

# Zawartość immunoglobulin G w mleku w zależności od rasy i wieku krów oraz fazy laktacji

JOLANTA KRÓL, ZYGMUNT LITWIŃCZUK\*, ANETA BRODZIAK\*, ANETA KARASIŃSKA

Katedra Towaroznawstwa i Przetwórstwa Surowców Zwierzęcych,

\*Katedra Hodowli i Ochrony Zasobów Genetycznych Bydła,

Wydział Biologii i Hodowli Zwierząt, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin

Otrzymano 16.07.2013

Zaakceptowano 13.11.2013

Król J., Litwińczuk Z., Brodziak A., Karasińska A.

## Immunoglobulin G content in milk with regard to breed and age of cows and stage of lactation

### Summary

The aim of the study was to analyze the content of immunoglobulin G in milk, with regards to selected physiological (age of cows, stage of lactation), environmental (production season, somatic cell count) and genetic (breed of cows) factors. The study included five breeds of dairy cows: i.e. Polish Holstein-Friesian – Black-White and Red-White varieties, Jersey, Simmental, Polish Red and Whiteback. Milk samples were collected solely from cows with healthy mammary glands; during trial milking which occurred twice a year, once in the winter season, and again in the summer season. In each breed group, according to the breeding documentation, the cows (40 heads in the season) were selected in the appropriate age class (lactation I, II, III and IV) and stage of lactation (up to 120 days, from 121 to 200 days and from 201 to 305 days). A total of 480 milk samples were examined. In each sample the following parameters were determined: somatic cell count (SCC), percentage of protein, including casein, and lactose, concentration of selected whey proteins, i.e.  $\alpha$ -LA,  $\beta$ -LG and lactoferrin, and the level of immunoglobulin G (IgG). It has been shown that the cows of local breeds produced a raw material with a higher content of immunoglobulin G. IgG concentration in the milk increased with the subsequent lactations, which might be associated with the significant rise in level of somatic cells with the age of cows, as it was indicated by the significant interaction ( $p \leq 0.01$ ) obtained between subsequent lactation and SCC. IgG content also varied significantly during the course of lactation, reaching a peak in the final stage. Moreover, a significant effect of SCC on IgG level in milk was found, which was confirmed by the high value of the correlation coefficient obtained ( $r = 0.507$ ). A statistically ( $p \leq 0.05$ ) significant interaction between breed and SCC for IgG content in milk may indicate a different sensitivity of the analyzed breeds of cows on the somatic cell count increase. This may be due to a variable permeability of the blood-milk barrier in mammary glands.

**Keywords:** milk, IgG

Immunoglobuliny (Ig) są to wysokocząsteczkowe globuliny obecne w osoczu krwi oraz płynach ustrojowych. W zależności od struktury fizykochemicznej i aktywności biologicznej wyróżnia się trzy główne klasy immunoglobulin, tj. IgG, IgM i IgA. W mleku przeżuwaczy dominują IgG, które stanowią około 80% ogółu tych białek. Należą one do grupy białek bioaktywnych, decydujących o poziomie odporności organizmu, warunkujących swoistą odporność humoralną organizmu (1, 3). Immunoglobuliny stanowią bardzo ważną grupę białek wykazujących aktywność antybakteryjną. Na drodze wiązania antygenów, a także fagocytozy lub aktywacji układu dopełniacza uczestniczą w niszczeniu chorobotwórczych mikroorganizmów, tj.: *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Clostridium difficile*, *Shigella flexneri*, *Streptococcus mutans* czy *Helicobacter pylori* (4, 9). Zaobserwowano także

synergiczne oddziaływanie omawianych związków z laktoferyną i lizozymem przeciwko *Escherichia coli* i *Micrococcus luteus* (19, 27). Immunoglobuliny typu A, podobnie jak apo-laktoferyna i lizozym, działają przeciwko patogenicznej, pasożytniczej *Entamoeba histolytica*. Ponadto immunoglobuliny blokują działanie toksyn i wirusów (27).

