

Korelacje między zawartością wybranych białek serwatkowych w mleku krów

Aneta Brodziak^{1#}, Jolanta Król², Anna Litwińczuk², Anna Wolanciuk²

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Biologii, Nauk o Zwierzętach i Biogospodarki,

¹Katedra Hodowli i Ochrony Zasobów Genetycznych Bydła,

²Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych,

ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin; #e-mail: aneta.brodziak@up.lublin.pl

Celem badań było określenie zależności między zawartością głównych białek serwatkowych występujących w mleku krowim. Badaniami objęto 2278 próbek mleka pobranych od krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno- i czerwono-białej, jersey oraz simentalskiej. W każdej próbce oznaczono zawartość głównych białek serwatkowych, tj. α -laktoalbuminy, β -laktoglobuliny, krowiej albuminy serum, laktoferyny i lizozymu, metodą RP-HPLC. W celu określenia korelacji między zawartością poszczególnych białek serwatkowych sporządzono macierzowe wykresy rozrzutu. W zdecydowanej większości przypadków wykazano istotny związek między zawartością poszczególnych analizowanych białek serwatkowych. Uwzględniając zarówno sezon produkcji, jak i rasę krów, stwierdzono istotne ($p=0,001$), ujemne wartości współczynników korelacji między zawartością α -laktoalbuminy i krowiej albuminy serum, α -laktoalbuminy i lizozymu, β -laktoglobuliny i krowiej albuminy serum oraz β -laktoglobuliny i lizozymu. Natomiast korelacje między stężeniem α -laktoalbuminy i β -laktoglobuliny, laktoferyny i lizozymu oraz krowiej albuminy serum i lizozymu były dodatnie.

SŁOWA KLUCZOWE: mleko krowie / α -laktoalbumina / β -laktoglobulina / albumina serum / korelacja

Białka występujące w mleku wpływają na jego wartość odżywczą i prozdrowotną oraz przydatność technologiczną. Współczesne doniesienia o wielokierunkowym, pozytywnym oddziaływaniu składników frakcji białkowej mleka, a zwłaszcza białek serwatkowych, zarówno na organizm nowo narodzonego oseska, jak i człowieka, wpływają na wzrost zainteresowania tymi białkami. W mleku krowim stanowią one 20-25% białek, z czego około 75% przypada na albuminy, tj. α -laktoalbuminę, β -laktoglobulinę i krowią albuminę serum (BSA). Większość z tych białek jest niezbędna do prawidłowego rozwoju oseska, wpływając m.in. na układ trawienny, krwionośny czy nerwowy. W skład białek serwatkowych wchodzi również białka wykazujące właściwości przeciwbakteryjne, przeciwwirusowe, przeciwrzybicze czy przeciwpasożytnicze, tj. laktoferyna, lizozym, laktoperoksydaza

lub immunoglobuliny [6, 9, 16]. Ich zawartość w mleku dla oseska lub w diecie człowieka jest jednym z czynników warunkujących prawidłową odpowiedź immunologiczną organizmu. Immunoglobuliny warunkują bowiem swoistą odporność humoralną organizmu [3]. Laktoferyna stanowi podstawowy element systemu odporności wrodzonej, nieswoistej człowieka oraz innych ssaków [8]. Ponadto białka serwatkowe są źródłem aminokwasów egzogennych i coraz częściej wykorzystywane są do wzbogacania odżywek dla dzieci, środków dietetycznych czy też wysokobiałkowych preparatów dla rekonwalescentów oraz sportowców. Znalazły również zastosowanie w farmakologii oraz kosmetologii [4, 5, 18]. Ważne zatem jest poznanie zależności między koncentracją tych białek.

Celem badań było określenie korelacji między zawartością głównych białek serwatkowych występujących w mleku krowim.

Material i metody

Badaniami objęto łącznie 2278 próbek mleka, pobranych od krów trzech ras użytkowanych mlecznie w Polsce, tj. polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej, występującej w dwóch odmianach barwnych, tj. czarno-białej (789 próbek) i czerwono-białej (486), jersey (768) oraz simentalskiej (235). Krowy utrzymywano w oborach wolnostanowiskowych i żywiono według systemu TMR (ang. Total Mixed Ration). W skład dawki pokarmowej wchodziły pasze objętościowe (kiszzonka z kukurydzy, sianokiszzonka, siano), treściwe oraz mieszanki mineralno-witaminowe. Wydajność dobową krów przedstawiała się następująco: rasa polska holsztyńsko-fryzyjska odmiany czarno-białej – 27,1 kg, odmiany czerwono-białej – 22,8 kg, jersey – 20,3 kg, simentalska – 21,5 kg. Próbkę mleka pobierano indywidualnie od każdej krowy w czasie próbných udojów, w dwóch sezonach, tj. wiosenno-letnim (V-VII) i jesienno-zimowym (XII-II). Krowy były w II-IV laktacji, w środkowym jej okresie (tj. między 120. a 200. dniem laktacji).

Badaniami objęto próbki mleka, w których liczba komórek somatycznych nie przekraczała 400 tys./ml – Somacount 150 (Bentley Instruments, USA). Próbkę mleka były przechowywane w temperaturze -24°C do momentu wykonania dalszych analiz.

