect of silage to change fractions N-substances in alfalfa silage. Proceedings of the 15th International Conference, 24-26 September, 2013, 167-168.

Lourenco M., Van Ranst G., Fievez V. 2005. Difference in extent of lipolysis in red or white clover and ryegrass silages in relation to polyphenol oxidase activity. Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences, 70(2), 169-72.

Lugato E., Panagos P., Bampa F., Jones A., Montanarella L. 2014. A new baseline of organic carbon stock in European agricultural soils using a modelling approach. Global Change Biology. 20, 313–326.

Lung S.C., Weselake R.J. 2006. Diacylglycerol acyltransferase: a key mediator of plant triacylglycerol synthesis. Lipids, 41, 1073–1088.

Łyszczarz R. 2001. Ilościowe i jakościowe parametry oceny wybranych odmian kostrzewy łąkowej, życicy trwałej i *Festulolium*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 474, 225-233.

MacGibbon A.K.H, Taylor M.W. 2006. Composition and Structure of Bovine Milk Lipids. W: Advanced Dairy Chemistry Vol 2 Lipids. Fox PF, McSweener PLH (ed.). Springer, 1-42.

Malinowska E., Jankowski K., Kania P., Gałecka M., 2020. The Effect on tytanit foliar application on the yield and nutritional value of festulolium braunii. Agronomy, 10, 848.

Maloney A.P., Fievez V., Martin B., Nute G.R., Richardson R.I. 2008. Botanically diverse forage-based rations for cattle: implications for product composition, product quality and consumer health. Grassland Science in Europe, 13, 361-374.

Manni K., Rinne M., Huhtanen P. 2012. Grass silage can replace concentrate feeds in dairy bull fattening. XVIth International Silage Conference Hämeenlinna, Finland, 510-511.

Manni K., Rinne M., Huhtanen P. 2013. Comparison of concentrate feeding strategies for growing dairy bulls. Livestock Science, 152, 21-30.

Manninen M., Honkavaara M., Jauhiainen L. Nykänen A., Heikillä A.M. 2011. Effects of grass-red clover silage digestibility and concentrate protein concentration on performance, carcass value, eating quality and economy of finishing Hereford bulls reared in cold conditions. Agricultural and Food Science, 20, 151-168.

Marmer W.N., Maxwell R.J., Williams J.E. 1984. Effects of dietary regimen and tisssue site on bovine fatty acid profiles. Journal of Animal Science, 59, 109-121.

Martin B., Priolo A., Valvo M.A., Micol D., Coulon J.B. 2005. Effect of grass feeding on milk, cheese and meat sensory properties. Sustainable grazing, nutritional utilization and quality of sheep and goat products. Molina Alcaide E. (ed.), Ben Salem H. (ed.), Biala K. (ed.), Morand-Fehr P. (ed.), Zaragoza: CIHEM, 213-223.

Martineau R., Lapierre H., Ouellet D.R., Pellerin D., Berthiaume R. 2007. Effects of the method of conservation of timothy nitrogen metabolism in lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 90, 2870-2882.

Martinsson K. 1990. The effects of forage digestibility and concentrate supplementation on performance of finishing bulls. Swedish Journal of Agricultural Research, 20, 161-167.

Matzk F. 1976. Attempts to overcoming of incompatibilities in interspecific and intergeneric crosses with grasses. Incompatibility News, 7, 65-74.

May S.G., Dolezal H.G., Gill D.R., Ray F.K., Buchanan D.S. 1992. Effects of days fed, carcass grade traits, and subcutaneous fat removal on postmortem muscle characteristics and beef palatability. Journal of Animal Science, 70, 444-453.

Mc Grath, D., 1992. A note on the influence of nitrogen application and time of cutting on water-soluble carbohydrate production by Italian ryegrass. Irish Journal of Agricultural and Food Research, 31, 189–192.

McAfee A.J., McSorley E.M.,. Cuskelly G.J, Moss B.W., Wallace J.M.W., Bonham M.P., Fearon A.M. 2010. Red meat consumption: an overview of the risks and benefits. Meat Science, 84, 1, 1-13.

McClearn B., Gilliland T.J., Delaby L., Guy C., Dineen M., Coughlan F., McCarthy B. 2019. Milk productiom per cow and per hectare of spring-calving dairy cows grazing swards differing in *Lolium perenne* L. ploidy and *Trifolium repens* L. composition. Journal Dairy Science, 102, 8571-8585.

McDonald P., Henderson A.R. 1962. Buffering capacity of herbage samples as a factor in ensilage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 13, 395-400.

McDonald P., Henderson A.R., Heron S.J.E. 1991. The Biochemistry of Silage. Chalcombe Publications, Marlow Bucks, UK, 2nd ed.

Méchin V., Argillier O., Hébert Y., Guingo E., Moreau L., Charcosset A., Barriere Y. 2001. Genetic analysis and QTL mapping of cell wall digestibility and lignification in silage maize. Crop Science, 41, 690–697.

Meijer K., De Vos P., Priebe M.G. 2010. Butyrate and other shortchain fatty acids as modulators of immunity: what relevance for health? Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care, 13, 715-721.

Merry R.J., Lee M.R.F., Davies D.R., Dewhurst R.J., Moorby J.M., Scollan N.D., Theodorou M.K. 2006. Effects of high-sugar ryegrass silage and mixtures with red clover silage on ruminant digestion. 1. In vitro and in vivo studies of nitrogen utilization. Journal Animal Science, 84, 3049-3060.

Mertens D.R. 1997. Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. Journal of Dairy Science, 80, 7, 1463-1481.

Miciński J., Klupczyński J., Dymnicka M., Łozicki A. 2007. Wpływ rasy i żywienia na wzrost i rozwój buhajków w okresie ich oceny osobniczej. Roczniki Naukowe Polskiego Towarzystwa Zootechnicznego, 3, 2, 59-86.

Mills S., Ross R.P., Hill C..C, Fitzgerald G.F., Stanton C. 2011. Milk intelligence:Mining milk for bioactive substances associated with human health. International Dairy Journal, 21, 377-401.

Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi. 2022. https://www.gov.pl/web/rolnictwo/biuletyny-informacyjne (dostęp: 20.07.2022 r)

Momot M., Nogalski Z., Sobczuk-Szul M., Pogorzelska-Przybyłek P. 2016. Effect of fattening intensity on the fatty acid profile and mineral content of meat from Holstein-Friesian bulls. Journal of Elementology, 21, 4, 1081-1091.

Momotaz A., Forster J.W., Hamada T. 2004. Identyfication of cultivars and accessions of *Lolium, Festuca* and *Festulolium hybrids* through the detection of simple sequence repeat polymorphism. Plant Breeding, 123, 370-376.

Monteiro A.C.G., Santos-Silva J., Bessa R.J.B., Navas D.R., Lemos J.P.C. 2006. Fatty acid composition of intramuscular fat of bulls and steers, Livestock Science, 99, 13– 19.

Moorby J.M., Dewhurst R.T., Evans R.T., Fisher W.J. 2002. Effects of varying the energy and protein supply to dry cows on high forage system. Livestock Production Science, 76, 125-136.

Moorby J.M., Lee M.R.F., Davies D.R., Kim E.J., Nute G.R., Ellis N.M., Scollan N.D. 2009. Assessment of dietary ratios of red clover and grass silages on milk production and milk quality in dairy cows. Journal of Dairy Science, 92, 1148–1160.

Moore J. E., Brant M. H., Kunkle W. E., Hopkins D. I. 1999. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and Animals performance. Animal Science, 77, 122-135.

Morgan W.G., King I.P., Koch S., Harper J.A., Thomas H.M. 2001. Introgression of chromosomes of *Festuca glucescenes* into *Lolium multiflorum* revelad by genomic in situ hibridyzation (GISH). Theorethical and Applied Genetic, 103, 696-701.

Morgan W.G., Thomas H., Lewis E.J. 1988. Cytogenetic studies of hybrids between *Festuca gigantea* Vill. and *Lolium multiflorum* Lam. Plant Breeding, 101, 335-343.

Muck R.E., O'Kiely P., Wilson R.K. 1991. Buffering capacities in permanent pasture grasses. Irish Journal of Agricultural Research, 30, 129-141.

Mulligan F.J., Quirke J., Rath M., Caffrey P.J., O'Mara F.P. 2002. Intake, digestibility, milk production and kinetics of digestion and passage for diets based on maize or grass silage fed to late lactation dairy cows. Livestock Production Science, 74, 113-124.

Nadeau E., Englund J.E., Gustafsson A.H. 2007. Nitrogen efficiency of dairy cows as affected by diet and milk yield. Livestock Science, 111, 45-46.

Nałęcz–Tarwacka T., Grodzki H., Kuczyńska B. 2008. Usefulness of linseeds for the modification of fat fraction components in cow milk. Medycyna Weterynaryjna, 64, 85-87.

Nekrosas S., Kemedyte V. 2007. Breeding of ryegrass and festulolium in Lithuania. Zemdirbyste, Agriculture, 94, 4, 29–39.

Nestel P., Clifton P., Noakes M. 1994. Effects of increasing dietary palmitoleic acid compared with palmitic and oleic acids on plasma lipids of hypercholesterolemic men. Journal of Lipids Research, 35, 656-662.

Nielsen C.K., Stodkilde L., Jorgensen U., Laerke P.E. 2021. Effects of Harvest and Fertilization Frequency on Protein Yield and Extractability From Flood-Tolerant Perennial Grasses Cultivated on a fen Peatland. Frontiers Environmental Science, 9, 619258, 1-18.

Niemelainen O., Kontturi M. 2001. Estimated metabolizable energy yields of perennial and annual grass swards compared with those of spring barley and oat. Agricultural and Food Science in Finland, 10, 335-346.

Noci F., Monahan F.J., French P., Maloney A.P. 2005. The fatty acid composition of muscle fat and subcutaneous adipose tissue of pasture-fed beef heifers; Influence of the duration of grazing. Journal of Animal Science, 83, 1167-1178.

Nogalski Z., Momot M., Pogorzelska-Przybyłek P., Sobczuk-Szul M., Modzelewska-Kapituła M. 2022. Fatty acid profile of intramuscular fat in the Longissimus lumborum and Semimembranosus muscles of bulls fed diets based on Virginia fanpetals, grass and maize silages. Annals of Animal Science, 22, 1, 419–437.

Nogalski Z., Pogorzelska-Przybyłek P., Sobczuk-Szul M., Nogalska A., Modzelewska-Kapituła M., Purwin C. 2018. Carcass characteristics and meat quality of bulls and steers slaughtered at two different ages. Italian Journal of Animal Science, 17, 2, 279-288.