Immunoglobuliny są selektywnie transportowane z osocza do gruczołu mlekowego. Przeciętny poziom IgG, IgM i IgA w sianie zdrowych krów mlecznych wynosi, odpowiednio: 47,6, 4,2 oraz 3,9 mg/ml. Ich zawartość w mleku gwałtownie obniża się i kształtuje na poziomie wielokrotnie niższym (IgG – 590, IgM – 50, IgA – 140  $\mu$ g/ml) (1, 24).

W wielu krajach dostępne są na rynku preparaty na bazie immunoglobulin przeznaczone dla zwierząt gospodarskich, głównie dla noworodków cieląt i świń,

podawane w celu zapobiegania infekcjom żołądkowo-jelitowym (3). Coraz większym zainteresowaniem cieszą się również produkty na bazie Ig wykorzystywane przez ludzi w celach profilaktycznych lub terapeutycznych (4, 30). Wykazano, iż stosowanie suplementacji wpływa korzystnie na odporność organizmu oraz zapobiega chorobom układu pokarmowego. U niemowląt i dzieci do lat czterech po podaniu preparatu na bazie Ig stwierdzono redukcję występowania biegunek wywoływanych przez rotawirusy (3, 4, 25). Badania kliniczne potwierdziły skuteczność stosowania preparatów w terapii przeciwbólowej u pacjentów z zespołem fibromialgii (6, 29).

Celem badań była analiza zawartości immunoglobulin G w mleku krowim w zależności od wybranych czynników fizjologicznych (wiek krów, faza laktacji), środowiskowych (sezon produkcji, liczba komórek somatycznych) i genetycznych (rasa krów).

### Materiał i metody

Badania przeprowadzono na mleku pozyskiwanym od krów 5 ras użytkowanych mlecznie w Polsce, tj. trzech ras o znaczeniu międzynarodowym (polskiej holsztyńsko-fryzyskiej odmiany czarno-białej i czerwono-białej, jersey, simentalskiej) oraz dwóch ras lokalnych (polskiej czerwonej i białogrzbieta). Krowy rasy polskiej holsztyńsko-fryzyskiej, jersey i simentalskiej utrzymywano w gospodarstwach nastawionych na intensywną produkcję mleka. Żywienie zwierząt, zarówno w sezonie zimowym, jak i letnim, prowadzono systemem TMR (total mix rations; kiszonka z kukurydzy, sianokiszonka i pasza treściwa). Z kolei krowy ras rodzimych utrzymywano w małych gospodarstwach, a ich żywienie w okresie letnim opierało się głównie na pastwisku, a zimą na własnych paszach gospodarskich.

Próbki mleka pobierano dwukrotnie w ciągu roku, tj. w sezonie zimowym i letnim w czasie próbnego udoju tylko od krów ze zdrowym gruczołem mlekowym (po wykonaniu testu TOK z użyciem odczynnika Mastirapid). Na podstawie dokumentacji hodowlanej spośród zwierząt każdej rasy wybierano krowy (po 40 sztuk w sezonie) będące w odpowiedniej klasie wiekowej (I, II, III i IV laktacja) oraz okresie laktacji (do 120 dni, od 121 do 200 i od 201 do 305 dni). Łącznie badaniami objęto 480 próbek mleka. W każdej próbce oznaczano:

- liczbę komórek somatycznych (LKS) metodą cytometrii przepływowej aparatem Somacount 150 (Bentley Instruments);
- podstawowy skład chemiczny, tj. procentową zawartość tłuszczu, białka, laktozy i suchej masy – Infrared Milk Analyzer (Bentley Instruments);
- zawartość kazeiny – (AOAC 2000; metoda 998.06);
- zawartość wybranych białek serwatkowych, tj.  $\alpha$ -laktoalbuminy ( $\alpha$ -LA),  $\beta$ -laktoglobuliny ( $\beta$ -LG) i laktoferyny – przy zastosowaniu chromatografu cieczowego ProStar 210 i detektora UV-VIS ProStar 325 (Varian);
- zawartość immunoglobulin z grupy G – metodą radialnej immunodyfuzji przy użyciu testów Bovine IgG LL (The Binding Site, Birmingham UK).