W celu określenia stężenia wybranych białek serwatkowych, tj. α -laktoalbuminy, β -laktoglobuliny, laktoferyny, krowiej albuminy serum oraz lizozymu, zastosowano wysokosprawną chromatografię cieczową w odwróconym układzie faz. Wszystkie próbki przygotowano zgodnie z metodą opracowaną przez Romero i wsp. [14] z modyfikacjami Brodziak i wsp. [1]. Po rozmrożeniu próbki mleka zostały odtłuszczone i doprowadzane do $\text{pH}=4,6$, w celu kwasowej precypitacji kazein. Następnie wydzieloną serwatkę odwirowano i przefiltrowano. Przygotowane w ten sposób próbki serwatki poddano analizie chromatograficznej. Rozdział białek przeprowadzono przy zastosowaniu chromatografu cieczowego ProStar 210, wyposażonego w detektor UV-Vis ProStar 325 (Varian, USA). We wszystkich przypadkach rozdziały odbywały się z wykorzystaniem fazy ruchomej woda-acetonitryl (Sigma, Niemcy) w gradiencie i kolumny Nucleosil 300-5 C18 (Varian, USA) o długości 250 mm i średnicy 4,6 mm. Czas analizy pojedynczej próbki wynosił 35 minut przy długości fali $\lambda=205$ nm. W identycznych warunkach przeprowadzono analizy substancji wzorcowych. W tym celu zastosowano roztwory wzorcowe oczysz-

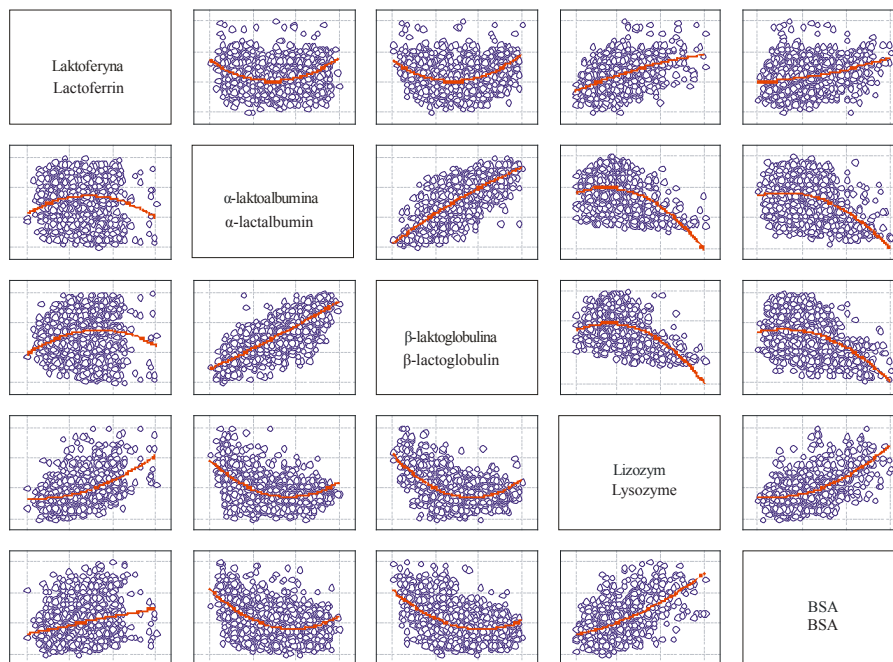
czonych białek, tj. α -laktoalbuminy ($\geq 85\%$), β -laktoglobuliny (90%), krowiej albuminy serum ($\geq 96\%$) i laktoferyny (90%) – wszystkie uzyskane z białek mleka, a także lizozymu (95%) z białka jaja kurzego (Sigma, Niemcy). Na podstawie analizy czasów retencji odczytanych z poszczególnych chromatogramów, przy zastosowaniu programu Star 6.2 Chromatography Workstation (Varian, USA), dokonano identyfikacji jakościowej poszczególnych substancji. Analizę ilościową wykonano metodą wzorca zewnętrznego.

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie, wykorzystując program StatSoft Inc. Statistica ver. 10. W celu określenia korelacji między analizowanymi zmiennymi, tj. poszczególnymi białkami serwatkowymi, sporządzono macierzowe wykresy rozrzutu (z dopasowaniem wielomianowym). Podano współczynniki korelacji Pearsona (r) i determinacji (R^2). Za istotne statystycznie uznano wyniki, których wartość poziomu istotności wynosiła $p \leq 0,05$.

Wyniki i dyskusja

W celu określenia korelacji między stężeniem analizowanych białek serwatkowych sporządzono macierzowe wykresy rozrzutu (rys. 1-7). Na tej podstawie, a także biorąc pod uwagę obliczone współczynniki korelacji liniowej Pearsona i determinacji, określono siłę i rodzaj zależności między analizowanymi zmiennymi. W zdecydowanej większości przypadków uzyskano istotne ($p=0,001$) zależności między stężeniem poszczególnych białek serwatkowych. Należy zaznaczyć, że uwzględniając zarówno sezon produkcji, jak i rasę krów, stwierdzono istotne ($p=0,001$) ujemne wartości współczynników korelacji między zawartością α -laktoalbuminy i BSA, α -laktoalbuminy i lizozymu, β -laktoglobuliny i BSA oraz β -laktoglobuliny i lizozymu. Natomiast korelacje między stężeniem α -laktoalbuminy i β -laktoglobuliny, laktoferyny i lizozymu oraz BSA i lizozymu były dodatnie.