Nogalski Z., Pogorzelska-Przybyłek P., Sobczuk-Szul M.,Purwin C., Modzelewska-Kapituła M. 2018. Effects of rearing system and feeding intensity on the fattening performance and slaughter value of young crossbred bulls. Annals of Animal Science, 18, 3, 835–847.

Nogalski Z., Wielgosz-Groth Z., Purwin C., Sobczuk-Szul M., Mochol M., Pogorzelska-Przybyłek P., Winarski R. 2014. Effect of slaughter weight on the carcass value of young crossbred ('Polish Holstein Friesian' x 'Limousin') steers and bulls. Chilean Journal of Agricultural Research, 74, 1, 59-66.

O'Mara F.P., Fitzgerald J.J., Murphy J.J., Ratch M. 1998. The effect on milk production of replacing grass silage with maize silage in the diet of dairy cows. Livestock Production Science, 55, 79-87.

Obratzsov V.N., Kadyrov S.V., Shchedrina D.J. 2022. Festulolium plant yield, nutritive and Energy value depending on its variety. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 1043, International Scientific and Practical Conference "Environmental Problems of Food Security" 21/02/2022 - 22/02/2022 Voronezh, Russia.

Oertel C., Matzk F. 1999. Introgression of crown rust resistance from *Festuca* spp. into *Lolium multiflorum*. Plant Breeding, 118, 491-496.

Olszewska M., Kobyliński A. 2016. Leaf greenness and yield of grass mixtures containing Medicago media Pers. with varied propor-tions of mixture components. Romanian Agricultural Research, 33, 145–152.

Oprządek J., Oprządek A. 2003. Modifications of fatty acids composition in ruminants. Medycyna Weterynaryjna, 59: 492–495. 1. Enser M., 2001. The role of fats in human nutrition. In B. Rossell (ed.), Oils and fats, Vol. 2. Animal carcass fats, Leatherhead, Surrey, UK: Leatherhead Publishing, pp. 77-122.

Oshima M., Fuse H. 1981. Citric acid concentration in subclinical mastitic milk. Journal of Dairy Research, 48, 3, 387-92.

Ostrem L., Volden B., Larsen A. 2013. Morphology, dry matter yield and phenological characters at different maturity stages of ×*Festulolium* compared with other grass species. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science, 63, 6, 531-542.

Ostrem L., Voldent B., Steinshamn H., Vodens H., 2014. Festulolium fibre characteristics and digestibility as affected by maturity. Grass and Forage Science, 70, 341-352.

Padre R.G., Aricetti J.A., Moreira F.B., Mizubuti I.Y., Do Prado I.N., Visentainer J.V., De Souza N.E., Matsushita M. 2006. Fatty acid profile, and chemical composition of *Longissimus muscle* of bovine steers and bulls finished in pasture system. Meat Science, 74, 242–248.

Pang D., Huhtanen P., Krizsan S.J. 2016. Effect of grass silages from regrowth on dairy cow performance. Proceedings of the 7th Nordic Feed Science Conference, Northem, Sweden, 97-101.

Papamandjaris A., MacDougall D., Jones P. 1998. Mediumchainfatty acid metabolism and energy expenditure: obesity treatment implications. Life Science, 62, 1203-1215.

Patel M., Wredle E, Bertilsson J. 2013. Effect of dietary proportion of grass silage on milk fat with emphasis on odd- and branched-chain fatty acids in dairy cows. Journal of Dairy Science, 96, 390–397.

Peoples A.C., Gordon F.J. 1989. The influence of wilting and season of silage harvest and the fat and protein concentration of the supplement on milk production and food utilization by lactacing cattle. Animal Science, 48, 305-317.

Pereira P.M., Vincente A.F. 2013. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. Meat Science, 93, 586-592.

Phillips C.J.C., Leaver J.D. 1985. Supplementary feeding of forage to grazing dairy cows. 2. Offering grass silage in early and late season. Grass and Forage Science, 40, 193-199.

Pietrzak-Fiećko R., Kacprzak S. 2012. Skład kwasów tłuszczowych tłuszczu mleka krowiego pochodzącego z małych, indywidualnych gospodarstw z regionu Warmii i Mazur. Nauki Inżynierskie i Technologie, 2, 5, 60-67.

PN-EN 15505. 2009. Food products. Determination of trace elements. Determination of sodium and magnesium content by flame atomic absorption spectrometry (AAS) after microwave mineralization. Polish Committee for Standardization, Warszawa, Polska.

PN-EN ISO 5508. 1996. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce – Analiza estrów metylowych kwasów tłuszczowych metodą chromatografii gazowej. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, Polska.

PN-EN ISO 5509. 2001. Oleje i tłuszcze roślinne oraz zwierzęce – Przygotowanie estrów metylowych kwasów tłuszczowych. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, Polska.

PN-ISO 1444. 2000. Mięso i przetwory mięsne – Oznaczanie zawartości tłuszczu wolnego. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, Polska.

Pociecha E., Płażek A. 2010. Cold acclimation of forage grasses in relation to pink snow mould (*Microdochium nivale*) resistance. Acta Phisiologiae Plantarum, 32, 37–43.

Pogorzelska-Przybyłek P., Nogalski Z., Sobczuk-Szul M., Purwin C., Momot M. 2018. Carcass characteristics of grass-fed crossbred bulls and steers slaughtered at two different ages. Canadian Journal of Animal Science, 98, 2, 376-385.

Polska Federacja Hodowców Bydła i Producentów Mleka. Ocena i hodowla bydła mlecznego za rok 2019 – Region Oceny Parzniew.

https://pfhb.pl/fileadmin/user_upload/OCENA/publikacje/publikacje_2020/PFHBiPM_RO_Parzniew_2020_sm.pdf (dostęp: 22.11.2022)

Ponnampalam E.N., Jacobs J.L., Hopkins D.L. 2018. Increasing omega-3 levels in ruminants under pasture-based systems. Scientific and Technical Review, 37, 57–70.

Purwin C. 2007. Jakość kiszonek z traw i mieszanek traw z roślinami motylkowatymi produkowanych prasami zwijającymi. Rozprawy i Monografie - Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn, Polska.

Purwin C., Fijałkowska M., Pysera B., Lipiński K., Sienkiewicz S., Piwczyński D., Puzio N. 2014. Nitrogen frakctions and amino acid content in alfalfa and red clover immediately after cutting and after wilting in the field. Journal Elementology, 723-734.

Purwin C., Łaniewska-Trokenheim Ł., Warmińska-Radyko I., Tywończ uk J. 2006. The quality of silage – Microbiological, health and production aspects. Medycyna Weterynaryjna, 62, 86.

Purwin C., Nogalski Z., Starczewski M., Czurgiel S., Fijałkowska M., Momot M., Borsuk M. 2020. Efects of Dietary Substitution of Alfalfa Silage with Virginia Fanpetals Silage in Lactating Polish Holstein Fresian Dairy Cows. Animals, 10, 1746.

Purwin C., Pysera B., Tokarczyk M., Sederevicius A., Savickis S., Traidaraite A. 2009. Production results of dairy cows fed grass and alfalfa silage with a different degree of wilting. Veterinarija Ir Zootechnika, 46, 68, 60-66.

Raffrenato E., Fievisohn R., Cotanch K.W., Grant R.J., Chase L.E., Van Amburgh M.E., 2017. Effect of lignin linkages with other plant cell wall components on *in vitro* and *in vivo* neutral detergent fiber digestibility and rate of digestion of grass forages. Journal Dairy Science, 100, 8119-8131.

Raffrenato E., Fievisohn R., Cotanch K.W., Grant R.J., Chase L.E., Van Amburgh M.E. 2017. Effect of lignin linkages with other plant cell wall components on *in vitro* and *in vivo* neutral detergent fiber digestibility and rate of digestion of grass forages. Journal Dairy Science, 100, 8119-8131.

Randby A.T. 2001. Beef from forage: the potential of high quality grass silage. Production and Utilisation of Silage, with Emphasis on New Techniques. Nordic Association of Agricultural Scientists. Seminar 326 at Lillehammer, Norway, 27–28 September, 46-51.

Randby A.T., Aass L., Haug A. 2021. Fatty acid profile and intramuscular fat concentration of Musculus longissimus thoracis in bulls fed grass silage harvested at one of three maturity stages, either with or without concentrate supplementation. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A—Animal Science, 70, 2, 78–90.

Randby A.T., Norgaard P., Weisbjerg M.R. 2010. Effect of increasing plant maturity in timothy-determined grass silage on the performance of growing/finishing Norwegian Red bulls. Grass Forage Science, 65, 273-28.

Rego O.A.. Regalo S.M.M., Rosa H.J.D., Alves S.P., Borba A.E.S., Bessa R.J.B., Cabrita A.R.J., Fonseca A.J.M. 2007. Effects of Grass Silage and Soybean Meal Supplementation on Milk Production and Milk Fatty Acid Profiles of Grazing Dairy Cows. Journal of Dairy Science, 91, 7, 2736-2743.

Reid R.L., Strachan N.H. 1974. The effects of a wide range of nitrogen rates on some chemical constituents of the herbage from perennial ryegrass swards with and without white clover. The Journal of Agricultural Science, Cambridge, 83, 393–401.

Revello-Chion A., Tabacco E., Battelli G., Righi F., Quarantelli A., Giaccone D., Borreani G. 2012. Effects of fresh forage inclusion in diet of high performance dairy cows on milk production and composition. Grassland Science in Europe, 17, 405-407.

Rezaei J., Rouzbehan Y., Zahedifar M., Fazaeli, H. 2015. Effects of dietary substitution of maize silage by amaranth silage on feed intake, digestibility, microbial nitrogen, blood parameters, milk production and nitrogen retention in lactating Holstein cows. Animal Feed Science and Technology, 202, 32-41.

Richardt W., Steinhöfel O. 2008. Change of feed value during the process of ensilage, with main focus of fiber, protein quality and carotin. Proceedings of the 13th International Conference, 3-5 September, 2008, 40-43.

Rinne M., Nykanen A. 2000. Timing of primary growth harvest affects the yield and nutritive value of Timothy-red clover mixtures. Agricultural and Food Science in Finland, 9, 121-134.

Rocznik Statystyczny Rolnictwa. 2011. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.

Rocznik Statystyczny Rolnictwa. 2012. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.

Rocznik Statystyczny Rolnictwa. 2019. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.