Oznaczano zawartość IgG w mleku w zależności od rasy krów (polska holsztyńsko-fryzyska odmiany czarno-białej i czerwono-białej, jersey, simentalska, polska czerwona i białogrzbieta), numeru laktacji (1 – krowy w laktacji I, 2 – krowy w laktacji II, 3 – krowy w laktacji III, 4 – krowy w laktacji IV), fazy laktacji (1 – do 120 dni, 2 – od 121 do 200, 3 – od 201 do 305 dni), sezonu produkcji (zimowy, letni) oraz liczby komórek somatycznych w mleku (I – do 100 tys. LKS/ml, II – 101-200 tys. LKS/ml, III – 201-400 tys. LKS/ml).

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem programu StatSoft Inc. Statistica ver. 6 (Statsoft Inc. 2003) w oparciu o jednoczynnikową oraz dwuczynnikową analizę wariancji z interakcją. Istotność różnic wyznaczono testem NIR Fishera (przy  $p \leq 0,05$  i  $p \leq 0,01$ ). W celu określenia zależności pomiędzy wybranymi składnikami mleka a zawartością IgG obliczono współczynniki korelacji ( $r$ ) i determinacji ( $R^2$ ).

### Wyniki i omówienie

W badaniach wykazano, że spośród wielu ras krów mlecznych w Polsce zwierzęta ras lokalnych produkują surowiec o wyższej zawartości immunoglobulin

**Tab. 1. Zawartość IgG w mleku w zależności od wybranych czynników ( $\bar{x} \pm SD$ )**

Czynniki	Liczba próbek	IgG (mg/l)
<b>Rasa</b>		
Polska holsztyńsko-fryzyska odmiany czarno-białej	80	483,18 <sup>A</sup> ± 46,71
Polska holsztyńsko-fryzyska odmiany czerwono-białej	80	492,02 <sup>A</sup> ± 89,97
Simentalska	80	579,94 <sup>C</sup> ± 88,70
Jersey	80	548,04 <sup>B</sup> ± 42,64
Białogrzbieta	80	581,60 <sup>C</sup> ± 76,30
Polska czerwona	80	590,10 <sup>C</sup> ± 58,10
<b>Numer laktacji</b>		
I	116	502,21 <sup>A</sup> ± 54,44
II	122	534,44 <sup>B</sup> ± 89,00
III	118	535,55 <sup>AB</sup> ± 57,04
IV	124	579,46 <sup>C</sup> ± 98,32
<b>Faza laktacji</b>		
1	164	531,61 <sup>a</sup> ± 82,48
2	155	533,55 <sup>ab</sup> ± 73,50
3	161	564,10 <sup>b</sup> ± 93,68
<b>Sezon</b>		
Lato	240	556,37 <sup>b</sup> ± 97,95
Zima	240	527,36 <sup>a</sup> ± 76,43
<b>LKS</b>		
1	123	515,42 <sup>A</sup> ± 72,95
2	166	548,28 <sup>B</sup> ± 90,13
3	191	583,00 <sup>C</sup> ± 43,85

Objaśnienie: A, B, C – różnice istotne przy  $p \leq 0,01$ ; a, b, c – różnice istotne przy  $p \leq 0,05$

