

Próba opracowania metody określania typowego składu chemicznego mleka polskich krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej – propozycja

Piotr Guliński[#], Anna Kłopotowska

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach, Wydział Przyrodniczy,
Katedra Hodowli Bydła, Owiec i Oceny Mleka;
ul. Prusa 14, 08-110 Siedlce; [#]e-mail: piotr.gulinski@uph.edu.pl

Celem pracy była próba opracowania metody określania typowego składu chemicznego mleka pozyskiwanego od krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej (PHF). Wykorzystano 1329 dobowych obserwacji z 20 stad bydła mlecznego rasy PHF w powiecie sokołowskim, w latach 2009-2015. Dokonano oceny wpływu szeregu czynników na skład chemiczny mleka krów: miesiąca laktacji (15 okresów laktacji); wieku krów (laktacje: 1., 2., 3.-4., 5.-7.); genotypu (udział rasy PHF: $\leq 50\%$; 50-75%; 75-82,5%; $> 82,5\%$); jakości cytologicznej mleka (LKS (tys.) w 1 ml mleka: ≤ 200 ; 200-400; 400-1000, > 1000); poziomu żywienia (STB: $\leq 1,0$; 1,0-1,4; 1,4-1,7; $> 1,7$); sezonu wycielenia (jesiennie-zimowy; wiosennie-letni) i wydajności dobowej (kg mleka: ≤ 15 ; 15-25; 25-35; > 35). W pracy wykazano, że technologia żywienia krów i stan zdrowotny gruczołu mlekowego należą do zasadniczych czynników modyfikujących podstawowy skład chemiczny mleka. Po wyselekcjonowaniu populacji krów, których mleko spełniało kryteria optymalnego zbilansowania energetyczno-białkowego dawek pokarmowych (STB w przedziale 1,1-1,4) i niskiej liczby komórek somatycznych (LKS ≤ 200 tys./ml), wskazano na poziom produkcyjny jako podstawowy czynnik różnicujący skład chemiczny mleka. Podkreślono, że czynnik ten odgrywa kluczową rolę w modyfikacji podstawowego składu chemicznego mleka krów. Stwierdzono ponadto, że opracowania na temat rasy PHF, zarówno urzędowe, jak i naukowe, powinny uwzględniać wpływ LKS, STB i wydajności mleka na jego skład chemiczny.

SŁOWA KLUCZOWE: krowy, mleko, składniki chemiczne

Skład chemiczny mleka krów nie jest stały [5, 10, 21]. Według Gulińskiego i wsp. [11] zmienność zawartości głównych składników mleka pochodzącego od populacji krów utrzymywanych w warunkach południowego Podlasia, mierzona wielkością współczynnika zmienności, w przypadku tłuszczu, białka, laktozy i mocznika wynosiła odpowiednio: 19,5%, 13,8%, 5,3% i 48,6%. Zmiany w składzie mleka wynikają głównie z założeń genetycznych zwierząt (ich genotypów), które odgrywają zasadniczą rolę w hormonalnej regulacji syntezy składników mleka oraz z poziomu składników pokarmowych poda-

wanych w dawkach pokarmowych, które decydują o poziomie i jakości dostępnych dla zwierząt substancji odżywczych [20, 28, 30]. Modyfikacja składu chemicznego mleka krów jest efektem występowania szeregu czynników, które na poziomie produkcyjnym konsekwentnie różnicują poziom poszczególnych jego składników. W warunkach produkcyjnych należą do nich: pora roku, wiek krowy, stadium laktacji i ciąża, kondycja w okresie produkcji mleka, choroby (głównie metaboliczne i wymion) oraz stosowane technologie żywienia [2, 3, 4, 14, 18, 20, 21, 23, 24].

Celem pracy było zaproponowanie metody określania typowego składu chemicznego mleka krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej (PHF). Dokonano oceny wpływu różnych czynników na skład chemiczny mleka krów, wskazując na dwa zasadnicze, tj. stan zdrowia oraz technologię żywienia krów. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że typowe dla rasy PHF mleko zawiera w 1 ml poniżej 200 tys. komórek somatycznych, a wskazujący na poprawność żywienia stosunek tłuszczowo-białkowy (STB) zawiera się w granicach 1,1-1,4. Przejęto założenie, że taki poziom STB zapewnia optymalne proporcje (3:1) produkcji w zwalczu kwasu octowego do kwasu propionowego. Po wyselekcjonowaniu populacji krów, których mleko spełniało obydwa kryteria, wskazano na poziom produkcyjny, jako podstawowy czynnik w sposób istotny statystycznie różnicujący skład chemiczny mleka krów rasy PHF. W związku z powyższym, ostatecznym celem pracy była predykcja podstawowego składu chemicznego mleka z uwzględnieniem wydajności dobowej mleka od krów rasy PHF.

Material i metody

Pierwszy etap badań. W pracy wykorzystano dane pochodzące z 1329 udojów krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej (PHF) utrzymywanych w 20 stadach na terenie powiatu sokołowskiego, w latach 2009-2015. Dane dotyczyły wydajności mlecznej krów rasy PHF zarejestrowanych w polskim krajowym systemie ewidencji (SYMLEK). Dokonano oceny wpływu szeregu czynników na skład chemiczny mleka krów: miesiąca laktacji (15 okresów laktacji); wieku krów (laktacje: 1., 2., 3.-4., 5.-7.); genotypu (udział rasy PHF: $\leq 50\%$; 50-75%; 75-82,5% i $> 82,5\%$); jakości cytologicznej mleka (liczby komórek somatycznych – LKS (tys.) w 1 ml mleka: 0-200; 200-400; 400-1000 i > 1000); poziomu żywienia (stosunek tłuszczowo-białkowy (STB): $\leq 1,0$; 1,0-1,4; 1,4-1,7 i $> 1,7$); sezonu wycielenia (jesiennie-zimowy; wiosennie-letni) i wydajności dobowej (kg mleka: ≤ 15 ; 15-25; 25-35; > 35).