Rozporządzenie Rady (WE) NR 1/2005 z dnia 22 grudnia 2004 r. w sprawie ochrony zwierząt podczas transportu i związanych z tym działań oraz zmieniające dyrektywy 64/432/EWG i 93/119/WE oraz rozporządzenie (WE) nr 1255/97.

Rozporządzenie Rady (WE) nr 1099/2009 z dnia 24 września 2009 r. w sprawie ochrony zwierząt podczas ich uśmiercania.

Rutkowska E., Tambor K., Rutkowska J., Stołyhwo A. 2015. Charakterystyka prozdrowotnych kwasów tłuszczowych tłuszczu mlecznego. Problemy Higieny i Epidemiologii, 96, 2, 377-386.

Rzeźnik A., Goliński P. 2013. Osiągnięcia w hodowli mieszańców x *Festulolium*. Grassland Science in Poland, 16, 79-98.

Salama H., Losche M., Herrmann A., Gierus M., Loges R., Feuerstein U., Ingwersen B., Stelling D., Luesink W., Taube F. 2012. Limited genotype- and ploidy-related variation in the nutritive value of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). Acta Agriculture Scandinavica Section B – Soil & Plant Science, 62, 23-34.

Salter A.M. 2013. Dietary fatty acids and cardiovascular disease. Animal, 7, 163–171.

Sami A.S., Augustini C., Schwarz F.J. 2004. Effects of feeding intensity and time on feed on performance, carcass characteristics and meat quality of simental bulls. Meat Science, 67, 195-201.

Samková E., Pešek M., Špička J., Pelikánová T., Hanuš O. 2009. The effect of feeding diets markedly differing in the proportion of grass and maize silages onnbovine milk fat composition. Czech Journal of Animal Science, 54, 93–100.

Samková E., Špička J., Pešek M., Pelikánová T., Hanuš O. 2012. Animal factors affecting fatty acid composition of cow milk fat: A review. South African Journal of Animal Science, 42, 83-100.

Sato H., Kurosawa T., Oikawa S., Endo S., Sudo S., Suzuki H. 1998. Milk Citric Acid Levels and its Relations to Other Milk Constituents in Dairy Cows. Nihon Chikusan Gakkaiho, 69, 4, 381-386.

Schwab C.G., Tylutki T.P., Ordway R.S., Sheaffer C., Stern M.D. 2003. Characterization of proteins in feeds. Journal of Dairy Science, 86, 88-103.

Scollan N., Hocquette J.F., Nuernberg K., Dannenberger D., Richardson I., Moloney A. 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. Meat Science, 74, 1, 17-33.

Scollan N.D., Dannenberger D., Nuernberg K., Richardson I., Mac KintoshS., Hocquette J.F., Moloney A.P. 2014. Enhancing the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. Meat Science, 97, 384–394.

Shingfield K.J., Salo-Vaananen P., Pahkala E., Toivonen V., Jaakkola S., Piironen V., Huhtanen P., 2005. Effect of forage conservation method, concentrate level and propylene glycol on the fatty acid composition and vitamin content in cows milk. Journal of Dairy Research, 72, 349-361.

Siegel G., Ermilov E. 2012. Omega-3 fatty acids: Benefits for cardio-cerebro-vascular diseases. Atherosclerosis, 225, 2, 291–95.

Simopoulos A. 2008 The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. Experimental Biology and Medicine, 233, 674–88.

Siri - Tarino P.W., Sun Q., Hu F.B., Krauss R.M. 2010. Meta-analysis of prospective cohort studies evaluating the association of saturated fat with cardiovascular disease. American Journal of Clinical Nutrition, 91, 535–546.

Slottner D. 2002. Effect of ensiling a crop in big bales or small scale silos. XIIIth International Silage Conference, Auchincruive, Scotland, 142-143.

Slottner D., Bertilsson J. 2006. Effect of ensiling on protein degradation during ensilage. Animal Feed Science and Technology, 127, 101-111.

Sniffen C.J., O`Connor J.D., Van Soest P.J., Fox D.G., Russel J.B. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. Journal of Animal Science, 70, 3562-3577.

Solati Z., Manevski K., Jorgensen U., Labouriau R., Shahbazi S., Laerke P.E. 2018. Crude protein yield and theoretical extractable true protein of potential biorefinery feedstocks. Industrial Crops and Products, 115, 214-226.

Sosnowski J. 2011. Wartość paszowa mieszanek *Festulolium braunii* z koniczyną łąkową i lucerną mieszańcową zasilanych użyźniaczem glebowym. Łąkarstwo w Polsce, 14, 127–135.

Sosnowski J. 2012. Wpływ użyźniacza glebowego stosowanego w uprawie *Lolium perenne* L., *Dactylis glomerata*, L. i *Festuca pratensis* huds. na względną wartość pokarmową (RFV) paszy. Fragmenta Agronomica, 29, 3, 136-143.

Sosnowski J., Jankowski K. 2010. Wpływ użyźniacza glebowego na skład florystyczny i plonowanie mieszanek kostrzycy Brauna z koniczyną łąkowa i lucerną mieszańcową. Łąkarstwo w Polsce, 13, 157–166.

Sosnowski J., Matsyura A., Jankowski K., Przytuła M. 2017. Cell wall fractions in the biomas of *Dactylis glomerata* and *Festuca pratensis*. Ukrainian Journal of Ecology, 7, 1, 66-70.

Staniak M. 2016. The impact of drought stress on the yields and food value of selected forage grasses. Acta Agrobotanica, 69, 1663–1675.

Staniak M. 2019. Changes in yield and nutritive value of red clover (*Trifolium pratense* L.) and Festulolium (*Festulolium braunii* (K. Richt) A. Camus) under drought stress. Agricultural, Food Science, 28, 27–34.

Staniak M., Harasim E. 2018. Changes in nutritive value of alfalfa (*Medicago* × varia T. Martyn) and Festulolium (*Festulolium braunii*) (K. Richt., A. Camus) under drought stress. Journal of Agronomy and Crop Science, 204, 456–466.

Steen R.W.J., Gordon F.J., Dawson L.E.R., Park R.S., Mayne C.S., Agnew R.E., Kilpatrick D.J., Porter M.G. 1998. Factors affecting the intake of grass silage by cattle and prediction of silage intake. Animal Science, 66, 115-127.

Steen R.W.J., Kilpatrick D.J., 2000. The effects of the ratio of grass silage to concentrates in the diet and restricted dry matter intake on the performance and carcass composition of beef cattle. Livestock Production Science, 62, 181-192.

Steen R.W.J., Kilpatrick D.J., Porter M.G. 2002. Effects of the proportions of high or medium digestibility grass silage and concentrates in the diet of beef cattle on live weight gain, carcass composition and fatty acid composition of muscle. Grass and Forage Science, 57, 279-291.

Stepanova G.V., Volovik M.V. 2021. Dependence of the buffer capacity on the hemical composition of dry matter of alfalfa. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 901, Second All-Russian conference with international participation "Economic and Phytosanitary Rationale for the Introduction of Feed Plants" First session 17-20 June 2021, Second session 22-23 July 2021, in Russia, Moscow Oblast, Bol'shie Vyazemy.

Sulinowski S. 1967. Interspecific and intergenic hybrids in grasses of *Festuca* and *Lolium* genera. Genetica Polonica, 8, 17-30.

Tamminga S. 2001. Effects of feeds, feed composition and feed strategy on fat content and fatty acid composition in milk. Bulletin of the International Dairy Federation, 366, 15-24.

Tas M.B., Taweel H.Z., Smit H.J., Elgersma A., Dijkstra J., Tamminga S. 2005. Effects of perennial ryegrass cultivars on intake, digestibility, and milk yield in dairy cows. Journal of Dairy Science, 88, 3240-3248.

Thénard V., Dumont R., Grosse M., Trommenschlager J.M., Fiorelli J.L. Roux M. 2006. Grass steer production system to improve carcass and meat quality . Livestock Science, 105, 185-197.

Therkildsen M., Vestergaard M., Jensen L.R., Andersen H.R., Sejrsen K. 1998. Effects of feeding level, grazing and finishing on growth and carcass quality of young Friesian bulls. Acta Agriculture Scandinavica Section A, 48, 193-201.

Thomas A.T. 1977. An automated procedure for the determination of soluble carbohydrates in herbage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 28, 639-642.

Thomas H., Evans C., Thomas H.M., Humphreys M.W., Morgan G., Hauck B., Donnison I. 1997. Introgression, tagging and expression of leaf senescence gene of *Festulolim*. New Phytologist, 137, 29-34.

Thomas H., Humphreys M. 1991. Progress and potential of interspecific hybrids of *Lolium* and *Festuca*. Journal of Agricultural Science Cambridge, 117, 1-8.

Thomas H.M., Morgan W.G., Meredith M.R., Humphreys M.W., Thomas H., Leggett J.M. 1994. Identyfication of parental and recombined chromosomes in hybrid derivaties of *Lolium multiflorum x Festuca pratensis* by genomic in situ hybridization. Theoretical and Applied Genetic, 88, 909-913.

Touno E., Kushibiki S., Shingu H., Shinoda M., Oshibe A., Oda S., Saiga S. 2011. Evaluation of festulolium (×*Festulolium braunii*)'Paulita' haylage in dairy cows: Nutritive value, dry matter intake, animal performance and rumen degradability. Grassland Science, 57, 51–57.

Touno E., Shingu H., Kushibiki S., Shinoda M., Oshibe A., Saiga S. 2006. Changes in feeding characteristics of the first crop with advancing growth in festulolium (x *Festulolium braunii*) cultivars. Japanese Journal of Grassland Science, 52, 176–182.

Tracy B.F., Albrecht K., Flores J., Hall M., Islam A., Jones G., Lamp W., MacAdam J.W., Skinner H., Teutsch C. 2016. Evaluation of alfalfa-tall fescue mixtures across multiple environments. Crop Science, 56, 4, 2026-2034.

Ulbricht T., Southgate D. 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. Lancet, 388, 985-92.

Valk H., Kappers I.E., Tamminga S. 1996. *In sacco* degradation characteristics of organic matter, neutral detergent fibre and crude protein of fresh grass fertilized with different amounts of nitrogen. Animal Feed Science and Technology, 63, 63–87.

Valk H., Leusink-Kappers I.E., van Vuuren A.M. 2000. Effect of reducing nitrogen fertilizer on grassland on grass intake, digestibility and milk production of dairy cows. Livestock Production Science, 63, 27-38.

Van den Pol-van Dasselaar A. 2012. Innovations in grazing. Grassland Science in Europe, 17, 201-203.