G. Najwyższą koncentrację tych białek stwierdzono w mleku krów rasy polskiej czerwonej (590,1 mg/l) i białogrzbiętej (581,6 mg/l). Nieznacznie mniejszą ich ilość zawierało mleko krów rasy simentalskiej (579,9 mg/l), utrzymywanych systemem intensywnym. Z kolei mleko pozyskiwane od krów wysoko wydajnych, o największym znaczeniu w produkcji mleka, zarówno w Polsce, jak i na świecie, tj. rasy holsztyńsko-fryzyjskiej, stanowiło uboższe źródło tych białek (tab. 1). Można zatem sądzić, iż koncentracja IgG w mleku związana jest z wydajnością mleczną krów. Zmniejsza się wraz z jej wzrostem, na co również wskazuje ujemna wartość współczynnika korelacji między stężeniem IgG a dzienną produkcją mleka ( $r = -0,123$ ) – tab. 3. Liu i wsp. (17) także uzyskali ujemne zależności między stężeniem IgG a dzienną produkcją mleka ( $r = -0,024$ ). Porównywalną zawartość IgG dla rasy holsztyńsko-fryzyjskiej stwierdzono w badaniach innych autorów (2, 13). Muller i Ellinger (20) prowadząc badania na siarze pozyskiwanej od krów pięciu ras (ayrshire, brown swiss, guernsey, holsztyńskiej i jersey), najniższą zawartość IgG wykazali w mleku krów rasy holsztyńskiej (4,12%), a najwyższą u jersey (6,65%) w stosunku do pozostałych ras. Krukowski i wsp. (12) w mleku krów czarno-białych z 50-75% udziałem genów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej uzyskali natomiast wyższy poziom tych białek – 628 mg/l. W siarze krów ras mięsnych zawartość IgG kształtowała się od 75,7 mg/ml dla rasy limousine do 95,5 mg/ml dla charolaise (21).

W mleku z kolejnych laktacji stwierdzono wzrost stężenia IgG ( $p \leq 0,01$ ). Najniższy poziom IgG wykazano w pierwszej laktacji (502,2 mg/l). W kolejnych laktacjach ich udział zwiększał się sukcesywnie przy  $p \leq 0,01$ . W badaniach Levieuxa i Olliera (13), podobnie jak w badaniach własnych, pierwiastki produkowały istotnie mniej IgG w porównaniu do krów będących w II-IV laktacji ( $p \leq 0,05$ ) oraz starszych ( $p \leq 0,01$ ). Wyniki badań Mian-bin i Yin-jun (18) potwierdzają wyższy udział tych białek w siarze i mleku pozyskiwanym od wieloródek. Różnice te mogą być związane z istotnym wzrostem poziomu komórek somatycznych wraz z wiekiem krów, na co wskazują uzyskane istotne interakcje ( $p \leq 0,01$ ) między kolejną laktacją a LKS (tab. 2). Mając na uwadze, iż w badanym mleku liczba komórek somatycznych nie przekraczała 400 tys./ml, można przypuszczać, iż wraz z wiekiem krów zwiększa się przepuszczalność nabłonka gruczołu mlekowego. Najprawdopodobniej jest to związane z przebytymi wcześniej stanami zapalnymi, które powodowały uszkodzenie nabłonka i zwiększanie jego przepuszczalności – nawet po wyleczeniu (17, 26). Znaczący wpływ LKS na zawartość w mleku białek immunoaktywnych potwierdzają badania Litwińczuka i wsp. (16).

Zawartość IgG ulegała również istotnym zmianom w trakcie trwania laktacji. Najwięcej tych białek stwierdzono w końcowym okresie laktacji (564,1 mg/l). W dwóch pierwszych fazach laktacji zawartość

Tab. 2. Wyniki jedno- i wieloczynnikowej analizy wariancji dla zawartości IgG w mleku

Wpływ czynnika	
Rasa	**
Numer laktacji	**
Faza laktacji	*
Sezon produkcji	*
LKS	**
Interakcje	
rasa × laktacja	ns
rasa × faza laktacji	ns
rasa × sezon produkcji	ns
rasa × LKS	*
laktacja × faza laktacji	ns
laktacja × sezon produkcji	ns
laktacja × LKS	**
faza laktacji × sezon produkcji	ns
faza laktacji × LKS	ns
sezon × LKS	ns

Objaśnienie: \*\* –  $p \leq 0,01$ ; \* –  $p \leq 0,05$ ; ns – nieistotne

Tab. 3. Współczynniki korelacji ( $r$ ) i determinacji ( $R^2$ ) przedstawiające zależności między wydajnością dzienną i wybranymi składnikami mleka a zawartością IgG w mleku