W obliczeniach statystycznych wykorzystano model liniowy zawierający mieszane efekty miesiąca laktacji, wieku krów, grup z określoną LKS i STB, sezonu wycielenia, klasy dziennej wydajności mleka i losowego addytywnego efektu genetycznego, które zastosowano do dobowej wydajności mleka i cech jego składu chemicznego (tłuszcz, białko, laktoza, sucha masa). W pracy wykorzystano także model regresji liniowej. Istotność różnic między grupami określono za pomocą testu Duncana (gdzie liczba grup > 2) lub testu t (gdzie liczba grup = 2) na poziomie $P=0,01$. Wszystkie obliczenia przeprowadzono przy użyciu pakietu SAS [27].

Drugi etap badań. W związku z wynikami uzyskanymi w pierwszej części pracy, wskazującymi na jakość cytologiczną mleka i związany z nią stan zdrowotny gruczołu

mlekowego oraz na poziom żywienia krów, jako dwa kluczowe czynniki w najistotniejszy sposób oddziałujące na podstawowy skład chemiczny mleka, w II etapie badań zdecydowano się na zawężenie analizowanej populacji wyłącznie do krów zdrowych, to jest takich, w mleku których LKS zamykała się w przedziale 0-200 tysięcy oraz do krów żywionych zbilansowanymi dawkami pokarmowymi, to jest takich, w których mleku STB zamykał się w granicach 1,1-1,4. Dla tak wyodrębnionej grupy krów przeprowadzono ponownie analizę wpływu czynników, których charakterystykę i sposób podziału omówiono w pierwszej części metodyki pracy.

Wyniki i dyskusja

Znaczenie statusu zdrowotnego gruczołu mlekowego i poprawności żywienia dla wydajności dobowej mleka. Potwierdzone w analizach wstępnych pracy własnej wyniki dotyczące poszukiwania odpowiedzi, który z czynników w populacji bydła prowadzi do istotnego zróżnicowania składu chemicznego mleka wykazały, że stan zdrowotny gruczołu mlekowego (określany LKS w 1 ml) oraz zbilansowanie dawek pokarmowych, które podaje się krowom (interpretowane wielkością STB) należą do głównych czynników prowadzących do zmian w podstawowym składzie chemicznym mleka krów rasy PHF. W związku z powyższym, w kolejnym etapie pracy zdecydowano się na wyodrębnienie w ocenianej populacji grupy krów, które były w pełni zdrowe, tj. mleko przez nie produkowane zawierało poniżej 200 tysięcy komórek somatycznych (LKS) w 1 ml. Drugim kryterium selekcyjnym była wielkość stosunku tłuszczowo-białkowego (STB), wskazująca na poprawność bilansowania potrzeb energetycznych i białkowych krów, tj. STB zamykał się w granicach 1,1-1,4. W ten sposób, spośród 1329 obserwacji dobowych w 20 stadach bydła mlecznego, wyodrębniono grupę 406 obserwacji krów spełniających obydwa wyżej wymienione warunki.

W lewej części tabeli 1. przedstawiono dobową wydajność mleka badanej populacji krów na przestrzeni całej laktacji przed selekcją. Zgodnie z kryterium przyjętym w metodyce pracy, długość laktacji pełnej podzielono na 15 miesięcznych okresów. Dane zawarte w tabeli 1. wskazują, że przeciętna dobową wydajność mleka w 1329 obserwacjach wynosiła 22,6 kg. Najwyższą wydajnością dobową charakteryzowały się krowy w 1. miesiącu laktacji (30,7 kg). Istotnie mniej mleka, o 14,5 kg, produkowały krowy w 12. miesiącu laktacji. Wyniki analizy wskazały na wysoko istotny statystycznie wpływ miesiąca laktacji ($P=0,01$) na dobową wydajność mleka.

W prawej części tabeli 1. podano przeciętną dobową wydajność mleka dla grupy krów limitowanej stanem zdrowotnym gruczołu mlekowego i poprawnością żywienia. Wydajność wynosiła średnio 24,2 kg i była wyższa w porównaniu do całej populacji o ponad 9%. Dane zawarte w tej części tabeli wskazują, że krowy rasy PHF w pełni zdrowe i poprawnie żywione osiągały szczyt produkcyjny w 3. miesiącu laktacji, produkując przeciętnie 32,3 kg mleka. Wraz z upływem miesięcy laktacji wydajność mleka ulegała systematycznemu ograniczeniu, osiągając najniższy poziom w 14. i 15. miesiącu laktacji, kiedy wynosiła średnio 17,1 kg mleka na dobę.

Według Gulińskiego i wsp. [11] fizjologicznie normalna LKS w mleku zawiera się w granicach 150-200 tysięcy w 1 ml. Mleko o dobrej jakości cytologicznej nie powinno

zawierać więcej niż 400 tysięcy LKS w 1 ml. Zwiększona LKS w mleku informuje o toczących się podklinicznych stanach zapalnych gruczołu mlekowego. Wzrostowi LKS w mleku towarzyszy spadek wydajności mleka i zmiany jego składu chemicznego. Stany zapalne wymion powodują znaczny spadek poziomu tłuszczu mlecznego [12, 17, 26]. Spadek poziomu tłuszczu jest mniejszy (około 10%) niż obserwowany dla laktozy (około 15%).

Spośród wszystkich składników mleka tłuszcz mleczny jest najbardziej podatny na kontrolę poprzez żywienie. Zmiany zawartości tego składnika mogą przekraczać nawet 3% w zależności od technologii żywienia [11]. Niedożywienie krów, karmienie nadmierną ilością koncentratów paszowych, a także nadmiar białka czy niedostateczna ilość energii w dawce paszowej są jednymi z najczęstszych przyczyn redukcji tłuszczu w mleku [9].