Van Dorland H.A., Kreuzer M., Leuenberger H., Wettstein H.-R. 2008. Comparative potential of white and red clover to modify the milk fatty acid profile of cows fed ryegrass-based diets from zero-grazing and silage systems. Journal of the Science of Food and Agriculture, 88, 77–85.

Van Ranst G., Fievez V., De Riek J., Van Bockstaele E. 2009. Influence on ensiling forage at different dry matters and silage additives on lipid metabolism and fatty acid composition. Animal Feed Science and Technology, 150, 62-74.

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. Journal of Dairy Science, 74, 3583-3597.

Vanhatalo A., Kuoppala K., Toivonen V., Shingfield K.J. 2007. Effects of forage species and stage of maturity on bovine milk fatty acid composition. European Journal of Lipid Science and Technology, 109, 856-867.

Verdier I., Coulon J.B., Pradel P., Berdague J.L., 1995. Effects of forage type and cow breed on the characteristics of matured Saint-Nectaire cheeses. Lait, 75, 523-533.

Vestergaard M., Therkildsen M., Henckel P., Jensen L.R., Andersen H.R., Sejrsen K. 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fermentation and meat tenderness. Meat Science, 54, 187-195.

Vetharaniam I., Kelly W.J., Attwood G.T., Harris P.J. 2014. A 3-D model of a perennial ryegrass primary cell wall and its enzymatic degradation. Computation, 2, 23–46.

von Schacky C., Angerer P., Kothny W., Theisen K., Mudra H. 1999. The effect of dietary omega-3 fatty acids on coronary atherosclerosis. A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. Annals of Internal Medicine, 130, 554-562.

Wacker G., Netzband K., Kaltofen H. 1984. Neue Futtergeaser. Archiv fur Acker und Pflanzenbau und Bodenkunde, 28, 429-433.

Warren H.E., Scollan N.D., Hallett K., Enser M., Richardson R.I., Nute G.R., Wood J.D. 2002. The effects of breed and diet on the lipid composition and quality of bovine

muscle. Proceedins of the 48th Congress of Meat Science and Technology, 1, 370-371.

Warren H.E., Scollan N.D., Nute G.R., Hughes S.I., Wood J.D., Richardson R.I. 2008. Effects of breed and a concen-trate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3ages. II: meat stability andflavour. Meat Science, 78, 270–278

Weinberg Z.G., Ashbell G. 2003. Enginering aspects of ensiling. Biochemical Engineering Journal, 13, 181-188.

Weissbach F., Auerbach H. 2013. Hay-crop silages and the problem of fermentation quality. International Dairy Topics, 12, 2, 11–15.

Weissbach F., Honig H. 1992. Ein neuer Schlüssel zur Beurteilung der Gärfutterqualität von Silagen auf der Basis der chemischen Analyse. In Proceedings of the Kongressband, 104. VDLUFA-Kongress, Göttingen, Germany, 14–19 September 1992, pp. 489–493.

Wijesundera C., Shen Z.P., Wales W.J., Dalley D.E. 2003. Effect of cereal grain and fibre supplements on the fatty acid composition on milk fat of grazing dairy cows in early lactation. Journal of Dairy Research, 70, 257-265.

Wilkins P.W., Humphreys M.O. 2003. Progress in breeding perennial forage grasses for temperate agriculture. The Journal of Agricultural Science, 140, 129–150.

Williams C. 2000. Dietary fatty acids and human health. Annales Zootechnica, 49, 165-180.

Williams P. 2011. Red Meat Targets: Production of 1000 kgs beef live-weight per hectare on a whole farm basis. Final report. Meat & Livestock Australia Limited Locked Bag 991, North Sydney NSW, 2059.

Williamson C.S., Foster R.K., Stanner S.A., Buttriss J.L. 2005. Red meat in the diet. Journal of Nutrition Bulletin, 30, 323-355.

Wilman D., Wright P.T. 1978. The proportions of cell content, nitrogen, nitrate–nitrogen and water-soluble carbohydrates of three grasses in early stages of regrowth after defoliation with and without applied nitrogen. The Journal of Agricultural Science, Cambridge, 91, 381–394.

Winters A.L., Lloyd J.D., Jones R., Merry R.J. 2002. Evaluation of a rapid method for estimating free amino acids in silages. Animal Feed Science and Technology, 99, 177–187.

Wiśniewska-Kadżajan B., Jankowski K. 2020a. Effects of the interaction between slurry, soil conditioners, and mineral NPK fertilizers˙on selected nutritional parameters of *Festulolium braunii* (K. Richt.) A. Camus. Agronomy Research, 18, 1573–1583.

Wiśniewska-Kadżajan B., Jankowski K. 2020b. Effects of interaction between slurly, soil coditioners and mineral fertilizers on the content of fibre fractions in *Lolium multiflorum* (Lam). Journal of Ecological Engineering, 21, 4, 160-167.

Wood J.D., Enser M., Fisher A.V., Nute G.R., Heard P.R., Richardson R.I., Hughes S.I., Whittington F.M. 2007. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. Meat Science, 78, 343-358.

Wood J.D., Enser M., Fisher A.V., Nute G.R., Sheard P.R., Richardson R.I., Hughes S.I., Whittington F.M. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. Meat Science, 78, 4, 343-358.

Wood J.D., Richardson G.R., Nute A.V., Fischer M.M., Campo E., Kasapidou P.R., Sheard P.R., Enser M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. Meat Science, 66, 21-32.

Woods V.B., Fearon A.M. 2009. Dietary sources of un-saturated fatty acids for animals and their transfer in meat, milk and eggs: A review. Livestock Science, 126, 1-20.

Wright J.A., Russel A.J.F. 1991. Changes in the body composition of beef cattle during compensatory growth. Animal Production, 52, 1, 105-113.

Yonemaru J., Kubota A., Ueyama Y. 2004. Individual variation and selection effectiveness on regrowth after summer of the *Festulolium* cultivars in cold climates. Japanese Journal of Grassland Science, 50, 415–420.

Young L.R., Kurzer M.S., Thomas W., Redmon J.B., Raatz S.K. 2013. Low-fat diet with omega-3 fatty acids increases plasma insulin–like growth factor concentration in healthy postmenopausal women. Nutrition Research, 33(7), 565-571.

Zastawny J. 2001. Zakiszanie trzeciego pokosu z łąk. Agrochemia, 8, 18-21.

Zilakova J., Knotek S. 1998. Zdolność do zakiszania i jakość kiszonek w runi trwałych, podsiewanych i przemiennych użytków zielonych. Łąkarstwo w Polsce, 1, 213-220.

Zwierzykowksi Z., Jokś W., Naganowska B. 1993. Mieszańce amfitetraploidalne *Festuca pratensis* Huds. x *Lolium multiflorum* Lam. {= *x Festulolium braunii*} (K. Richter) A. Camus). Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 188, 61-69.

Zwierzykowski Z., 1987. Interspecific and intergeneric hybridization in the *Lolium-Festuca* complex. Proceeding of International Conference Hladke Zivotice, Czechoslovakia, 29-38.

Zwierzykowski Z., Naganowska B. 1994. Wykorzystanie mieszańców kompleksu *Lolium-Festuca* w hodowli. Genetica Polonica, 35A, 11-17.

Zwierzykowski Z., Rybczyński J. 1976. Międzyrodzajowy mieszaniec *Lolium multiflorum* Lam. (2n = 28) x *Festuca pratensis* Huds. (2n = 28). Ogólnopolskie Seminarium „Problemy genetyki i hodowli traw" Zakład Genetyki Roślin PAN, Poznań, 84-89.

Zwierzykowski Z., Tayyar R., Brunell M., Lukaszewski A.J. 1998. Genome recombination in intergenic hybrids between tetraploid *Festuca pratensis* and *Lolium multiflorum*. Journal of Hederity, 89, 324-328.

Zwierzykowski Z., Zwierzykowska E., Kosmala A., Łuczak M., Jokś W. 2003. Genome recombination in early generations of *Festuca pratensis x Lolium perenne* hybrids. W: Application of novel cytogenetic and molecular techniques in genetics and plant breeding of grasses. (ed. Z. Zwierzykowski, M. Surma., P. Kachlicki). Institute of Plant Genetics PAS, Poznań, 63-69.

Żegarska Z., Jaworski J., Borejszo Z. 1991. Ocena zmodyfikowanej metody Peiskera otrzymywania estrów metylowych kwasów tłuszczowych. Acta Academiae Agriculturae ac Technicae Olstenensis. Technologia Żywności, 24, 25–33.

10. TABELE

Tabela 5. Skład chemiczny, przydatność do zakiszania i wartość pokarmowa zielonek doświadczalnych.

Wyszczególnienie	**Życica mieszańcowa odm. Gala**	***Festulolium***			**SEM**	**P**
		odm. Felopa	**odm. Perun**	**odm. Lofa**		
Sucha masa, g·kg^{-1} świeżej masy	208,7	223,8	228,3	238,4	7,23	ns
Skład chemiczny, g·kg^{-1} SM						
Substancja organiczna	923,4^{a}	913,4^{b}	923,0^{a}	917,2	1,52	≤0,05
Popiół surowy	76,6^{b}	86,6^{a}	77,0^{b}	82,8	1,52	≤0,05
Białko ogólne	175,7^{B}	195,7^{A}	175,4^{B}	206,3^{A}	3,88	≤0,01
Tłuszcz surowy	21,7^{Bb}	26,1^{A}	24,3^{a}	21,9^{Bb}	0,47	≤0,05
Włókno surowe	250,6^{b}	237,3^{B}	232,6^{B}	276,0^{Aa}	4,15	≤0,01
NDF	571,8^{a}	526,7^{b}	538,2	576,7^{a}	7,76	≤0,05
ADF	318,0	299,0	297,4	314,0	3,83	ns
ADL	17,2^{B}	16,2^{B}	15,7^{B}	26,5^{A}	1,06	≤0,01
Przydatność do zakiszania						
WSC	120,1^{a}	101,0	116,2^{a}	71,3^{b}	7,71	≤0,05
Pojemność buforowa, g kw. ml.·kg^{-1} SM	44,6^{a}	44,5^{Aa}	43,4^{a}	35,6^{Bb}	1,21	≤0,01
FC	41,5	39,7	43,5	39,7	1,64	ns
Wartość pokarmowa						
JPM	0,87^{B}	0,97^{A}	0,98^{A}	0,96^{A}	0,01	≤0,01
JPŻ	0,82^{B}	0,94^{A}	0,95^{A}	0,91^{A}	0,01	≤0,01
BTJN, g	117	111	110	119	1,51	ns
BTJE, g	99	106	99	103	1,93	ns

SM-sucha masa; NDF-włókno neutalno detergentowe; ADF-włókno kwaśno detergentowe; ADL-kwaśna lignina; WSC-cukry rozpuszczalne w wodzie; Pojemność buforowa- g kwasu mlekowego·kg^{-1} suchej masy; FC-współczynnik fermentacji wg Weissbach i Auerbach (2013), FC=SM(%) + 8·WSC/BC; JPM-jednostka paszowa produkcji mleka; JPŻ-jednostka paszowa produkcji żywca; BTJN-białko rzeczywiście trawione w jelicie cienkim zależne od podaży azotu; BTJE-białko rzeczywiście trawione w jelicie cienkim zależne od podaży energii; SEM-błąd standardowy średniej; a,b-różnice statystycznie istotne ($p \leq 0,05$); A,B-różnice statystycznie wysoko istotne ($p \leq 0,01$); ns-nie stwierdzono;

Tabela 6. Plon suchej masy, białka ogólnego i energii netto zielonek doświadczalnych w przeliczeniu z 1 ha·rok^{-1}.