Czynnik	$r$	$R^2$
Wydajność dzienna	-0,123*	0,015
Lks	0,507**	0,257
Białko	0,146**	0,021
Kazeina	-0,287**	0,082
Laktoza	-0,173**	0,030
$\alpha$ -laktoalbumina	-0,150*	0,023
$\beta$ -laktoglobulina	-0,044	0,002
Laktoferyna	0,721**	0,520

Objaśnienie: \*\* –  $p \leq 0,01$ ; \* –  $p \leq 0,05$

IgG okazała się istotnie niższa ( $p \leq 0,05$ ), średnio o 32,45 mg/l. W badaniach Caffina i wsp. (2) stężenie IgG zmieniało się również (podobnie jak w badaniach własnych) w trakcie przebiegu laktacji. W początkowej (30 dni) i środkowej fazie (150 dni) zanotowano porównywalną zawartość, tj. 0,37 i 0,38 mg/ml. Istotnie więcej IgG stwierdzono w mleku pozyskiwanym w końcowej fazie laktacji (270 dni) – 0,60 mg/ml. Zmiany w zawartości IgG w mleku w trakcie przebiegu laktacji potwierdzili również Liu i wsp. (17). Również Caffin i wsp. (2) zanotowali wzrost zawartości IgG w mleku w trakcie trwania laktacji, zarówno u krów zdrowych, jak i ze stanem zapalnym wymienia. W badaniach Król i wsp. (11) przeprowadzonych na mleku pozyskiwanym od krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej i czerwono-białej, jersey oraz simentalskiej, użytkowanych w intensywn-

nej technologii chowu, najbogatszym źródłem IgG okazało się mleko pozyskiwane od krów wieloródek rasy simentalskiej i jersey, będących w ostatniej fazie laktacji.

Liczba komórek somatycznych jest powszechnie stosowanym wskaźnikiem oceny stanu zdrowia wymienia oraz jakości mleka, a jednocześnie jednym z kryteriów przyjęcia mleka do skupu. Umożliwia wczesne zdiagnozowanie *mastitis* z objawami podklinicznymi. Zdaniem wielu autorów (7, 16, 30), ćwiartka produkująca mleko o zawartości komórek somatycznych przekraczającej 200 tys./ml wykazuje objawy stanu podklinicznego *mastitis*. Hamann (7) jako standard zdrowotności wymienia przyjął LKS na poziomie 100 tys./ml. Wyższa LKS świadczy, jego zdaniem, o zaburzonej sekrecji mleka, co prowadzi do obniżenia wydajności dobowej, zmian w składzie chemicznym i pogorszenia właściwości technologicznych. W przypadku siary stany zapalne wymienia przyczyniają się do obniżenia jej wartości odżywczej oraz negatywnie wpływają na stopień wykorzystania immunoglobulin przez cielęta (23). W Polsce i innych krajach Unii, zgodnie z obowiązującymi wymaganiami (Rozporządzenie WE nr 853/2004 z późniejszymi zmianami), mleko surowe nie powinno zawierać w 1 ml więcej niż 400 tys. komórek somatycznych. Badania wielu autorów wskazują na równoległy wzrost poziomu LKS i immunoglobulin klasy G w mleku i siarze pochodzącej od krów z zapaleniem wymienia (8, 17, 22, 30, 31).

W badaniach własnych, pomimo iż LKS nie przekraczało 400 tys./ml, zanotowano podobne zależności. Wraz ze wzrostem LKS zwiększało się istotnie stężenie IgG. Mleko o najwyższej liczbie komórek somatycznych – 201-400 tys. LKS/ml (grupa 3) zawierało o 12% więcej immunoglobulin w porównaniu do mleka najwyższej jakości (do 100 tys. LKS/ml). Potwierdzeniem znaczącego wpływu LKS na zawartość IgG w mleku jest stosunkowo wysoka dodatnia wartość współczynnika korelacji ( $r = 0,507$ ) – tab. 3. Analogiczne zależności stwierdzono w wynikach badań innych autorów (15, 17, 22, 31).