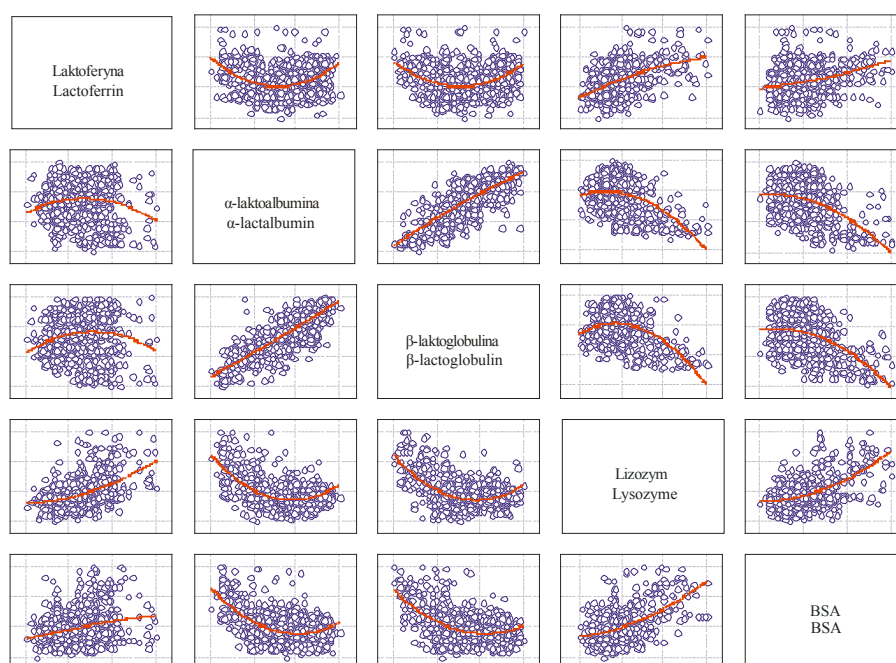
Analiza wykresów rozrzutu z zaznaczoną linią regresji pozwala na stwierdzenie braku liniowej zależności między zmiennymi prawie we wszystkich przypadkach. Na szczególną uwagę zasługuje jednak silna dodatnia korelacja liniowa między zawartością α -laktoalbuminy i β -laktoglobuliny ($R^2=0,613$, $r=0,783$; rys. 1). Podobne tendencje wykazano również w przypadku analizy uwzględniającej sezon produkcji i rasę krów (rys. 2-7). W sezonie letnim 67% ($r=0,820$ przy $p=0,001$) zaobserwowanej zmienności α -laktoalbuminy została wyjaśniona regresją względem β -laktoglobuliny, natomiast w sezonie zimowym – tylko 54% ($r=0,736$ przy $p=0,001$; rys. 2 i 3). Uwzględniając rasę krów, największą wartość współczynnika determinacji uzyskano dla rasy simentalskiej ($R^2=0,691$, $r=0,831$ przy $p=0,001$; rys. 6). Stwierdzono, że w pozostałych przypadkach istniejące zależności między analizowanymi zmiennymi o wiele lepiej zostały wyjaśnione korelacjami krzywoliniowymi, zwłaszcza dla korelacji między α -laktoalbuminą i lizozymem, β -laktoglobuliną i BSA, β -laktoglobuliną i lizozymem oraz BSA i lizozymem. W żadnym przypadku nie wykazano jednak istotnego wpływu kolejnej laktacji, interakcji rasy z kolejną laktacją oraz interakcji rasy, sezonu produkcji i kolejnej laktacji na wielkość korelacji między stężeniem analizowanych białek serwatkowych. W związku z tym wyniki z tych analiz nie zostały zamieszczone w pracy.



Białka Proteins	R ²	r	p
laktoferyna – α-laktoalbumina lactoferrin – α-lactalbumin	0,004	-0,061	0,010
laktoferyna – β-laktoglobulina lactoferrin – β-lactoglobulin	0,000	-0,005	0,890
laktoferyna – BSA lactoferrin – BSA	0,029	0,170	0,050
laktoferyna – lizozym lactoferrin – lysozyme	0,182	0,426	0,001
α-laktoalbumina – β-laktoglobulina α-lactalbumin – β-lactoglobulin	0,613	0,783	0,001
α-laktoalbumina – BSA α-lactalbumin – BSA	0,118	-0,344	0,001
α-laktoalbumina – lizozym α-lactalbumin – lysozyme	0,101	-0,318	0,001
β-laktoglobulina – BSA β-lactoglobulin – BSA	0,114	-0,338	0,001
β-laktoglobulina – lizozym β-lactoglobulin – lysozyme	0,082	-0,287	0,001
BSA – lizozym BSA – lysozyme	0,262	0,512	0,001

R² – współczynnik determinacji – coefficient of determination, r – współczynnik korelacji – correlation coefficient, p-wartość – p-value