Wyszczególnienie	Życica mieszańcowa	*Festulolium*			SEM	P
	odm. Gala	odm. Felopa	odm. Perun	odm. Lofa		
Plon suchej masy, kg·ha^{-1}	14 729^{C}	17 023^{B}	18 577^{A}	14 529^{C}	512,04	≤0,01
Plon białka ogólnego, kg·ha^{-1}	2 975^{Ba}	3 384^{A}	3 390^{A}	2 676^{Bb}	95,41	≤0,01
Plon energia netto, JPŻ·ha^{-1}	13 600^{C}	15 717^{B}	17 090^{A}	13 318^{C}	473,69	≤0,01

JPŻ-jednostka paszowa produkcji żywca; SEM-błąd standardowy średniej; a,b-różnice statystycznie istotne (p≤0,05); A,B-różnice statystycznie wysoko istotne (p≤0,01); ns-nie stwierdzono;

Tabela 7. Skład chemiczny, produkty fermentacji i wartość pokarmowa kiszonek doświadczalnych.

Wyszczególnienie	**Życica mieszańcowa**	***Festulolium***			**SEM**	**P**
	odm. Gala	**odm. Felopa**	**odm. Perun**	**odm. Lofa**		
Sucha masa, g·kg^{-1} świeżej masy	379,5	405,1	417,1	360,7	10,01	ns
Skład chemiczny, g·kg^{-1} SM						
Substancja organiczna	906,5	914,8	918,8	902,7	2,29	ns
Popiół surowy	93,5	85,2	81,2	97,3	2,29	ns
Białko surowe	194,3	200,0	182,3	184,6	3,14	ns
Tłuszcz surowy	31,0	34,6^{a}	28,1^{b}	30,0	1,19	≤0,05
Włókno surowe	252,1^{a}	275,5^{a}	287,6^{a}	198,8^{b}	9,52	≤0,05
NDF	531,4	558,2	549,4	542,9	9,76	ns
ADF	313,3	290,1	332,9	345,5	9,80	ns
ADL	23,4	19,9	27,3	25,8	2,05	ns
L/NDF, %	4,4	3,6	4,9	4,7	1,15	ns
WSC	49,8^{A}	42,5^{B}	2,90^{D}	13,7^{C}	2,53	≤0,01
Produkty fermentacji, g·kg^{-1} SM						
pH	4,54	4,63	4,40^{b}	4,70^{a}	0,042	≤0,05
Kwas mlekowy	97,8^{a}	96,5^{a}	83,3	74,6^{b}	13,73	≤0,05
Kwas octowy	16,25^{a}	10,95^{b}	11,85^{b}	15,86^{a}	0,56	≤0,05
Kwas masłowy	1,35	1,62	1,06	0,10	0,36	ns
LKT	20,50^{a}	15,31^{b}	14,93^{b}	17,25	1,23	≤0,05
N-NH_3, g·kg^{-1} $N_{ogólny}$	38,6	34,7	30,6	34,8	1,65	ns
Wartość pokarmowa						
JPM	0,78^{B}	0,90^{A}	0,90^{A}	0,90^{A}	0,01	≤0,01
JPŻ	0,65^{B}	0,84^{A}	0,84^{A}	0,84^{A}	0,01	≤0,01
BTJN, g	115	118	111	111	1,61	ns
BTJE, g	68	82	82	82	0,92	ns
Ocena jakość kiszonek wg DLG, pkt	95	95	100	90	-	-

	bdb	bdb	bdb	db	-	-

SM-sucha masa; NDF-włókno neutalno detergentowe; ADF-włókno kwaśno detergentowe; ADL-kwaśna lignina; L/NDF-stosunek ligniny do NDF; WSC-cukry rozpuszczalne w wodzie; LKT-suma lotnych kwasów tłuszczowych, tj. kwasu octowego, propionowego, izomasłowego, masłowego, walerianowego i izowalerianowego; N-NH_3-azot amoniakalny; JPM-jednostka paszowa produkcji mleka; JPŻ-jednostka paszowa produkcji żywca; BTJN-białko rzeczywiście trawione w jelicie cienkim zależne od podaży azotu; BTJE-białko rzeczywiście trawione w jelicie cienkim zależne od podaży energii; bdb-ocena bardzo dobra; db-ocena dobra; SEM-błąd standardowy średniej; a,b-różnice statystycznie istotne ($p \leq 0,05$); A,B-różnice statystycznie wysoko istotne ($p \leq 0,01$); ns-nie stwierdzono;

Tabela 8. Zawartość białka właściwego i skład frakcji białkowych w kiszonkach doświadczalnych (g·kg^{-1} białka ogólnego) według Cornel Net Protein and Carbohydrate System.

Wyszczególnienie	Życica mieszańcowa odm. Gala	*Festulolium*			SEM	P
		odm. Felopa	odm. Perun	odm. Lofa		
Białko właściwe	609,3^{a}	536,3^{b}	519,6^{b}	576,1	11,70	≤0,05
Frakcja A	390,9^{Bb}	463,7^{Ab}	480,4^{A}	423,8^{Ba}	9,76	≤0,01
Frakcja B1	49,1^{B}	88,8^{Aa}	90,4^{Aa}	65,9^{b}	5,48	≤0,01
Frakcja B2	384,1	344,2	336,5	344,6	8,07	ns
Frakcja B3	176,1^{a}	103,3	92,7^{b}	165,6^{a}	14,15	≤0,05
Frakcja C	62,9	60,4	59,2^{b}	75,2^{a}	2,32	≤0,05

Frakcja A-związki azotowe niebiałkowe; Frakcja B1-białko rozpuszczalne w buforze; Frakcja B2-białko rozpuszczalne w neutralnym detergencie a nierozpuszczalne w buforze; Frakcja B3-białko rozpuszczalne w kwaśnym detergencie a nierozpuszczalne w neutralnym detergencie; Frakcja C-białko nierozpuszczalne w kwaśnym detergencie; SEM-błąd standardowy średniej; a,b-różnice statystycznie istotne (p≤0,05); A,B-różnice statystycznie wysoko istotne (p≤0,01); ns-nie stwierdzono;

Tabela 9. Skład kwasów tłuszczowych w kiszonkach doświadczalnych (g·100g^{-1} sumy kwasów tłuszczowych).

Wyszczególnienie	Życica mieszańcowa odm. Gala	*Festulolium*			SEM	P
		odm. Felopa	odm. Perun	odm. Lofa		
kwas laurynowy C12:0	1,310	1,315	2,370	1,245	0,261	ns
kwas laurolenowy C12:1	0,625	0,505	0,475	0,505	0,039	ns
kwas mirystynowy C14:0	1,415	1,240	2,445	1,265	0,290	ns
kwas mirystooleinowy C14:1	$0{,}565^{Ab}$	$0{,}000^{B}$	$0{,}140^{a}$	$0{,}190^{a}$	0,072	≤0,01
kwas pentadekanowy C15:0	$0{,}505^{A}$	$0{,}265^{B}$	$0{,}310^{B}$	$0{,}490^{A}$	0,033	≤0,01
kwas palmitynowy C16:0	$36{,}970^{A}$	$21{,}385^{D}$	$25{,}640^{C}$	$32{,}460^{B}$	1,82	≤0,01
kwas palmitooleinowy C16:1	$1{,}140^{a}$	$0{,}520^{b}$	$0{,}575^{b}$	$0{,}550^{b}$	0,090	≤0,05
kwas margarynowy C17:0	1,015	0,885	1,195	0,935	0,090	ns
kwas stearynowy C18:0	$4{,}555^{A}$	$2{,}330^{B}$	$2{,}635^{Bb}$	$3{,}745^{Aa}$	0,278	≤0,01
kwas oleinowy C18:1 c9	$7{,}965^{Ab}$	$4{,}150^{B}$	$3{,}860^{Bb}$	$5{,}970^{Aa}$	0,526	≤0,01
kwas linolowy C18:2	$15{,}765^{Aa}$	15,030	$13{,}905^{Bb}$	$16{,}015^{A}$	0,273	≤0,01
kwas α-linolenowy C18:3	$26{,}995^{B}$	$51{,}905^{A}$	$45{,}900^{Aa}$	$35{,}890^{Bb}$	2,964	≤0,01
SFA	$46{,}945^{Aa}$	$27{,}890^{B}$	$35{,}145^{Ab}$	$40{,}975^{A}$	2,239	≤0,01
MUFA	$10{,}295^{Aa}$	$5{,}175^{B}$	$5{,}050^{B}$	$7{,}120^{b}$	0,675	≤0,01
PUFA	$42{,}760^{B}$	$66{,}935^{A}$	$59{,}810^{A}$	$51{,}909^{A}$	2,838	≤0,01

SFA-nasycone kwasy tłuszczowe; MUFA-jednonienasycone kwasy tłuszczowe; PUFA-wielonienasycone kwasy tłuszczowe; SEM-błąd standardowy średniej; a,b-różnice statystycznie istotne (p≤0,05); A,B-różnice statystycznie wysoko istotne (p≤0,01); ns-nie stwierdzono;

Tabela 10. Pobranie składników odżywczych i pozorna strawność dawek pokarmowych opartych na kiszonkach doświadczalnych w żywieniu opasanych buhajów rasy PHF.