Immunoglobuliny klasy G, podobnie jak BSA (bovine serum albumin), pochodzą prawie wyłącznie z krwi. Ich stężenie jest wskaźnikiem przepuszczalności bariery krew–mleko w gruczole mlekowym (14, 16). Wykazane w badaniach własnych istotne interakcje ( $p \leq 0,05$ ) dla zawartości IgG w mleku w zależności od rasy (tab. 2) mogą wskazywać na różną wrażliwość porównywanych ras krów na wzrost liczby komórek somatycznych, co być może wynika z różnej przepuszczalności bariery krew–mleko w gruczole mlekowym. Litwińczuk i wsp. (16) uzyskali istotne interakcje ( $p \leq 0,01$ ) między rasą a LKS dla zawartości BSA w mleku oraz wyraźnie zróżnicowane współczynniki korelacji ( $r = 0,711$  – holsztyńsko-fryzyjska;  $r = 0,577$  – simentalaska i  $r = 0,472$  – jersey), co, zdaniem autorów, wskazuje na różną wrażliwość porównywanych

ras krów na wzrost liczby komórek somatycznych. Można sądzić, że u krów rasy simentalskiej i jersey przy wzroście LKS nie dochodzi do tak intensywnego przenikania albuminy serum z krwi do mleka, jak u krów holsztyńsko-fryzyjskich. Wskazywałoby to na większą odporność krów rasy simentalskiej i jersey, na infekcje gruczolu mlekowego. Jednak zbyt wysoki poziom tej frakcji białkowej zaburza wchłanianie IgG przez nabłonek jelitowy cieląt (5).

W badaniach przeprowadzonych przez Nudda i wsp. (22) na mleku pozyskiwanym od owiec rasy sarda wykazano również istotne różnice w zawartości białek serwatkowych w zależności od LKS, przy czym dla laktoferyny, BSA oraz IgG uzyskano istotne dodatnie korelacje z LKS, wynoszące, odpowiednio:  $r = 0,39$ ,  $r = 0,31$  i  $r = 0,35$ .

W chwili inicjacji procesu zapalnego, oprócz wzrostu poziomu IgG i BSA w mleku, dochodzi również do wzrostu aktywności wielu przeciwbakteryjnych składników mleka, tj. laktoferyny, lizozymu czy laktoperoksydazy, które, zdaniem wielu autorów, również mogą być wykorzystywane jako wskaźniki stanu zdrowotnego wymienia (10, 28). Uzyskane dodatnie wysokie współczynniki korelacji ( $r = 0,721$ ) między zawartością laktoferyny i IgG wskazują na ścisłe zależności w zawartości tych białek mleka.