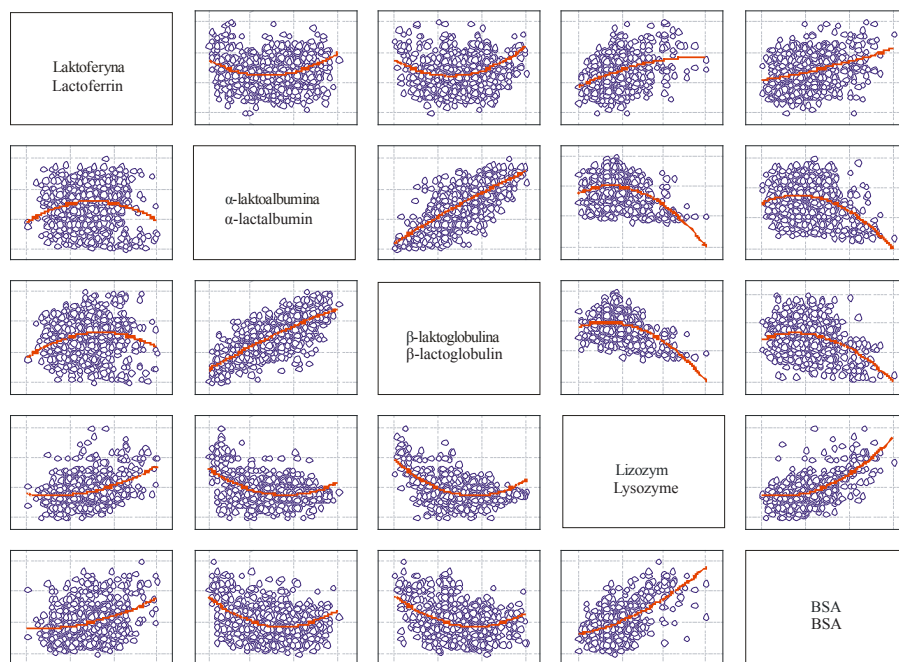
Rys. 1. Korelacje między zawartością analizowanych białek serwatkowych mleka
Fig. 1. Correlations between the content of whey proteins in milk



Białka Proteins	R ²	r	p
laktoferyna – α-laktoalbumina lactoferrin – α-lactalbumin	0,000	–0,005	0,855
laktoferyna – β-laktoglobulina lactoferrin – β-lactoglobulin	0,009	–0,097	0,001
laktoferyna – BSA lactoferrin – BSA	0,078	0,280	0,001
laktoferyna – lizozym lactoferrin – lysozyme	0,214	0,463	0,001
α-laktoalbumina – β-laktoglobulina α-lactalbumin – β-lactoglobulin	0,672	0,820	0,001
α-laktoalbumina – BSA α-lactalbumin – BSA	0,184	–0,429	0,001
α-laktoalbumina – lizozym α-lactalbumin – lysozyme	0,135	–0,368	0,001
β-laktoglobulina – BSA β-lactoglobulin – BSA	0,162	–0,402	0,001
β-laktoglobulina – lizozym β-lactoglobulin – lysozyme	0,089	–0,299	0,001
BSA – lizozym BSA – lysozyme	0,264	0,514	0,001

R² – współczynnik determinacji – coefficient of determination, r – współczynnik korelacji – correlation coefficient, p-wartość – p-value

Rys. 2. Korelacje między zawartością analizowanych białek serwatkowych w mleku z sezonu letniego
Fig. 2. Correlations between the content of whey proteins in milk obtained in the summer season

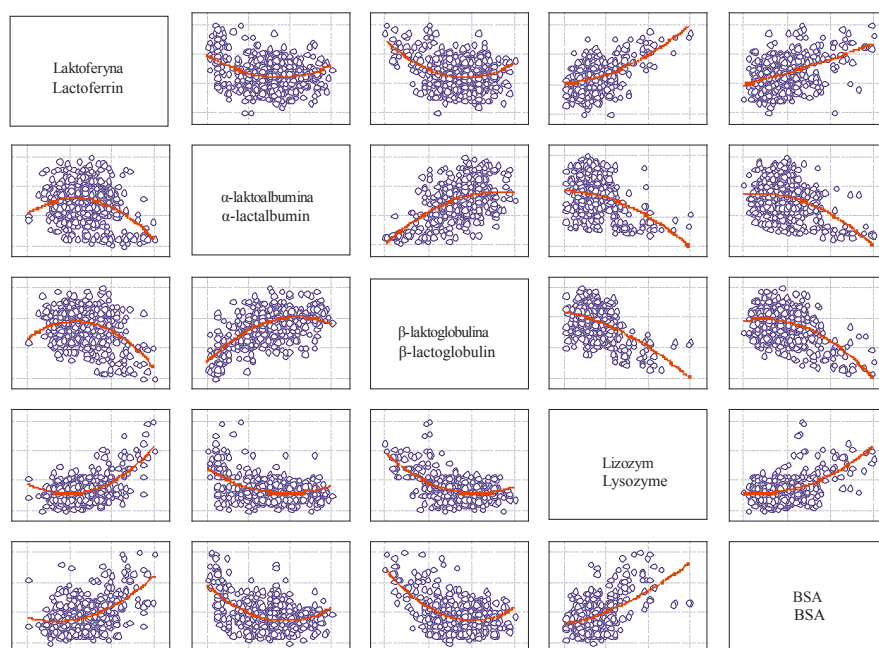


Białka Proteins	R ²	r	p
laktoferyna – α-laktoalbumina lactoferrin – α-lactalbumin	0,002	0,045	0,121
laktoferyna – β-laktoglobulina lactoferrin – β-lactoglobulin	0,017	0,132	0,001
laktoferyna – BSA lactoferrin – BSA	0,102	0,320	0,000
laktoferyna – lizozym lactoferrin – lysozyme	0,118	0,343	0,001
α-laktoalbumina – β-laktoglobulina α-lactalbumin – β-lactoglobulin	0,542	0,736	0,001
α-laktoalbumina – BSA α-lactalbumin – BSA	0,061	-0,247	0,001
α-laktoalbumina – lizozym α-lactalbumin – lysozyme	0,089	-0,298	0,001
β-laktoglobulina – BSA β-lactoglobulin – BSA	0,065	-0,255	0,001
β-laktoglobulina – lizozym β-lactoglobulin – lysozyme	0,130	-0,360	0,001
BSA – lizozym BSA – lysozyme	0,290	0,539	0,001