Znaczenie statusu zdrowotnego gruczołu mlekowego i poprawności żywienia dla podstawowego składu chemicznego mleka. Dane zawarte w tabeli 1. wskazują, że dla całej grupy krów przeciętna zawartość tłuszczu, białka, laktozy i suchej masy wynosiła odpowiednio: 4,48%, 3,57%, 4,74% i 13,6%. Analizując szczegółowe dane zaobserwowano, że najniższy poziom białka i suchej masy miał miejsce w 2. miesiącu laktacji, tj. w okresie tzw. szczytu laktacyjnego, w którym wydajność mleka była najwyższa. W kolejnych miesiącach laktacji w mleku krów analizowanej populacji następował systematyczny wzrost badanych podstawowych składników chemicznych. Najwyższą zawartością tłuszczu i suchej masy cechowały się krowy w 14. miesiącu laktacji. Poziom tych składników wynosił odpowiednio: 5,03% i 14,41%. Najłatwiej modyfikowalnym składnikiem mleka jest tłuszcz [11]. Najefektywniejszą drogą do zmiany zawartości tłuszczu mleka i jego składu jest dieta. Może ona prowadzić do uzyskania zmian w modelach fermentacji lub składu tłuszczu wchłaniającego się z przewodu pokarmowego. Diety, które zwiększają proporcję kwasu propionowego w żwacu obniżają procent tłuszczu mleka, przy czym zmiany w składzie tłuszczu są minimalne, w tym nieznacznie zwiększają obecność wielonienasyconych kwasów tłuszczowych C18 i nieznacznie zmniejszają udział kwasów tłuszczowych C16:0 i C18:0 [20, 24, 30].

Ponieważ mleko krowie jest najtańszym źródłem białka spośród wszystkich surowców żywnościowych, doskonalenie poziomu zawartości białka w mleku znajduje się od wielu lat w centrum uwagi hodowców bydła mlecznego na świecie. Według Migliora i wsp. [25] udział zawartości białka w mleku w ogólnych wartościach części produkcyjnych indeksów selekcyjnych wykorzystywanych w programach doskonalenia bydła zamykał się w granicach od 51% (Szwajcaria) do 67% (Polska). Zdaniem Gaunta [10] selekcja prowadzona na tę cechę podnosi zawartość białka w mleku o 0,075% na pokolenie. Gaunt [10] szacuje, że potrzeba około 11 pokoleń do wyrównania poziomu białka i tłuszczu w mleku, przy założeniu, że wydajność białka byłaby jedynym kryterium selekcyjnym. W pracy hodowlanej nad poprawą mleczności krów główny nacisk kładzie się obecnie na zwiększenie koncentracji białka i jego wydajności oraz poprawę stosunku tłuszczu do białka (STB) w kierunku najbardziej pożądanym, jakim jest 1:1 [11, 19]. Według Gulińskiego i wsp. [11] za przeciętną wielkość wskaźnika STB w mleku krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej należy uznać wartość 1,23.

Ze względu na ścisły związek między syntezą laktozy a ilością wody potrzebną do produkcji mleka, laktoza jest najbardziej stabilnym składnikiem mleka krowiego. W kolejnych miesiącach laktacji poziomy laktozy wahały się od 4,83% w drugim miesiącu do 4,62% w 14. miesiącu. Laktoza jest łatwo metabolizowana przez mikroorganizmy, co sprawia, że mleko krowie jest łatwo przyswajalne, a wiele gatunków mikroorganizmów jest w stanie go fermentować. Z tego powodu powszechnie przyjmuje się, że zmiany poziomu laktozy w mleku są związane ze wzrostem LKS. Liczba komórek somatycznych jest powszechnie akceptowanym wskaźnikiem zdrowia wymienia krów.

Najniższe poziomy tłuszczu, białka i suchej masy mleka w okresie laktacji wybranych krów wynosiły odpowiednio: 3,61%, 3,02% i 12,3% w drugim miesiącu laktacji (tab. 1). Gdy wydajność mleka spadała w kolejnych miesiącach laktacji, stężenie tych składników rosło, osiągając najwyższy poziom w 14. i 15. miesiącu laktacji. Najwyższe poziomy tłuszczu (4,95%), białka (4,06%) i suchej masy (14,48%) miały miejsce w 14. miesiącu. Wyjątkiem było mleko uzyskane w ósmym miesiącu laktacji, w którym najwyższe poziomy tłuszczu, białka i suchej masy były prawdopodobnie wynikiem źle zbilansowanych dawek pokarmowych. Wyniki wskazują, że prawidłowe żywienie krów i programy higieniczne zapewniające wysoki stan zdrowia gruczołu mlekowego są kluczowymi czynnikami wpływającymi na produkcję mleka.

Wpływ wyznaczonych w metodyce pracy czynników na zmiany w koncentracji podstawowych składników mleka. Ważnym celem pracy była ocena wpływu szeregu czynników środowiskowych na kształtowanie się podstawowego składu chemicznego mleka. Jak przedstawiono w metodyce pracy, w badaniach jako źródło zmienności dla składu chemicznego mleka krów rasy PHF wyznaczono: wiek i genotyp krów, poziom LKS w 1 ml mleka, wielkość STB oraz sezon wycielenia krów. W tabeli 1. przedstawiono zmiany w poziomie tłuszczu, białka, laktozy i suchej masy w obrębie wyznaczonych w metodyce pracy czynników. Dane zawarte w tabeli 1. wskazują, że w nielimitowanej populacji krów najwyższą zmiennością odznaczał się poziom tłuszczu w mleku. Wahaniami jego zawartości dochodziły nawet do 2,3 punktu procentowego dla czynnika uwzględniającego STB w mleku. Zaznaczyć należy, że dla zawartości tłuszczu wpływ wszystkich analizowanych czynników (poza sezonem wycielenia) okazał się wysoko istotny statystycznie ($P=0,01$). Znacznie mniejsze różnice zaobserwowano dla zmienności zawartości białka. Maksymalnie dochodziły one do 0,7 punktu procentowego (dla skrajnych poziomów STB w mleku). Niewielkie natomiast różnice dotyczyły krów będących w różnym wieku, należących do różnych genotypów i krów cielących się w różnych sezonach produkcyjnych. Oceniając poziom laktozy w mleku zaobserwowano wysoki istotny wpływ wieku krów na kształtowanie się tej cechy mleka. Zawartość laktozy w mleku malała wraz z wiekiem krów. Fakt ten miał przypuszczalnie związek z LKS u krów starszych. W badaniach własnych najwyższą zawartością laktozy charakteryzowało się mleko pozyskiwane od krów pierwiastek (4,88%), a najniższą od krów wieloródek (4,61%). Hipotezę dotyczącą dużego znaczenia jakości cytologicznej mleka dla poziomu laktozy potwierdzają dane dotyczące przeciętnego poziomu laktozy w mleku o różnym poziomie komórek somatycznych. W badaniach własnych wzrostowi LKS z poziomu 0-200 tys. do poziomu powyżej 1 mln towarzyszył spadek procentowej zawartości laktozy z poziomu 4,8% do