Wyszczególnienie	**Życica mieszańcowa odm. Gala**	***Festulolium***			**SEM**	**P**
		odm. Felopa	**odm. Perun**	**odm. Lofa**		
Pobranie, kg·dzień$^{-1}$						
Sucha masa	11,70	11,50	12,34	12,31	0,40	ns
Substancja organiczna	10,93	10,70	11,51	11,37	0,36	ns
Białko ogólne	1,99	2,01	2,00	2,02	0,14	ns
NDF	5,44	5,10	5,60	5,76	0,12	ns
Współczynnik strawności pozornej, %						
Sucha masa	85,8	81,4	85,7	83,1	0,74	ns
Substancja organiczna	87,5	83,5	87,2	85,1	0,69	ns
Białko ogólne	85,2	80,3	82,7	80,8	0,79	ns
NDF	84,5	79,8	85,7	81,4	0,88	ns
Pobrany składnik strawny, kg·dzień$^{-1}$						
Sucha masa	10,03^{a}	9,36^{b}	10,57^{a}	10,22^{a}	0,34	≤0,05
Substancja organiczna	9,56	8,93^{b}	10,03^{a}	9,67	0,25	≤0,05
Białko ogólne	1,70^{a}	1,61^{b}	1,65	1,63	0,17	≤0,05
NDF	4,59^{a}	4,07^{b}	4,79^{a}	4,69^{a}	0,19	≤0,05

NDF-włókno neutralno detergentowe; SEM-błąd standardowy średniej; a,b-różnice statystycznie istotne (p≤0,05); A,B-różnice statystycznie wysoko istotne (p≤0,01); ns-nie stwierdzono;

Tabela 11. Wybrane parametry płynu żwaczowego opasanych buhajów rasy PHF dawkami pokarmowymi w oparciu o kiszonki doświadczalne.

Wyszczególnienie	**Życica wielokwiatowa odm. Gala**	***Festulolium***			**SEM**	**P**
		odm. Felopa	**odm. Perun**	**odm. Lofa**		
pH	5,57	5,83	5,99	6,04	0,20	ns
$N\text{-}NH_3$, $g \cdot 100g^{-1}$ $N_{ogólny}$	1,11	1,14	1,10	1,29	0,18	ns
kwas octowy, mmol	19,26	17,93	18,95	21,27	1,62	ns
kwas propionowy, mmol	3,42	3,13	3,52	3,92	0,31	ns
kwas masłowy, mmol	2,02	1,62	1,99	1,98	0,19	ns
LKT, mmol	24,7	22,68	24,46	27,17	2,09	ns
stosunek kwas octowy : kwas propionowy	5,86	6,02	5,84	5,90	0,15	ns
Procentowy udział w sumie LKT, %						
kwas octowy	78,86	79,62	78,82	79,13	0,44	ns
kwas propionowy	13,63	13,5	13,81	13,76	0,27	ns
kwas masłowy	7,51	6,88	7,38	7,11	0,27	ns

$N\text{-}NH_3$-azot amoniakalny; LKT-suma lotnych kwasów tłuszczowych tj. kwasu octowego, propionowego i masłowego; SEM-błąd standardowy średniej; a,b-różnice statystycznie istotne ($p \leq 0,05$); A,B-różnice statystycznie wysoko istotne ($p \leq 0,01$); ns-nie stwierdzono;

Tabela 12. Wyniki produkcyjne opasanych buhajów rasy PHF żywionych dawkami pokarmowymi opartymi na kiszonkach doświadczalnych.

Wyszczególnienie	**Życica mieszańcowa odm. Gala**	***Festulolium***			**SEM**	**P**
		odm. Felopa	**odm. Perun**	**odm. Lofa**		
Liczba dni w eksp.	90	90	90	90	-	-
Masa ciała początkowa, kg	625,7	614,0	619,4	612,7	12,76	ns
Masa ciała końcowa, kg	704,6	700,6	699,9	714,6	8,46	ns
Wiek, dni	684	659	717	611	16,28	ns
Przyrost masy ciała, g·dzień$^{-1}$	877	962	895	1132	35,68	ns
Przyrost tuszy, g·dzień$^{-1}$	476	525	495	622	19,55	ns
FCR, kg SM·kg^{-1} przyrostu m.c.	13,3^{a}	12,0^{b}	13,8	10,9^{b}	0,52	≤0,05
Masa tuszy, kg	385,5	382,5	391,3	398,5	4,13	ns
Wydajność rzeźna, %	54,1	54,5	54,9	54,8	0,18	ns
Produkcja mięsa, kg·ha^{-1}	1104^{D}	1424^{A}	1347^{C}	1336^{B}	74,17	≤0,01

FCR-współczynnik wykorzystania paszy; SM-sucha masa; m.c.-masa ciała; SEM-błąd standardowy średniej; a,b-różnice statystycznie istotne (p≤0,05); A,B-różnice statystycznie wysoko istotne (p≤0,01); ns-nie stwierdzono;

Tabela 13. Zawartość tłuszczu śródmięśniowego (IMF) i profil wybranych kwasów tłuszczowych w mięśniu *longissimus thoracis* buhajów rasy PHF.

Wyszczególnienie	Życica mieszańcowa odm. Gala	*Festulolium*			SEM	P
		Felopa	Perun	Lofa		
Tłuszcz śródmięśniowy, %	9,27	11,32	10,83	12,05	0,491	ns
Kwasy tłuszczowe nasycone, g·100g^{-1} kwasów tłuszczowych						
C10:0 kaprynowy	0,030^{Aa}	0,037^{b}	0,036^{b}	0,039^{B}	0,001	≤0,01
C12:0 laurynowy	0,042	0,050	0,045	0,048	0,001	ns
C14:0 izo	0,082	0,082	0,064	0,077	0,004	ns
C14:0 mirystynowy	2,256^{A}	2,518	2,262^{A}	2,653^{B}	0,046	≤0,01
C15:0 antyizo	0,221	0,231	0,192	0,203	0,008	ns
C15:0 pentadekanowy	0,432	0,434	0,378	0,404	0,012	ns
C16:0 izo	0,371	0,339	0,297	0,355	0,013	ns
C16:0 palmitynowy	24,575^{a}	25,098	24,831	26,058^{b}	0,174	≤0,05
C17:0 margarynowy	1,110	1,100	1,058	1,035	0,016	ns
C18:0 stearynowy	21,654	20,497	19,689	19,871	0,283	ns
C22:0 behenowy	0,069	0,047	0,049	0,039	0,005	ns
Kwasy tłuszczowe nienasycone, g·100g^{-1} kwasów tłuszczowych						
C14:1 mirystoleinowy	0,331	0,412	0,394	0,454	0,016	ns
C16:1 palmitoleinowy	2,276^{Aa}	2,741^{B}	2,619^{b}	2,703^{B}	0,047	≤0,01
C17:1 margarynooleinowy	0,533^{a}	0,569	0,588^{b}	0,548	0,007	≤0,05
C18:1 t6+9 elaidynowy	0,621^{A}	0,545^{Bb}	0,608^{a}	0,590	0,009	≤0,01
C18:1 t10+11 wakcenowy	1,470	1,471	1,465	1,501	0,027	ns
C18:1 c9 oleinowy	37,787	38,046	39,549	37,970	0,286	ns
C18:1 c11	1,188	1,212	1,276^{A}	1,151^{B}	0,014	≤0,01
C18:1 c12	0,368^{A}	0,322^{B}	0,337	0,305^{B}	0,005	≤0,01

C18:1 c13	0,195	0,219	0,241	0,230	0,007	ns
C18:1 t16	0,432^{A}	0,414	0,384^{B}	0,399	0,005	≤0,01
C18:2 c9t13	0,545^{Aa}	0,553^{Aa}	0,391^{B}	0,435^{b}	0,017	≤0,01
C18:2 linolowy	2,234^{a}	1,934	2,090	1,843^{b}	0,051	ns
C18:3 α-linolenowy	0,359	0,386	0,374	0,361	0,013	ns
C18:2 c9t11 sprzężony kwas linolowy (CLA)	0,413	0,429	0,424	0,422	0,007	ns
C20:1 godoleinowy	0,059	0,055	0,060	0,053	0,001	ns
C20:2 eikozadienowy	0,038	0,036	0,038	0,041	0,001	ns
C20:4 arachidowy	0,176^{a}	0,176 ^{a}	0,118 ^{b}	0,145	0,009	≤0,05
C20:5 eikozapentaenowy (EPA)	0,038^{A}	0,025^{B}	0,025^{B}	0,026^{B}	0,001	≤0,01
C22:5 dokozapentaenowy (DPA)	0,073	0,055	0,071	0,059	0,004	ns
C22:6 dokozaheksaenowy (DHA)	0,020	0,025	0,022	0,024	0,001	ns

SEM-błąd standardowy średniej; a,b-różnice statystycznie istotne (P≤0,05); A,B-różnice statystycznie wysoko istotne (P≤0,01); ns-nie stwierdzono;

Tabela 14. Grupy kwasów tłuszczowych i ich wzajemne proporcje w tłuszczu śródmięśniowym mięśnia *longissimus thoracis* buhajów rasy PHF.

Wyszczególnienie	**Życica mieszańcowa odm. Gala**	***Festulolium***			**SEM**	**P**
		odm. Felopa	**odm. Perun**	**odm. Lofa**		
Grupy kwasów tłuszczowych, g·100g^{-1} kwasów tłuszczowych						
SFA	50,843	50,432	48,901	50,782	0,333	ns
UFA	49,157	49,566	51,099	49,218	0,333	ns
MUFA	45,261	46,006	47,520	45,903	0,326	ns
PUFA	3,896^{a}	3,560	3,580	3,315^{b}	0,077	≤0,05
n-6 PUFA	2,410^{a}	2,051	2,235	1,946^{b}	0,059	≤0,05
n-3 PUFA	0,491	0,491	0,491	0,471	0,016	ns
Proporcje grup kwasów tłuszczowych						
n6/n3 PUFA	5,013^{A}	4,336^{B}	4,636^{a}	4,151^{Bb}	0,073	≤0,01
UFA/SFA	0,968	0,984	1,045	0,970	0,011	ns
PUFA/SFA	0,077	0,071	0,074	0,065	0,002	ns
MUFA/SFA	0,891	0,921	0,978	0,907	0,013	ns

SFA-kwasy tłuszczowe nasycone; UFA-kwasy tłuszczowe nienasycone; MUFA-jednonienasycone kwasy tłuszczowe; PUFA-wielonienasycone kwasy tłuszczowe; n-6 PUFA-wielonienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny n-6; n-3 PUFA-wielonienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny n-3 ; SEM-błąd standardowy średniej; a,b-różnice statystycznie istotne (P≤0,05); A,B-różnice statystycznie wysoko istotne (P≤0,01); ns-nie stwierdzono;

Tabela 15. Charakterystyka dawek pokarmowych opartych na kiszonkach doświadczalnych w żywieniu krów mlecznych rasy PHF.