R² – współczynnik determinacji – coefficient of determination, r – współczynnik korelacji – correlation coefficient, p-wartość – p-value

Rys. 3. Korelacje między zawartością analizowanych białek serwatkowych w mleku z sezonu zimowego

Fig. 3. Correlations between the content of whey proteins in milk obtained in the winter season

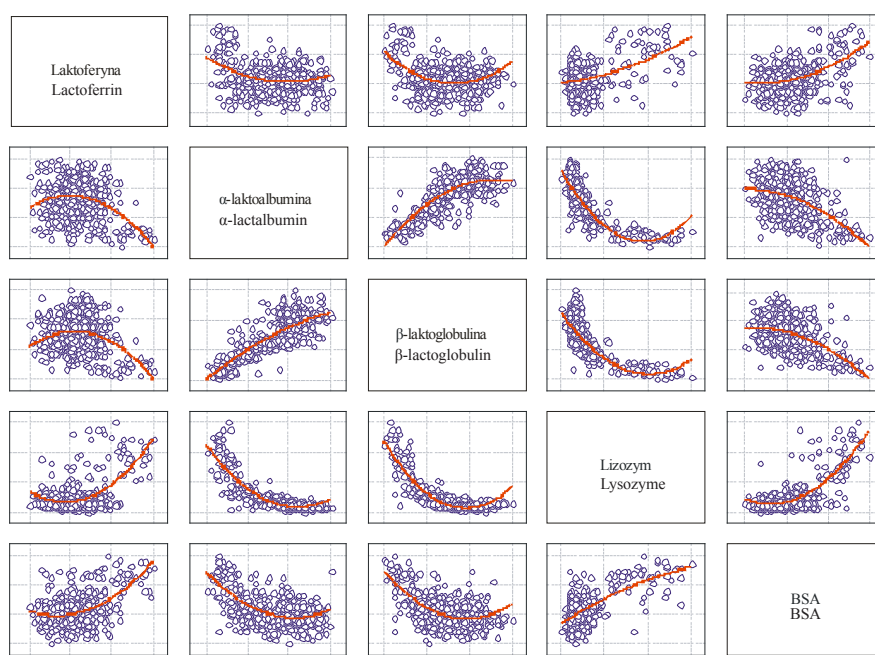


Białka Proteins	R ²	r	p
laktoferyna – α-laktoalbumina lactoferrin – α-lactalbumin	0,037	–0,193	0,001
laktoferyna – β-laktoglobulina lactoferrin – β-lactoglobulin	0,058	–0,240	0,001
laktoferyna – BSA lactoferrin – BSA	0,187	0,432	0,001
laktoferyna – lizozym lactoferrin – lysozyme	0,202	0,449	0,001
α-laktoalbumina – β-laktoglobulina α-lactalbumin – β-lactoglobulin	0,271	0,521	0,001
α-laktoalbumina – BSA α-lactalbumin – BSA	0,144	–0,380	0,001
α-laktoalbumina – lizozym α-lactalbumin – lysozyme	0,127	–0,356	0,001
β-laktoglobulina – BSA β-lactoglobulin – BSA	0,185	–0,430	0,001
β-laktoglobulina – lizozym β-lactoglobulin – lysozyme	0,229	–0,479	0,001
BSA – lizozym BSA – lysozyme	0,229	0,479	0,001

R² – współczynnik determinacji – coefficient of determination, r – współczynnik korelacji – correlation coefficient, p-wartość – p-value

Rys. 4. Korelacje między zawartością analizowanych białek serwatkowych w mleku krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyskiej odmiany czarno-białej

Fig. 4. Correlations between the content of whey proteins in milk obtained from the Black-and-White variety of Polish Holstein-Friesian cows