poziomu 4,5%. Na szczególną uwagę zasługuje ocena koncentracji suchej masy w mleku. W tabeli 1. zestawiono dane dotyczące wpływu badanych czynników na zawartość suchej masy w mleku. Poziom suchej masy w najwyższym stopniu był różnicowany przez odpowiedni poziom żywienia, określany w badaniach własnych wielkością STB w mleku. Pomiędzy mlekiem, w którym STB wynosił ≤ 1 i mlekiem, w którym STB wynosił powyżej 1,7 różnica w koncentracji suchej masy określona została na poziomie 1,33 punktu procentowego. Okazała się ona statystycznie istotna i związana niewątpliwie była z wysokim poziomem tłuszczu, który jest charakterystyczną cechą dla mleka krów dotkniętych kliniczną ketozą. Odrębnego komentarza wymagają dane dotyczące procentowej zawartości laktozy. Przedstawione w tabeli 1. potwierdzone statystycznie różnice w poziomie procentowej zawartości laktozy, wykazane dla różnych grup wiekowych krów, różnych genotypów i różnych sezonów wycielenia wiązać należy z występującym zróżnicowaniem w statusie zdrowotnym gruczołu mlekowego.

W tabeli 1. przedstawiono wyniki dotyczące jednego z głównych celów tego badania, tj. analizy wpływu szeregu czynników genetycznych i środowiskowych na poziom składników mleka. Stwierdzono brak statystycznie istotnego wpływu wieku krowy, genotypu i sezonu wycielenia na procentową zawartość tłuszczu, białka i suchej masy w mleku. Potwierdza to hipotezę, że czynniki te nie wpływają na poziom ważnych składników mleka pozyskiwanego od właściwie żywionych krów o wysokim stanie zdrowia gruczołu mlekowego.

Stwierdzono też, że próbki mleka pochodzącego od krów PHF przed selekcją znacznie różniły się składem chemicznym. Zróżnicowanie składu chemicznego mleka spowodowane czynnikami środowiskowymi i genetycznymi było znaczące i w większości grup krów zostało potwierdzone statystycznie. Składnikiem mleka, który ulegał największej modyfikacji był tłuszcz. Natomiast poziom laktozy charakteryzował się najniższą zmiennością.

Według Borkowskiej i Januś [6], Migliora i wsp. [25], Summerra i wsp. [29] oraz Vargi i Ishlera [30] procentowa zawartość tłuszczu w mleku krowim różni się znacznie w zależności od okresu laktacji. Jego najwyższy poziom zwykle występuje w siarze. W ciągu pierwszych dwóch miesięcy laktacji następuje zmniejszenie zawartości tłuszczu, a od trzeciego miesiąca laktacji następuje powolny wzrost jego poziomu w mleku. Najniższą zawartość tłuszczu w mleku odnotowuje się w drugim miesiącu laktacji, a maksimum w końcowym okresie laktacji. Trend ten został potwierdzony w wynikach badań przeprowadzonych przez Henno i wsp. [13], Brzozowskiego i Zdziarskiego [7], Micińskiego i Klupczyńskiego [22].

Ze względu na ścisły związek między syntezą laktozy a ilością wody pobieranej do mleka, zawartość laktozy jest najmniej zmienna. Laktoza należy do najbardziej stabilnych składników mleka krowiego [8, 15, 16]. W mleku pochodzącym od krów utrzymywanych na Podlasiu jej poziom wynosił średnio 4,72% [11]. Wraz z wiekiem krów poziom laktozy w ich mleku się zmniejsza. W badaniach Litwińczuka i wsp. [19] stwierdzono najwyższą zawartość laktozy w mleku krów w pierwszej laktacji (4,89%). W kolejnych laktacjach udział laktozy systematycznie się zmniejszał, osiągając poziom 4,69% w piątej laktacji. Podobnie w badaniach Gulińskiego i wsp. [11] wykazano, że

w pierwszej laktacji krowy zawartość laktozy wynosiła 4,84%, a laktacji 10. i dalszych zmniejszała się średnio o 0,28 punktu procentowego.

Wpływ poziomu produkcyjnego na zmiany w podstawowym składzie chemicznym mleka. W tabeli 2. przedstawiono wpływ wydajności dobowej na podstawowy skład chemiczny mleka krów rasy PHF. Wyodrębniono 4 grupy produkcyjne. Z analizy danych wynika, że w populacji krów rasy PHF ograniczonej przez kryterium STB i LKS, wzrost wydajności mleka był głównym czynnikiem wprowadzającym zmiany w koncentracji tłuszczu, białka i suchej masy. Wzrost wydajności dobowej mleka z poziomu ≤ 15 kg do powyżej 35 kg związany był ze spadkiem zawartości tłuszczu, białka i suchej masy, odpowiednio o: 1,0, 0,8 i 1,6 punktu procentowego. Podobnie Matwiejczuk i wsp. [21] stwierdzili, że wzrostowi dziennej wydajności mleka towarzyszył spadek zawartości tłuszczu, białka i suchej masy oraz wzrost stężenia laktozy.