Wyszczególnienie	**Życica wielokwiatowa**	***Festulolium***		
	odm. Gala	**odm. Felopa**	**odm. Perun**	**odm. Lofa**
Sucha masa, g·kg^{-1} świeżej masy	518,9	535,5	543,1	506,7
Skład chemiczny, g·kg^{-1} SM				
Substancja organiczna	918,7	923,9	927,0	916,6
Białko ogólne	174,8	178,5	167,1	168,5
NDF	418,4	435,8	430,0	425,9
ADF	238,6	223,6	251,2	259,4
JPM	0,89	0,96	96,3	96,3
BTJN	110	112	108	108
BTJE	86	95	95	95

SM-sucha masa; NDF-włókno neutalno detergentowe; ADF-włókno kwaśno detergentowe; JPM-jednostka paszowa produkcji mleka; BTJN-białko rzeczywiście trawione w jelicie cienkim zależne od podaży azotu; BTJE-białko rzeczywiście trawione w jelicie cienkim zależne od podaży energii;

Tabela 16. Pobranie składników odżywczych i pozorna strawność dawek pokarmowych opartych na kiszonkach doświadczalnych w żywieniu krów mlecznych rasy PHF.

Wyszczególnienie	Życica wielokwiatowa odm. Gala	*Festulolium*			SEM	P
		odm. Felopa	odm. Perun	odm. Lofa		
Pobranie, kg·dzień$^{-1}$						
Sucha masa	18,80^{Bb}	19,10^{a}	19,70^{a}	20,70^{A}	0,587	≤0,01
Substancja organiczna	17,27^{B}	17,65^{b}	18,27	18,97^{Aa}	0,545	≤0,01
Białko ogólne	3,29	3,41	3,29	3,49	0,094	ns
NDF	7,87^{B}	8,32	8,47	8,82^{A}	0,306	≤0,01
Współczynnik strawności pozornej, %						
Sucha masa	75,1^{B}	85,6^{A}	84,7^{A}	84,8^{A}	1,016	≤0,01
Substancja organiczna	77,6^{B}	86,8^{A}	86,5^{A}	86,3^{A}	0,926	≤0,01
Białko ogólne	69,7^{B}	80,3^{A}	80,5^{A}	81,9^{A}	1,120	≤0,01
NDF	61,7^{B}	79,3^{A}	79,4^{A}	81,3^{A}	1,581	≤0,01
Pobrany składnik strawny, kg·dzień$^{-1}$						
Sucha masa	14,12^{B}	16,35^{Ab}	16,69^{A}	17,55^{Aa}	0,633	≤0,01
Substancja organiczna	13,40^{B}	15,32	15,80	16,37^{A}	0,558	≤0,01
Białko ogólne	2,29^{B}	2,74	2,65	2,86^{A}	0,106	≤0,01
NDF	4,85^{B}	6,60	6,73	7,17^{A}	0,442	≤0,01

NDF-włókno neutralno detergentowe; SEM-błąd standardowy średniej; a,b-różnice statystycznie istotne (p≤0,05); A,B-różnice statystycznie wysoko istotne (p≤0,01); ns-nie stwierdzono;

Tabela 17. Wyniki produkcyjne krów mlecznych rasy PHF w okresie laktacji żywionych dawkami pokarmowymi opartymi na kiszonkach doświadczalnych.

Wyszczególnienie	**Życica wielokwiatowa odm. Gala**	***Festulolium***			**SEM**	**P**
		odm. Felopa	**odm. Perun**	**odm. Lofa**		
Średni dzień laktacji	272	274	268	270	1,118	ns
Wydajność, kg·dzień$^{-1}$						
Mleko	21,5^{b}	24,1^{a}	22,1^{c}	23,0^{a}	0,681	≤0,05
ECM	22,5^{b}	22,6^{b}	23,5	24,1^{a}	0,947	≤0,05
Tłuszcz	0,95	1,02	0,93	1,07	0,038	ns
Białko	0,72^{b}	0,85^{a}	0,77	0,83^{a}	0,025	≤0,05
Efektywność						
FCR, kg mleka·kg^{-1} SM	1,14^{b}	1,26^{a}	1,12^{b}	1,11^{b}	0,058	≤0,05
ECM, kg mleka·kg^{-1} SM	1,20	1,19	1,19	1,16	0,067	ns
N mleka : N pobrany	0,22	0,25	0,23	0,24	0,012	ns

ECM-wskaźnik wydajności mleka; ECM = wydajność mleka (kg)× [38.3×tłuszcz mleka (g/kg) + 24.2×białko mleka (g/kg) + 16.54×laktoza mleka (g/kg) + 20.7]/3140 wg. Rezaei i in., 2015; FCR-współczynnik wykorzystania paszy na produkcję; SM-sucha masa: N-azot; SEM-błąd standardowy średniej; a,b-różnice statystycznie istotne (p≤0,05); A,B-różnice statystycznie wysoko istotne (p≤0,01); ns-nie stwierdzono;

Tabela 18. Skład i wybrane parametry fizykochemiczne mleka krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej z różnych grup żywieniowych.

Cechy mleka	Życica mieszańcowa odm. Gala	*Festulolium*			SEM	P
		odm. Felopa	odm. Perun	odm. Lofa		
Sucha masa, %	13,10	13,19	13,45	13,70	0,140	ns
Sucha masa beztłuszczowa, %	8,66	8,79	8,65	8,70	0,069	ns
Białko, %	3,36	3,53	3,47	3,61	0,054	ns
Tłuszcz, %	4,44	4,41	4,80	4,99	0,121	ns
Stosunek tłuszcz/białko	1,33	1,30	1,39	1,35	0,033	ns
Kazeina, %	2,61	2,74	2,69	2,81	0,042	ns
Laktoza, %	4,52	4,49	4,40	4,29	0,053	ns
Kwas cytrynowy, %	$0{,}168^{Aa}$	$0{,}154^{Ba}$	$0{,}110^{Bb}$	$0{,}132^{Bb}$	0,005	≤0,01
Mocznik, $mg \cdot L^{-1}$	232	249	250	246	8,124	ns
Gęstość, $g \cdot cm^{-3}$	1,03	1,029	1,03	1,03	0,001	ns

SEM-błąd standardowy średniej; ns – nie stwierdzono; a,b- różnice statystycznie istotne (P≤0,05); A,B- różnice statystycznie wysoko istotne (P≤0,01);

Tabela 19. Profil kwasów tłuszczowych tłuszczu mleka krów rasy PHF w okresie laktacji, żywionych dawkami pokarmowymi opartymi na kiszonkach doświadczalnych.

Wyszczególnienie	Życica mieszańcowa odm. Gala	*Festulolium*			SEM	P
		odm. Felopa	odm. Perun	odm. Lofa		
Kwasy tłuszczowe nasycone, g·100g^{-1} kwasów tłuszczowych						
C4:0 masłowy	2,225^{A}	2,271^{A}	2,209^{A}	1,411^{B}	0,069	≤0,01
C6:0 kapronowy	1,671^{a}	1,677^{a}	1,741^{A}	1,460^{Bb}	0,035	≤0,01
C10:0 kaprynowy	2,621^{B}	2,641^{B}	3,045^{A}	2,448^{A}	0,056	≤0,01
C12:0 laurynowy	3,213^{b}	3,367	3,754^{Aa}	3,025^{B}	0,077	≤0,01
C14:0 mirystynowy	11,504	11,95	12,087^{a}	11,045^{b}	0,164	≤0,05
C16:0 paalmitynowy	34,282	33,416	34,333	35,144	0,460	ns
C18:0 stearynowy	10,073	10,636	9,621	10,768	0,205	ns
C20:0 arachidowy	0,164^{B}	0,157^{B}	0,147^{B}	0,201^{A}	0,005	≤0,01
C22:0 behenowy	0,045^{Ba}	0,039^{B}	0,028^{Bb}	0,062^{A}	0,003	≤0,01
Kwasy tłuszczowe nienasycone, g·100g^{-1} kwasów tłuszczowych						
C18:1 cis oleinowy	23,671	23,883	23,045	24,396	0,483	ns
C18:2 linolowy	1,638	1,299	1,326	1,291	0,085	ns
C18:2 c9t11 sprzężony kwas linolowy (CLA)	0,721	0,811^{a}	0,645^{b}	0,616^{b}	0,019	≤0,05
C18:3 α-linolenowy	0,540	0,666^{a}	0,488^{b}	0,496^{b}	0,021	≤0,05
C20:1 godoleinowy	0,098	0,088	0,091	0,109	0,004	ns
C20:4 arachidonowy	0,109	0,107	0,101	0,104	0,005	ns
C20:5 eikozapentaenowy (EPA)	0,028	0,028	0,024	0,029	0,002	ns
C22:5 dokozapentaenowy (DPA)	0,042	0,038	0,027	0,042	0,003	ns

SEM-błąd standardowy średniej; a,b-różnice statystycznie istotne (P≤0,05); A,B-różnice statystycznie wysoko istotne (P≤0,01); ns-nie stwierdzono;

Tabela 20. Grupy kwasów tłuszczowych i ich wzajemne proporcje w tłuszczu mleka krów rasy PHF w okresie laktacji, żywionych dawkami pokarmowymi opartymi na kiszonkach doświadczalnych.