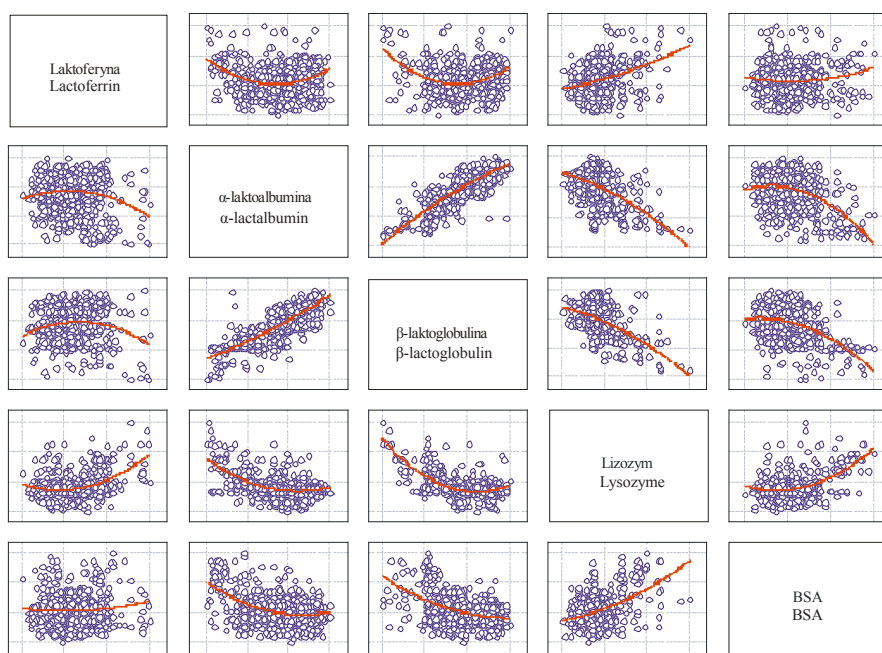


Białka Proteins	R ²	r	p
laktoferyna – α-laktoalbumina lactoferrin – α-lactoalbumin	0,070	-0,264	0,001
laktoferyna – β-laktoglobulina lactoferrin – β-lactoglobulin	0,045	-0,212	0,001
laktoferyna – BSA lactoferrin – BSA	0,203	0,451	0,001
laktoferyna – lizozym lactoferrin – lysozyme	0,209	0,457	0,001
α-laktoalbumina – β-laktoglobulina α-lactoalbumin – β-lactoglobulin	0,627	0,792	0,001
α-laktoalbumina – BSA α-lactoalbumin – BSA	0,274	-0,523	0,001
α-laktoalbumina – lizozym α-lactoalbumin – lysozyme	0,566	-0,752	0,001
β-laktoglobulina – BSA β-lactoglobulin – BSA	0,252	-0,502	0,001
β-laktoglobulina – lizozym β-lactoglobulin – lysozyme	0,491	-0,701	0,001
BSA – lizozym BSA – lysozyme	0,452	0,672	0,001

R² – współczynnik determinacji – coefficient of determination, r – współczynnik korelacji – correlation coefficient, p-wartość – p-value

Rys. 5. Korelacje między zawartością analizowanych białek serwatkowych w mleku krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czerwono-białej

Fig. 5. Correlations between the content of whey proteins in milk obtained from Red-and-White variety of Polish Holstein-Friesian cows

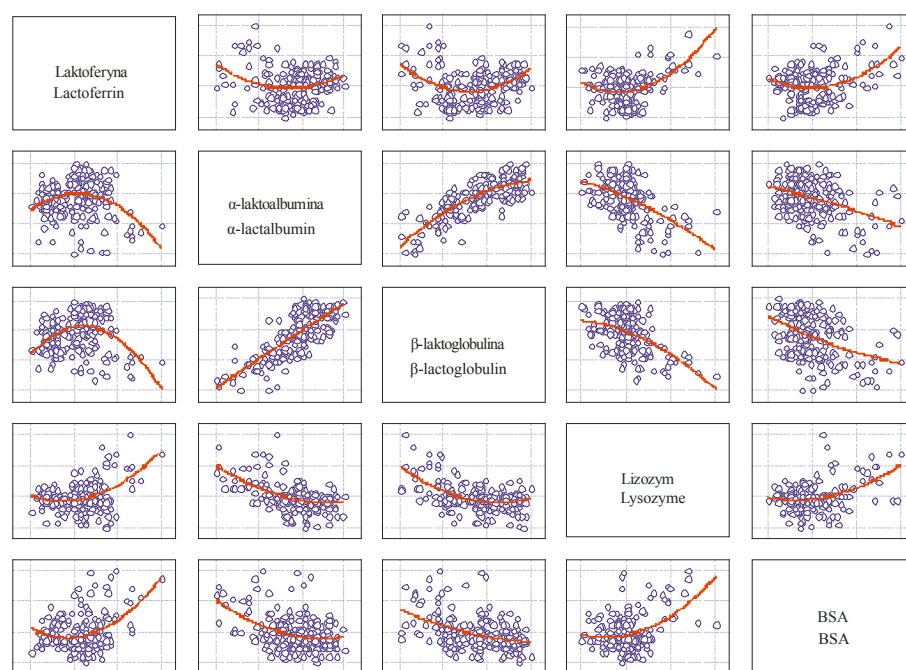


Białka Proteins	R ²	r	p
laktoferyna – α-laktoalbumina lactoferrin – α-lactalbumin	0,008	-0,090	0,010
laktoferyna – β-laktoglobulina lactoferrin – β-lactoglobulin	0,000	-0,005	0,890
laktoferyna – BSA lactoferrin – BSA	0,003	0,058	0,050
laktoferyna – lizozym lactoferrin – lysozyme	0,104	0,323	0,001
α-laktoalbumina – β-laktoglobulina α-lactalbumin – β-lactoglobulin	0,691	0,831	0,001
α-laktoalbumina – BSA α-lactalbumin – BSA	0,156	-0,395	0,001
α-laktoalbumina – lizozym α-lactalbumin – lysozyme	0,260	-0,510	0,001
β-laktoglobulina – BSA β-lactoglobulin – BSA	0,183	-0,428	0,001
β-laktoglobulina – lizozym β-lactoglobulin – lysozyme	0,248	-0,498	0,001
BSA – lizozym BSA – lysozyme	0,182	0,427	0,001

R² – współczynnik determinacji – coefficient of determination, r – współczynnik korelacji – correlation coefficient, p-wartość – p-value

Rys. 6. Korelacje między zawartością analizowanych białek serwatkowych w mleku krów rasy simentalskiej

Fig. 6. Correlations between the content of whey proteins in milk obtained from Simmental cows