Współzależności pomiędzy poziomem produkcyjnym a podstawowym składem chemicznym mleka. W tabeli 3. przedstawiono wyniki analiz dotyczących współzależności pomiędzy cechami wydajności i składu chemicznego mleka. Kluczowym wynikiem pracy było stwierdzenie, że w populacji krów PHF w pełni zdrowych i racjonalnie żywionych podstawowym czynnikiem prowadzącym do zmian w składzie chemicznym mleka jest jego wydajność. Podkreślić należy, że otrzymano dla wydajności mleka i procentowej zawartości tłuszczu, białka i suchej masy wysokie i negatywne współczynniki korelacji (r), które wynosiły odpowiednio: $-0,47$, $-0,49$ i $-0,49$. Wyliczone współczynniki regresji wykazały, że w ocenianej populacji bydła mlecznego wzrost wydajności dobowej mleka o 1 kg związany był ze spadkiem procentowej zawartości tłuszczu, białka i suchej masy, odpowiednio o: $-0,033$, $-0,027$ i $-0,052$. Podobnie Alphonsus [1] podał ujemne współczynniki korelacji pomiędzy wydajnością mleka a zawartością tłuszczu i białka, które wynosiły odpowiednio: $-0,680$ i $-0,214$. Podkreślić należy fakt występowania w populacji bydła mlecznego rasy PHF ujemnej współzależności pomiędzy wydajnością mleka krów a jego składem chemicznym. Podsumowując tę część pracy poziom wydajności uznać należy jako główny czynnik zmienności składu chemicznego mleka produkowanego w warunkach południowego Podlasia. Czynnikiem ten odgrywa kluczową rolę dla składu mleka pozyskiwanego w stadach bydła mlecznego, w których ma miejsce racjonalne bilansowanie dawek pokarmowych oraz realizowane są programy higieniczne gwarantujące wysoką jakość cytologiczną mleka, definiowaną niską LKS.

Prognoza podstawowego składu chemicznego mleka w zależności od wydajności krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej. W tabeli 4. zestawiono dane dotyczące predykcji składu chemicznego mleka krów rasy PHF z uwzględnieniem wydajności dobowej. Z wykorzystaniem równań regresji obliczono charakterystyczny podstawowy skład chemiczny mleka krów rasy PHF z optymalnym STB i LKS w 1 ml.

Podsumowując wyniki pracy należy stwierdzić, że u krów rasy PHF stan zdrowotny gruczołu mlekowego (określany LKS w 1 ml) oraz zbilansowanie dawek pokarmowych (określane wielkością STB) należą do zasadniczych czynników prowadzących do zmian w podstawowym składzie chemicznym mleka. Do podstawowych wniosków wynikających z pracy należy zaliczyć także stwierdzenie, że w populacji krów w pełni zdrowych i racjonalnie żywionych głównym czynnikiem prowadzącym do zmian w składzie che-

Tabela 1 – Table 1Wpływ wybranych czynników na średnią wydajność dobową krów ($\bar{x}$) i podstawowy skład chemiczny mlekaEffect of selected factors on daily yield ($\bar{x}$) and chemical composition of milk