Wyszczególnienie	**Życica mieszańcowa odm. Gala**	***Festulolium***			**SEM**	**P**
		odm. Felopa	**odm. Perun**	**odm. Lofa**		
Grupy kwasów tłuszczowych, g·100g^{-1} kwasów tłuszczowych						
SFA	69,36	69,51	70,53	69,17	0,548	ns
UFA	30,64	30,49	29,47	30,83	0,548	ns
MUFA	27,50	27,52	26,83	28,21	0,499	ns
PUFA	3,15	2,98	2,64	2,62	0,103	ns
n-6 PUFA	1,81	1,45	1,47	1,45	0,088	ns
n-3 PUFA	0,62	$0,73^{Aa}$	$0,53^{B}$	$0,56^{b}$	0,021	≤0,01
Proporcje grup kwasów tłuszczowych						
n-6/n-3 PUFA	3,15	2,21	2,89	2,61	0,192	ns
UFA/SFA	0,44	0,44	0,42	0,44	0,018	ns
PUFA/SFA	0,05	0,04	0,04	0,04	0,002	ns
MUFA/SFA	0,40	0,41	0,38	0,42	0,011	ns

SFA-kwasy tłuszczowe nasycone; UFA-kwasy tłuszczowe nienasycone; MUFA-jednonienasycone kwasy tłuszczowe; PUFA-wielonienasycone kwasy tłuszczowe; n-6 PUFA-wielonienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny n-6; n-3 PUFA-wielonienasycone kwasy tłuszczowe z rodziny n-3; SEM-błąd standardowy średniej; a,b-różnice statystycznie istotne (P≤0,05); A,B-różnice statystycznie wysoko istotne (P≤0,01); ns-nie stwierdzono;

11. STRESZCZENIE

Przydatność paszowa mieszańców traw *Festulolium* w żywieniu bydła

Słowa kluczowe: *Festulolium*, przydatność paszowa, bydło

Podjęto badania mające na celu porównanie przydatności paszowej najbardziej powszechnych w Europie odmian *Festulolium* oraz kompleksową ocenę, w odniesieniu do życicy mieszańcowej, plonu i skład chemicznego zielonek, ich przydatności do zakiszania, a także potencjału produkcji wołowiny i mleka z poszczególnych odmian *Festulolium,* uwzględniając wybrane parametry jakości uzyskanego mięsa oraz mleka. Weryfikowano hipotezy badawcze traktujące o wpływie odmiany hodowlanej *Festulolium* na jej przydatność paszową, wydajność i wartość pokarmową oraz o możliwości zastąpienia niektórych odmian hodowlanych *Festulolium* znacznie tańszą życicą mieszańcową.

W warunkach produkcyjnych w latach 2017-2019 założono cztery plantacje doświadczalne (*Festulolium* odmiany: Felopa, Perun, Lofa i życicy mieszańcowej odmiany Gala). Określono wielkość plonowania zielonek, ich skład chemiczny, wartość pokarmową i przydatność do zakiszania. Wyprodukowano kiszonki w balotach oraz oceniono ich przydatność paszową w dwóch doświadczeniach żywieniowych zrealizowanych na buhajach rasy polskiej holsztyńsko – fryzyjskiej odmiany czarno – białej (PHF) użytkowanych w kierunku mięsnym (Doświadczenie I) oraz na krowach mlecznych rasy PHF (Doświadczenie II).

Stwierdzono, że wszystkie analizowane zielonki charakteryzowały się wysoką wartością pokarmową, zielonki *Festulolium* nieznacznie wyższą wartością energetyczną w stosunku do życicy mieszańcowej oraz wyższą wartością białkową, za wyjątkiem odmiany Perun. Odmiana ta przewyższała inne trawy przydatnością do zakiszania. Oceniane trawy pozwoliły uzyskać bardzo wysoki plon SM, energii netto i białka ogólnego, przy czym najbardziej wydajna okazała się odmiana Perun. Wyprodukowane kiszonki charakteryzowały się ekstensywnym przebiegiem fermentacji z wysokim poziomem kwasu mlekowego i stosunkowo niskim poziomem azotu amonowego oraz lotnych kwasów tłuszczowych (LKT). Pożądany przebieg fermentacji potwierdzają noty punktowe według skali DLG. Kiszonki sporządzone z *Festulolium* wszystkich odmian uzyskały wyższą wartość energetyczną w porównaniu z kiszonką z życicy mieszańcowej. W ocenie jakości

białka CNCPS białko kiszonki z życicy mieszańcowej charakteryzowało się lepsze w porównaniu z białkiem kiszonek z *Festulolium*. Nnajmniej korzystny skład białka stwierdzono w kiszonce z odmiany Perun. Kiszonki z *Festulolium* charakteryzowały się wyższą zawartością wielonienasyconych kwasów tłuszczowych (PUFA), co wiązało się m.in. z wyższym udziałem kwasu α-linolenowego.

Badania na młodym bydle opasowym nie wykazały wpływu rodzaju zastosowanej w żywieniu kiszonki z traw, skarmianej w proporcji 70:30 z gniecionym ziarnem jęczmienia, na pobranie składników pokarmowych oraz współczynniki strawności dawek, stwierdzono natomiast jego wpływ na pobranie składników strawnych. Zróżnicowane żywienie nie dało efektu w postaci różnic w przyrostach masy ciała i tuszy oraz wydajności rzeźnej. Dawka pokarmowa z udziałem kiszonki z *Festulolium* odmiany Lofa cechowała się najlepszym wskaźnikiem wykorzystania paszy (FCR). Najbardziej efektywna pod względem produkcji wołowiny w przeliczeniu na 1 hektar uprawianej trawy okazała się kiszonka z *Festulolium* odmiany Felopa (1,424 kg·1 ha-1), której nie cechował ani najwyższy plon suchej masy, ani najlepszy wskaźnik wykorzystania paszy w przeprowadzonych badaniach opasowych. U wszystkich opasanych buhajów stwierdzono wysoką zawartość tłuszczu śródmięśniowego (IMF) w mięśniu *longissimus thoracis* (7,27-10,05%). Wyższą zawartością PUFA cechował się IMF buhajów żywionych kiszonką z życicy mieszańcowej, korzystniejszym stosunkiem n-6/n-3 PUFA tłuszcz opasów z grupy skarmianej kiszonką z *Festulolium* odmiany Lofa.

Zastosowanie w żywieniu krów mlecznych kiszonek z *Festulolium*, w porównaniu do kiszonki z życicy mieszańcowej, wpłynęło na wyższą wydajność mleka i produkcję białka (kg·dzień$^{-1}$). Kiszonka wyprodukowana z odmiany Lofa dawała efekt w postaci najwyższego wskaźnika wydajności ECM, odmiany Felopa najwyższego wskaźnika FCR. Nie potwierdzono wpływu zastosowanych kiszonek traw na skład i właściwości fizykochemiczne mleka, odnotowano natomiast korzystne oddziaływanie żywienia krów kiszonką z *Festulolium* odmiany Felopa na zawartość kwasu α-linolenowego oraz CLA oraz udział kwasów n-3 w tłuszczu mlecznym.

Na podstawie uzyskanych w niniejszej dysertacji wyników wydajności oraz składu tłuszczu mleka i mięsa należy stwierdzić że najbardziej zalecaną do produkcji kiszonek odmianą *Festulolium* okazała się polska odmiana Felopa. Stwierdzona wysoka wartość pokarmowa pasz z *Festulolium* wskazuje z kolei na potrzebę oceny odmian traw na zwierzętach o maksymalnym potencjale produkcyjnym tj. krowach do 100-go dnia laktacji

oraz buhajkach we wczesnej fazie opasu. Wskaźnik produkcji wołowiny z 1 ha powierzchni okazał się najbardziej miarodajnym sposobem oceny przydatności paszowej traw w opasie.

12. SUMMARY

Feeding suitability of *Festulolium* grass hybrids in cattle nutrition

Key words: *Festulolium*, feeding suitability, cattle

The presented studies were aimed to compare the feeding suitability of the most common *Festulolium* hybrids in Europe and comprehensively assess, in relation to hybrid ryegrass, the yield and chemical composition of grass, their suitability for ensiling, as well as assessing the production potential of beef and milk from *Festulolium* hybrids, taking into account selected quality parameters of obtained meat and milk. Research hypotheses about the influence of the *Festulolium* hybrids on its feeding suitability, yield and nutritional value, and the possibility of replacing some *Festulolium* hybrids with cheaper hybrid ryegrass were verified.

Under production conditions, four experimental plantations were established in 2017-2019 (*Festulolium*: Felopa, Perun, Lofa and hybrid ryegrass of the Gala variety). The amount of grass yielding, their chemical composition, nutritive value and suitability for ensiling were determined. Silage in bales was produced and their feeding suitability was assessed in two nutritional experiments carried out on Polish Holstein-Friesian black-and-white (PHF) bulls used for meat (Experiment I) and on PHF dairy cows (Experiment II).

It was found that all the analyzed grasses were characterized by a high nutritional value, the *Festulolium* hybrids had a slightly higher energy value in relation to the hybrid ryegrass and a higher protein value, except for the Perun. This hybrid surpassed other grasses in its suitability for silage. The assessed grasses allowed to obtain a very high yield of DM, net energy and total protein, with the Perun hybrid being the most efficient. The produced silages were characterized by an extensive fermentation process with a high level of lactic acid and a relatively low level of ammonium nitrogen and volatile fatty acids (VFA). The desired fermentation process is confirmed by the DLG scores. The silage made from all *Festulolium* hybrids had a higher energy value than silage from hybrid ryegrass. In assessing the quality of protein the CNCPS, the protein from hybrid ryegrass silage was better compared to the protein from *Festulolium* silage. The least favorable protein composition was found in silage from the Perun. *Festulolium* silage was characterized by a higher content of polyunsaturated fatty acids (PUFA), which was associated with a higher proportion of α-linolenic acid.

Studies carried out on young fattening cattle did not show any effect of the type of grass silage used in the diet, fed in the proportion of 70:30 with crushed barley grain, on the uptake of nutrients and the digestibility of the rations. However, its effect on the intake of digestible ingredients was found. Differentiated nutrition did not result in differences in body and carcass weight gains and slaughter yield. The feed ration with *Festulolium* silage of the Lofa hybrid was characterized by the best feed conversion ratio (FCR). Silage from *Festulolium* Felopa hybrid turned out to be the most effective in terms of beef production per 1 hectare of cultivated grass (1.424 kg·1 ha^{-1}), although it was not characterized by either the highest dry matter yield or the best fodder conversion ratio. All bulls had a high content of intramuscular fat (IMF) in the *longissimus thoracis muscle* (7.27-10.05%). A higher content of PUFA was found in the IMF of bulls fed silage made of hybrid ryegrass, and a more favorable n-6/n-3 PUFA ratio was found in the group fed with *Festulolium* silage of the Lofa hybrid.

The use of silage with *Festulolium* in the diet of dairy cows, compared to silage from hybrid ryegrass, resulted in higher milk yield and protein production (kg·day^{-1}). The silage produced from the Lofa hybrid resulted in the highest ECM yield index, while the Felopa hybrid had the highest FCR index. The effect of the grass silage on the composition and physicochemical properties of milk was not confirmed, but a positive effect of feeding cows with *Festulolium* silage of the Felopa on the content of α-linolenic acid, CLA and the share of n-3 acids in milk fat was noted.

Based on the results obtained in this dissertation regarding the yield and fat composition of milk and meat, it should be concluded that the *Festulolium* hybrid most recommended for silage production is the Polish hybrid Felopa. The high nutritional value of *Festulolium* fodder indicates the need to evaluate hybrids on animals with maximum production potential, i.e. cows up to 100 days of lactation and bulls in the early fattening phase. The beef production rate per 1 ha turned out to be the most reliable way to assess the fodder suitability of grasses for fattening.