Białka Proteins	R^2	r	p
laktoferyna – α -laktoalbumina lactoferrin – α -lactalbumin	0,003	-0,055	0,403
laktoferyna – β -laktoglobulina lactoferrin – β -lactoglobulin	0,004	0,065	0,320
laktoferyna – BSA lactoferrin – BSA	0,057	0,238	0,001
laktoferyna – lizozym lactoferrin – lysozyme	0,098	0,313	0,001
α -laktoalbumina – β -laktoglobulina α -lactalbumin – β -lactoglobulin	0,624	0,790	0,001
α -laktoalbumina – BSA α -lactalbumin – BSA	0,148	-0,384	0,001
α -laktoalbumina – lizozym α -lactalbumin – lysozyme	0,253	-0,503	0,001
β -laktoglobulina – BSA β -lactoglobulin – BSA	0,178	-0,422	0,001
β -laktoglobulina – lizozym β -lactoglobulin – lysozyme	0,210	-0,458	0,001
BSA – lizozym BSA – lysozyme	0,119	0,345	0,001

R^2 – współczynnik determinacji – coefficient of determination, r – współczynnik korelacji – correlation coefficient, p -wartość – p -value

Rys. 7. Korelacje między zawartością analizowanych białek serwatkowych w mleku krów rasy jersey
Fig. 7. Correlations between the content of whey proteins in milk obtained from Jersey cows

Caffin i wsp. [2], analizując mleko krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej, również uzyskali dodatnią korelację między zawartością α -laktoalbuminy i β -laktoglobuliny ($r=0,12$). Należy wspomnieć, że obydwa białka należą do albumin i posiadają wspólne cechy charakterystyczne dla tej grupy. Mackle i wsp. [13] oceniali wpływ energii pobieranej w dawce pokarmowej na stężenie białek serwatkowych w mleku krów. Autorzy odnotowali, że zawartość głównych białek serwatkowych, tj. α -laktoalbuminy i β -laktoglobuliny, zmniejszała się, zaś BSA zwiększała, kiedy zwierzęta nie miały dostępu do pastwiska. Zdaniem Leitch i Wilcox [10] oraz Linden van der i wsp. [11] właściwości przeciwbakteryjne laktoferyny i lizozymu synergizują się. W badaniach Semba i wsp. [15] współczynnik korelacji między zawartością laktoferyny i lizozymu w mleku kobiecym wynosił $r=0,179$ przy $p=0,12$. W chwili inicjacji procesu zapalnego gruczołu mlekowego dochodzi do wzrostu aktywności wielu przeciwbakteryjnych składników mleka, tj. laktoferyny, lizozymu, laktoperoksydazy, IgG czy BSA, które mogą być wykorzystywane jako wskaźniki stanu zdrowotnego wymienia [7, 17]. Król i wsp. [7] uzyskali dodatni wysoki współczynnik korelacji ($r=0,721$) między zawartością laktoferyny i IgG w mleku, co wskazuje na ścisłą zależność między zawartością tych białek. Analizując natomiast zależności między poszczególnymi białkami serwatkowymi a liczbą komórek somatycznych (LKS) w mleku – świadczącej o stanie zdrowotnym gruczołu mlekowego, Litwińczuk i wsp. [12] wykazali, że wzrost LKS obniżał w niewielkim stopniu zawartość głównych albumin, tzn. α -laktoalbuminy i β -laktoglobuliny. Natomiast wraz ze zwiększaniem się liczby komórek somatycznych wzrastała istotnie zawartość białek immunoaktywnych (laktoferyny i lizozymu) oraz BSA. Autorzy uzyskali najwyższe wartości współczynników korelacji między zawartością BSA i LKS w mleku krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej ($r=0,711$), a zdecydowanie mniejsze dla mleka krów rasy simentalskiej ($r=0,577$) i jersey ($r=0,472$).

Podsumowując należy stwierdzić, że w zdecydowanej większości przypadków stwierdzono istotny związek między zawartością poszczególnych analizowanych białek serwatkowych w mleku krowim. Uwzględniając zarówno sezon produkcji, jak i rasę krów, stwierdzono istotne ($p=0,001$) ujemne wartości współczynników korelacji między zawartością α -laktoalbuminy i krowiej albuminy serum, α -laktoalbuminy i lizozymu, β -laktoglobuliny i krowiej albuminy serum oraz β -laktoglobuliny i lizozymu. Natomiast korelacje między stężeniem α -laktoalbuminy i β -laktoglobuliny, laktoferyny i lizozymu oraz krowiej albuminy serum i lizozymu były dodatnie. Z uwagi na wciąż rosnące zainteresowanie białkami serwatkowymi, poznanie zależności między ich zawartością jest uzasadnione. Białka te bowiem nie tylko stanowią o wartości odżywczej pozyskiwanego surowca, ale świadczą również o stanie zdrowotnym gruczołu mlekowego. Zalecany jest zatem monitoring ich zawartości, a przede wszystkim białek wykazujących właściwości antybakteryjne (laktoferyny i lizozymu) oraz krowiej albuminy serum.

PIŚMIENNICTWO

1. BRODZIAK A., BARŁOWSKA J., KRÓL J., LITWIŃCZUK Z., 2012 – Effect of breed and feeding system on content of selected whey proteins in cow's milk in spring-summer and autumn-winter seasons. *Annals of Animal Science* 12, 2, 261-269.
2. CAFFIN J.P., POUTREL B., RAINARD P., 1985 – Physiological and pathological factors influencing bovine α -lactalbumin and β -lactoglobulin concentration in milk. *Journal of Dairy Science* 68, 5, 1087-1094.