Czynnik Factor	Populacja krów nielimitowana All cows							Populacja krów dających mleko o normalnym stosunku tłuszczowo- -białkowym (STB=1,1-1,4) i prawidłowej liczbie komórek somatycznych (LKS ≤200 tys./ml) Cows whose milk had a normal F/P ratio (1.1-1.4) and normal SCC (≤200,000/ml)					
	liczba obserwacji number of observations (n)	wydajność dobowa mleka daily milk yield (kg)	tłuszcz fat (%)	białko protein (%)	laktoza lactose (%)	sucha masa dry matter (%)	liczba obserwacji number of observations (n)	wydajność dobowa mleka daily milk yield (kg)	tłuszcz fat (%)	białko protein (%)	laktoza lactose (%)	sucha masa dry matter (%)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Miesiąc laktacji Month of lactation													
1	106	30,7 ^A	4,53 ^{CD}	3,13 ^G	4,79 ^{ABC}	13,29 ^F	36	30,2 ^{AB}	3,94 ^{GH}	3,16 ^U	4,85 ^{ABC}	12,81 ^G	
2	91	29,1 ^{AB}	4,16 ^{EF}	2,95 ^H	4,83 ^A	12,78 ^G	25	31,3 ^{AB}	3,61 ^I	3,02 ^J	4,87 ^{AB}	12,33 ^H	
3	99	29,5 ^{AB}	4,11 ^F	2,99 ^H	4,81 ^{AB}	12,79 ^G	37	32,3 ^A	3,7 ^{HI}	3,03 ^J	4,91 ^A	12,52 ^{GH}	
4	90	26,7 ^{BC}	4,07 ^F	3,18 ^G	4,83 ^A	12,9 ^G	36	27,5 ^{ABC}	3,96 ^{GH}	3,23 ^{HI}	4,92 ^A	12,91 ^{FG}	
5	90	25,6 ^{CD}	4,40 ^{DE}	3,34 ^F	4,79 ^{ABC}	13,34 ^F	35	27,1 ^{BC}	4,2 ^{FG}	3,39 ^{GH}	4,88 ^{AB}	13,38 ^{EF}	
6	90	22,6 ^E	4,41 ^{DE}	3,41 ^F	4,79 ^{ABC}	13,38 ^F	34	23,6 ^{CD}	4,27 ^{EF}	3,42 ^{FG}	4,82 ^{ABC}	13,38 ^{EF}	
7	100	22,9 ^{DE}	3,44 ^G	3,44 ^F	4,75 ^{BCD}	13,53 ^{EF}	×	×	×	×	×	×	
8	84	21,2 ^{EF}	4,59 ^{CD}	4,69 ^A	4,69 ^{DEF}	13,73 ^{DE}	27	19,3 ^{DE}	5,31 ^A	4,68 ^A	4,68 ^D	14,64 ^A	
9	102	20,9 ^{EF}	4,63 ^{CD}	3,63 ^E	4,72 ^{CDE}	13,77 ^{DE}	36	23,7 ^{CD}	4,3 ^{EF}	3,59 ^{EF}	4,77 ^{BCD}	13,51 ^{DE}	
10	94	18,9 ^{FG}	4,73 ^{BC}	3,79 ^D	4,68 ^{DEF}	13,88 ^{DE}	33	20,7 ^{DE}	4,41 ^{DEF}	3,67 ^{DE}	4,78 ^{BCD}	13,63 ^{DE}	
11	99	18,9 ^{FG}	4,8 ^{ABC}	3,77 ^D	4,68 ^{DEF}	14,05 ^{BCD}	30	20,2 ^{DE}	4,67 ^{BCD}	3,85 ^{CD}	4,82 ^{ABC}	14,17 ^{BC}	
12	85	16,2 ^G	4,97 ^{AB}	3,89 ^C	4,67 ^{EF}	14,31 ^{ABC}	19	19,4 ^{DE}	4,55 ^{CDE}	3,78 ^{CD}	4,73 ^{CD}	13,88 ^{CD}	
13	90	16,3 ^G	4,96 ^{AB}	3,96 ^{BC}	4,65 ^{EF}	14,34 ^{AB}	26	19,3 ^{DE}	4,89 ^B	3,89 ^{BC}	4,80 ^{ABC}	14,35 ^{AB}	
14	61	16,8 ^G	5,03 ^A	4,04 ^B	4,62 ^F	14,41 ^A	18	16,4 ^E	4,95 ^B	4,06 ^B	4,79 ^{ABCD}	14,48 ^{AB}	
15	48	17,0 ^G	4,71 ^{BC}	3,88 ^C	4,65 ^{EF}	13,99 ^{CD}	14	17,9 ^E	4,81 ^{BC}	3,87 ^C	4,81 ^{ABC}	14,25 ^{ABC}	
Wiek krów (laktacja) Age of cows (lactation)													
1	474	23,8 ^A	4,45 ^B	3,55 ^{AB}	4,88 ^A	13,7 ^A	180	34,3 ^A	4,29 ^A	3,54 ^A	4,90 ^A	13,48 ^A	
2	355	21,6 ^B	4,58 ^A	3,63 ^A	4,69 ^B	13,7 ^A	116	23,8 ^A	4,41 ^A	3,59 ^A	4,78 ^B	13,52 ^A	
3-4	317	22,3 ^B	4,52 ^{AB}	3,56 ^{AB}	4,65 ^C	13,6 ^A	73	24,8 ^A	4,36 ^A	3,59 ^A	4,72 ^B	13,38 ^{AB}	
5-7	183	21,5 ^B	4,31 ^C	3,52 ^B	4,61 ^D	13,3 ^B	37	24,7 ^A	4,17 ^A	3,43 ^A	4,73 ^B	13,08 ^B	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Genotyp (udział rasy PHF)												
Genotype (share of the PHF breed)												
≤50%	191	22,6 ^B	4,37 ^C	3,55 ^{AB}	4,8 ^A	13,57 ^{BC}	62	24,9 ^{AB}	4,34 ^A	3,53 ^A	4,86 ^A	13,5 ^A
50-75%	264	25,8 ^A	4,54 ^B	3,63 ^A	4,76 ^B	13,64 ^B	77	27,0 ^A	4,36 ^A	3,54 ^A	4,84 ^{AB}	13,5 ^A
75-82,5%	356	19,2 ^C	4,77 ^A	3,56 ^{AB}	4,72 ^C	13,85 ^A	87	21,7 ^C	4,44 ^A	3,59 ^A	4,83 ^{AB}	13,5 ^A
>82,5%	518	23,2 ^B	4,31 ^C	3,52 ^B	4,72 ^C	13,43 ^C	180	24,25 ^{BC}	4,3 ^A	3,55 ^A	4,79 ^B	13,4 ^A
Liczba komórek somatycznych – LKS (tys./ml)												
Somatic cell count of milk – SCC (1000/ml)												
0-200	782	24,1 ^A	4,43 ^B	3,52 ^C	4,8 ^A	13,56 ^B	406	24,2	4,33	3,56	4,82	13,44
200-400	276	21,5 ^B	4,49 ^B	3,59 ^{BC}	4,7 ^B	13,62 ^{AB}	×	×	×	×	×	×
400-1000	181	19,7 ^C	4,57 ^B	3,65 ^B	4,6 ^C	13,63 ^{AB}	×	×	×	×	×	×
>1000	90	17,5 ^D	4,78 ^A	3,77 ^A	4,5 ^D	13,86 ^A	×	×	×	×	×	×
Poziom żywienia (stosunek tłuszczowo-białkowy – STB)												
Nutrition level (fat/protein ratio – F/P ratio)												
≤1	231	22,5 ^A	3,47 ^D	3,8 ^A	4,72 ^A	13,05 ^D	×	×	×	×	×	×
1,1-1,4	722	22,6 ^A	4,41 ^C	3,6 ^B	4,73 ^A	13,49 ^C	406	24,2	4,33	3,56	4,82	13,44
1,4-1,7	308	22,2 ^A	5,16 ^B	3,4 ^C	4,77 ^A	14,12 ^B	×	×	×	×	×	×
>1,7	68	23,7 ^A	5,76 ^A	3,1 ^D	4,73 ^A	14,38 ^A	×	×	×	×	×	×
Sezon wycielenia												
Calving season												
jesienno-zimowy	653	22,76 ^A	4,56 ^A	3,56 ^A	4,76 ^A	13,7 ^A	187	25,2 ^A	4,35 ^A	3,50 ^A	4,85 ^A	13,41 ^A
autumn/winter												
wiosenno-letni	676	22,33 ^A	4,42 ^A	3,58 ^A	4,71 ^B	13,6 ^A	219	23,5 ^B	4,30 ^A	3,59 ^A	4,79 ^B	13,45 ^A
spring/summer												
razem/średnio	1329	22,5	4,48	3,57	4,74	13,6	406	24,2	4,33	3,56	4,82	13,44
total/average												
Średnie w obrębie czynników oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy P=0,01												
× – dane nie spełniają wyznaczonych kryteriów												
Means within factors marked with different letters differ significantly at P=0.01												
× – none of the data meet the specified criteria												

Tabela 2 – Table 2

Wpływ wydajności mleka (kg) na skład chemiczny mleka krów o normalnym stosunku tłuszczowo-białkowym (STB=1,1-1,4) i prawidłowej liczbie komórek somatycznych (LKS ≤ 200 tys./ml)

Effect of milk yield (kg) on its chemical composition for cows with a normal fat-to-protein ratio (F/P ratio of 1.1-1.4) and low somatic cells counts (SCC $\leq 200,000$ /ml)