3. EL-LOLY M.M., 2007 – Bovine milk immunoglobulins in relation to human health. *International Journal of Dairy Science* 2, 3, 183-195.
4. GRAF S., EGERT S., HEER M., 2011 – Effects of whey protein supplements on metabolism: Evidence from human intervention studies. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 14, 6, 569-580.
5. KRÍŽOVÁ L., HANUŠ O., HADROVÁ S., KUČERA J., SAMKOVÁ E., ROUBAL P., VESELÝ A., 2014 – Composition, physical and technological properties of raw milk as affected by cattle breed, season and type of diet. *Annals of Animal Science* 14, 3, 721-736.
6. KRÓL J., BRODZIAK A., LITWIŃCZUK A., 2011 – Podstawowy skład chemiczny i zawartość wybranych białek serwatkowych w mleku krów różnych ras i w serwatce podpuszczkowej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 77, 4, 74-83.
7. KRÓL J., LITWIŃCZUK Z., BRODZIAK A., KARASIŃSKA A., 2014 – Immunoglobulin G content in milk with regard to breed and age of cows and stage of lactation. *Medycyna Weterynaryjna* 70, 4, 237-241.
8. KRUZEL M.L., ACTOR J.K., BOLDOGH I., ZIMECKI M., 2007 – Lactoferrin in health and disease. *Postępy Higieny i Medycyny Doświadczalnej* 61, 261-267.
9. KUCZYŃSKA B., PUPPEL K., GOŁĘBIEWSKI M., METERA E., SAKOWSKI T., SŁONIEWSKI K., 2012 – Differences in whey proteins content between cow's milk collected in late pasture and early indoor feeding season from conventional and organic farms in Poland. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92, 2899-2904.
10. LEITCH E.C., WILCOX M.D., 1999 – Elucidation of the antistaphylococcal action of lactoferrin and lysozyme. *Journal of Medical Microbiology* 48, 867-871.
11. LINDEN VAN DER D.S., SHORT D., DITTMANN A., YU P.L., 2009 – Synergistic effects of ovine-derived cathelicidins and other antimicrobials against *Escherichia coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus* 1056 MRSA. *Biotechnology Letters* 31, 1265-1267.
12. LITWIŃCZUK Z., KRÓL J., BRODZIAK A., BARŁOWSKA J., 2011 – Changes of protein content and its fractions in bovine milk from different cow breeds subject to somatic cell count. *Journal of Dairy Science* 94, 2, 684-691.
13. MACKLE T.R., BRYANT A.M., PETCH S.F., HOOPER R.J., AULDIST M.J., 1999 – Variation in the composition of milk protein from pasture-fed dairy cows in late lactation and the effect of grain and silage supplementation. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 42, 147-154.
14. ROMERO C., PEREZ-ANDUJAR O., JIMENES S., 1996 – Detection of cow's milk in ewe's or goat's milk by HPLC. *Chromatographia* 42, 181-184.
15. SEMBA R.D., KUMWENDA N., TAHA T.E., HOOVER D.R., LAN Y., EISINGER W., MTIMAVALYE L., BROADHEAD R., MIOTTI P.G., HOEVEN L., CHIPHANGWI J.D., 1999 – Mastitis and immunological factors in breast milk of lactating women in Malawi. *Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology* 6, 5, 671-674.
16. SMITHERS G.W., 2008 – Whey and whey proteins – From 'gutter to gold'. *International Dairy Journal* 18, 695-704.
17. SOYEURT H., BASTIN C., COLINET F.G., ARNOULD V.M.R., BERRY E., WALL D.P., DEHARENG F., NGUYEN H.N., DARDENNE P., SCHEFERS J., VANDENPLAS J., WEIGEL K., COFFEY M., THÉRON L., DETILLEUX J., REDING E., GENGLER N., MCPAR-

- LAND S., 2012 – Mid-Infrared prediction of lactoferrin content in bovine milk: Potential indicator of mastitis. *Animal* 6, 11, 1830-1838.
18. SUKKAR S.G., IORIO E.L., 2011 – Whey proteins. Overview of clinical trials. *Progress in Nutrition* 13, Suppl. 1, 35-44.

Aneta Brodziak, Jolanta Król, Anna Litwińczuk, Anna Wolanciuk

Correlations between the content of selected whey proteins in cow milk

S u m m a r y

The aim of the study was to determine the correlations between the concentrations of major whey proteins in cow milk. A total of 2,278 milk samples from Polish Holstein-Friesian (Black-and-White and Red-and-White varieties), Simmental and Jersey cows were analysed. In each sample the content of major whey proteins, i.e. α -lactalbumin, β -lactoglobulin, bovine serum albumin, lactoferrin and lysozyme were determined by the RP-HPLC method. Matrix scatter plots were prepared to determine the correlations between the concentrations of individual whey proteins. In the vast majority of cases a significant relationship was found between the content of individual whey proteins. Taking into account the production season and breed of cow, highly significant ($p=0.001$) negative correlation coefficients were obtained for the content of α -lactalbumin and bovine serum albumin, for α -lactalbumin and lysozyme, for β -lactoglobulin and bovine serum albumin, and for β -lactoglobulin and lysozyme. Positive correlations were observed for the concentrations of α -lactalbumin with β -lactoglobulin, lactoferrin and lysozyme, as well as for bovine serum albumin with lysozyme.

KEY WORDS: cow milk / α -lactalbumin / β -lactoglobulin / bovine serum albumin / correlation