Dobowa wydajność mleka Daily milk yield (kg)	Liczba obserwacji Number of observations (n)	Średnia dobowa wydajność mleka Daily milk yield (kg)	Procentowa zawartość Percentage content			
			tłuszcz fat ($\bar{x}$)	białko protein ($\bar{x}$)	laktoza lactose ($\bar{x}$)	sucha masa dry matter ($\bar{x}$)
≤ 15	63	12,7 ^D	4,81 ^A	3,89 ^A	4,76 ^C	14,2 ^A
15-25	180	19,9 ^C	4,47 ^B	3,71 ^B	4,81 ^{BC}	13,7 ^B
25-35	105	29,1 ^B	4,06 ^C	3,32 ^C	4,86 ^{AB}	13,0 ^C
>35	58	42,2 ^A	3,81 ^D	3,14 ^D	4,89 ^A	12,6 ^D
Razem/średnio Total/Average	406	24,4	4,33	3,56	4,82	13,43

Średnie w obrębie czynników oznaczone różnymi literami różnią się istotnie przy $P=0,01$

Means within factors marked with different letters differ significantly at $P=0.01$

Tabela 3 – Table 3

Współczynniki korelacji i regresji dla wydajności mleka i cech jego jakości chemicznej

Correlation and regression coefficients for milk yield and chemical composition

Korelowane cechy Correlated traits	Współczynnik korelacji Pearsona Pearson correlation coefficient (r)	Równanie regresji Regression equation
Wydajność mleka i procentowa zawartość tłuszczu Milk yield and percentage of fat	-0,47**	$y = 5,13059 - 0,03302 \times (x)$
Wydajność mleka i procentowa zawartość białka Milk yield and percentage of protein	-0,49**	$y = 4,20969 - 0,02683 \times (x)$
Wydajność mleka i procentowa zawartość laktozy Milk yield and percentage of lactose	0,17**	$y = 4,73377 + 0,00367 \times (x)$
Wydajność mleka i procentowa zawartość suchej masy Milk yield and percentage of dry matter	-0,49**	$y = 14,69258 - 0,05166 \times (x)$

**Współczynnik wysoko istotny przy $P=0,01$

**Coefficient highly significant at $P=0.01$

micznym mleka jest ich poziom produkcyjny. W pracy uzyskano dla wydajności mleka i procentowej zawartości tłuszczu, białka i suchej masy wysokie i negatywne współczynniki korelacji (r), które wynosiły odpowiednio: -0,47, -0,49 i -0,49. Wyniki te potwierdzają występowanie w populacji bydła mlecznego rasy PHF ujemnej współzależności pomiędzy wydajnością mleka krów a jego składem chemicznym. Poziom wydajności mleka uznano jako główny czynnik zmienności składu chemicznego mleka produkowanego w warunkach południowego Podlasia. W dyskusji nad składem chemicznym

Tabela 4 – Table 4

Prognozowanie podstawowego składu chemicznego mleka krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej z wykorzystaniem ich wydajności dobowej

Prediction of proximate chemical composition of the milk of Polish Holstein-Friesian cows based on daily yield

Wydajność dobową mleka Daily milk yield (kg)	Tłuszcz Fat (%) $5,14 - 0,03 \times (x)$	Białko Protein (%) $4,21 - 0,03 \times (x)$	Laktoza Lactose (%) $4,73 + 0,004 \times (x)$	Sucha masa Dry matter (%) $14,69 - 0,05 \times (x)$
5	4,96	4,07	4,75	14,43
10	4,80	3,94	4,77	14,17
15	4,63	3,80	4,78	13,91
20	4,47	3,67	4,80	13,65
25	4,30	3,53	4,82	13,40
30	4,13	3,40	4,84	13,14
35	3,97	3,27	4,86	12,88
40	3,80	3,13	4,88	12,62
45	3,64	3,00	4,89	12,36
50	3,47	2,86	4,91	12,10
55	3,31	2,73	4,93	11,85
60	3,14	2,59	4,95	11,59
65	2,98	2,46	4,97	11,33
70	2,81	2,33	4,99	11,07

mleka charakterystycznym dla rasy PHF, w szczególności w publikacjach urzędowych i naukowych dotyczących tej problematyki, powinno się uwzględnić wpływ poziomu produkcyjnego, LKS i STB na podstawowy skład chemiczny mleka.

PIŚMIENNICTWO

1. ALPHONSUS C., 2015 – Prediction of total milk yield in early lactation of dairy cows using milk composition measures. *Livestock Research for Rural Development* 27 (8), online edition: <http://www.lrrd.org/>.
2. ANTKOWIAK I., PYTLEWSKI J., SKRZYPEK R., 2007 – Wpływ kolejnej laktacji i jej fazy na użytkowość mleczną krów ras jersey i polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej. *Medycyna Weterynaryjna* 63 (11), 1366-1369.
3. BARŁOWSKA J., LITWIŃCZUK Z., KOWAL M., 2014 – Influence of production season and lactation stage on the technological suitability of milk from cows of various breeds fed in the TMR system. *Annals of Animal Science* 14, 649-661.
4. BARŁOWSKA J., LITWIŃCZUK Z., KRÓL J., TOPYŁA B., 2006 – Technological usefulness of milk of cows of six breeds maintained in Poland relative to a lactation phase. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 15/56, SI 1, 17-22.
5. BONDAN C., FOLCHINNI ANERIS J., NORO M., QUADROS LAZZARI D., MACHADO MARTINI K., GONZALES DIAZ F.H., 2018 – Milk composition of cows: a retrospective study. *Ciencia Rural* 48 (12), 1-8.
6. BORKOWSKA D., JANUŚ E., 2001 – Wpływ czynników poza genetycznych na wydajność i skład mleka oraz liczbę komórek somatycznych. *Roczniki Naukowe Akademii Rolniczej w Poznaniu*, CCCXLIV, Zootechnika 53, 25-30.

7. BRZOZOWSKI P., ZDZIARSKI K., 2006 – Wpływ genotypu, wieku, stadium laktacji i wydajności mlecznej krów czarno-białych na punkt zamarzania mleka. *Medycyna Weterynaryjna* 62 (1), 93-95.
8. DAVIES D.T., HOLT C., CHRISTIE W.W., 1983 – The composition of milk. Ch. 5 in *Biochemistry of Lactation* (ed. T.B. Mepham), Elsevier, Amsterdam.
9. FOX P.F., MCSWEENEY P.L.H., 1998 – *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Blackie Academic&Professional, London.
10. GAUNT S.N., 1980 – Genetic variation in the yields and contents of milk constituents. *International Dairy Federation Bulletin*, Document 125, 73-82.
11. GULIŃSKI P., SALAMOŃCZYK E., MŁYNEK K., 2018 – Możliwości modyfikacji składu chemicznego mleka krów. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach, 1-122.
12. GULIŃSKI P., WYSZOMIERSKI K., SALAMOŃCZYK E., 2016 – Relationship between somatic cell count and milk performance of Polish Holstein-Friesian cows. *Scientific Annals of Polish Society of Animal Production* 12 (1), 17-23.
13. HENNO M., OTS M., JOUDU I., KAART T., KART O., 2008 – Factors affecting the freezing point stability of milk from individual cows. *International Dairy Journal* 18, 210-215.
14. HUHTANEN P., RINNE M., 2007 – Effects of increasing the milk yield of dairy cows on milk composition. *Journal of Animal and Food Sciences* 16, Suppl. 1, 42-58.
15. INTERNATIONAL COMMITTEE FOR ANIMAL RECORDING: CONSTITUTION (ICAR), 2003 – International Agreement of Recording Practices – Guidelines approved by the General Assembly held in Interlaken, Switzerland, on 30 May 2002. ICAR, Roma, 297, pp. 10.
16. JENNESS R., 1988 – *Fundamentals of dairy chemistry. Composition of milk*. Springer US (ISBN 978-0-442-20489-1).
17. KITCHEN B. J., 1981 – Bovine mastitis: Milk compositional changes and related diagnostic tests. *Journal of Dairy Research* 48, 167.
18. LITWIŃCZUK Z., BARŁOWSKA J., CHABUZ W., BRODZIAK A., 2012 – Nutritional value and technological suitability of milk from cows of three Polish breeds included in the genetic resources conservation programme. *Annals of Animal Science* 12, 423-432.
19. LITWIŃCZUK Z., TETER U., TETER W., SIANEK P., CHABUZ W., 2006 – Ocena wpływu niektórych czynników na wydajność i jakość mleka krów utrzymywanych w gospodarstwach farmerskich. *Scientific Annals of Polish Society of Animal Production* 2 (1), 133-140.
20. LOOPER M., 2012 – Factors affecting milk composition of lactating cows. *Agriculture and Natural Resources* (<https://www.uaex.edu/publications/pdf/FSA-4014.pdf>).
21. MATWIEJCZUK A., WÓJCIK-SAGANEK A., BARŁOWSKA J., 2015 – Basic chemical composition, casein content and energy value of the milk of cows of the Polish Red, White-Backed and Simmental breeds, taking into account their daily yield. *Scientific Annals of Polish Society of Animal Production* 11 (1), 85-91.
22. MICIŃSKI J., KLUPCZYŃSKI J., 2006 – Correlations between polymorphic variants of milk proteins and milk yield and chemical composition in Black-and-White and Jersey cows. *Journal of Food And Nutrition Sciences* 15/56, SI 1, 137-143.
23. MICIŃSKI J., POGORZELSKA J., 2011 – The effect of dairy cattle management systems on milk yield, composition and somatic cell count. *Acta Scientiarum Polonorum, Zootechnica*, 10 (3), 55-64.

24. MICIŃSKI J., POGORZELSKA J., KALICKA A., KOWALSKI I.M., SZAREK J., 2012 – Zawartość kwasów tłuszczowych w mleku krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej z uwzględnieniem ich wieku i fazy laktacji. *Żywność Nauka Technologia Jakość* 4 (83), 136-150.
25. MIGLIOR F., MUIR B.L., VAN DOORMAAL B.J., 2005 – Selection indices in Holstein cattle of various countries. *Journal of Dairy Science* 88, 1255-1263.
26. NEEDS E.C., ANDERSON M., 1984 – Lipid composition of milk from cows with experimentally induced mastitis. *Journal of Dairy Research* 51, 239.
27. SAS Institute Inc., 2003 – Statistical Analysis System User's Guide. Version 9.1. SAS Institute, Cary.
28. SCHUTZ M.M., 2012 – Variation of milk, fat, protein and somatic cells for dairy cattle. *Journal of Dairy Sciences* 73, 484-493.
29. SUMMER A., SANDRI S., TOSI F., FRANCESCHI P., MALACARNE M., FORMAGGIONI P., MARIANI P., 2007 – Seasonal trend of some parameters of the milk quality payment for Parmigiano-Reggiano cheese. *Italian Journal of Animal Science* 6, suppl. 1, 475-477.
30. VARGA G.A., ISHLER V.A., 2007 – Managing nutrition for optimal milk components. Western Dairy Management Conference Proceedings Reno, NV March 7-9, 17-28.

Piotr Guliński, Anna Kłopotowska

An attempt to develop a method for determining the typical chemical composition of the milk of Polish Holstein-Friesian cows – a proposal

Summary

The aim of this paper is to develop a method for determining the typical chemical composition of the milk of Polish Holstein-Friesian (PHF) cows. The paper uses data collected from 1329 test-day milking records from 20 herds of PHF dairy cattle in Sokółów County, from 2009 to 2015. The effect of the following factors on the chemical composition of milk was determined: lactation stage (15 one-month stages); age of cows (lactations 1, 2, 3–4, and 5–7); genotype (share of PHF breed: less than 50%, 50–75%, 75–82.5% and more than 82.5%); somatic cell count (SCC) in 1 ml of milk (in thousands: 0–200, 200–400, 400–1000 and more than 1000); feeding level (fat to protein (F/P) ratio): ≤ 1.0 , 1.0–1.4, 1.4–1.7 and > 1.7); calving season (autumn/winter, spring/summer) and daily milk yield (milk yield in kg: ≤ 15 , 15–25, 25–35 and > 35). Nutrition and udder health status were found to be the main factors influencing the chemical composition of milk. For selected cows with optimally balanced feed rations (F/P ratio in milk from 1.1 to 1.4) and a low somatic cell count ($\text{SCC} \leq 200,000/\text{ml}$), daily yield was the main factor affecting the chemical composition of the milk. It was also concluded that government and scientific publications on the PHF breed should take into account the impact of the F/P ratio, SCC and yield of milk on its composition.

KEY WORDS: cows, milk, chemical components