## Piśmiennictwo

- Boudry C., Dehoux J., Portetelle D., Buldgen A.: Bovine colostrum as a natural growth promoter for newly weaned piglets: a review. *Biotechnol. Agron. Soc.* 2008, 12 (2), 157-170.
- Caffin J. P., Poutrel B., Rainard P.: Physiological and pathological factors influencing bovine immunoglobulin G<sub>1</sub> concentration in milk. *J. Dairy Sci.* 66 (10), 2161-2166.
- El-Loly M. M., Farrag A. F.: Isolation of immunoglobulin-rich fractions from whey. *Milchwissenschaft* 2007, 62 (2), 199-202.
- Gapper L. W., David E. J., Copestake D. E. J., Otter D. E., Indyk H. E.: Analysis of bovine immunoglobulin G in milk, colostrum and dietary supplements: a review. *Anal. Bioanal. Chem.* 2007, 389, 93-109.
- Garry F. B., Adams R., Cattell M. B., Dinsmore R. P.: Comparison of passive immunoglobulin transfer to dairy calves fed colostrum or commercially available colostrum-supplement products. *J. American Vet. Medical Association* 1996, 208, 107-110.
- Goebel A., Buhner S., Schedel R., Lochs H., Sprotte G.: Altered intestinal permeability in patients with primary fibromyalgia and in patients with complex regional pain syndrome. *Rheumatology* 2008, 47 (8), 1223-1227.
- Hamann J.: Relationship between somatic cell count and milk composition. *Bulletin FIL-IDF* 2002, 372, 56-59.
- Jones G. M., Bailey T. L.: Understanding the Basics of Mastitis. Virginia Cooperative Extension, 2006, Publication 404-233. Virginia Tech, USA, 1-5. doi: <http://pubs.ext.vt.edu/404/404-233/404-233>.
- Korhonen H.: Isolation of immunoglobulins from colostrums. *Bulletin FIL-IDF* 2004, 389, 78-84.
- Kostro K., Gliński Z., Nozdryn-Plotnicki Z.: Immunologiczne i immunopatologiczne aspekty zapalenia, [w:] Kostro K., Gliński Z. (red.): Białka ostrej fazy u zwierząt. PWRiL, Warszawa 2003, 7-52.
- Król J., Litwińczuk Z., Brodziak A., Barłowska J.: Lactoferrin, lysozyme and immunoglobulin G content in milk of four breeds of cows manager under intensive production system. *Pol. J. Vet. Sci.* 2010, 13 (2), 357-361.
- Krukowski H., Lisowski A., Różański P., Polkowska I.: Poziom IgG w mleku mastitowym krów. *Roczn. Nauk. PTZ* 2006, 2 (2), 65-69.
- Levieux D., Ollier A.: Bovine immunoglobulin G,  $\beta$ -lactoglobulin,  $\alpha$ -lactalbumin and serum albumin in colostrum and milk during the early post partum period. *J. Dairy Res.* 1999, 66, 421-430.
- Lindmark-Månsson H., Bränning C., Alden G., Paullsson M.: Relationship between somatic cell count, individual leukocyte populations and milk components in bovine udder quarter milk. *Inter. Dairy Journal* 2006, 16, 717-727.

15. Lindmark-Månsson H., Sensson U., Paulsson M., Alden G., Frank B., Johnson G.: Influence of milk components, somatic cells and supplemental zinc on milk processability. *Inter. Dairy Journal* 2000, 10, 423-433.
16. Litwińczuk Z., Król J., Brodziak A., Barłowska J.: Changes of protein content and its fractions in bovine milk from different cow breeds subject to somatic cell count. *J. Dairy Sci.* 2011, 94, 684-691.
17. Liu G. L., Wang J. Q., Bu D. P., Cheng J. B., Zhang C. G., Wei H. Y., Zhou L. Y., Zhou Z. F., Hu H., Dong X. L.: Factors affecting the transfer of immunoglobulin G1 into the milk of Holstein cows. *Vet. J.* 2009, 182, 79-85.
18. Mian-bin W., Yin-jun X.: Isolation and purification of lactoferrin and immunoglobulin G from bovine colostrum with serial cation-anion exchange chromatography. *Biotechnol. Bioproc. E.* 2009, 14, 155-160.
19. Moatsou G.: Indigenous enzymatic activities in ovine and caprine milks. *Int. J. Dairy Technol.* 2010, 63 (1), 16-31.
20. Muller L. D., Ellinger D. K.: Colostral immunoglobulin concentrations among breeds of dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 1981, 64 (8), 1727-1730.
21. Murphy B. M., Drennan M. J., O'Mara F. P., Earley B.: Cow serum and colostrum immunoglobulin (IgG1) concentration of five suckler cow breed types and subsequent immune status of their calves. *Irish J. Agr. Food Res.* 2005, 44, 205-213.
22. Nudda A., Feligini M., Battacone G., Murgia P., Pulina G.: Relationship between somatic cells count, whey protein and coagulation properties in sheep milk. *Proc. of the ASPA XIV Congress, Firenze, Italy 2001*, s. 511-513.
23. Ontsouka C. E., Bruckmaier R. M., Blum J. W.: Fractionized milk composition during removal of colostrum and mature milk. *J. Dairy Sci.* 2003, 86, 2005-2011.
24. Park Y. W., Juarez M., Ramos M., Haenlein G. F. W.: Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Res.* 2007, 68, 88-113.
25. Rawal P., Gupta V., Thapa B. R.: Role of colostrum in gastrointestinal infections. *Indian J. Pediatr.* 2008, 75 (9), 917-921.
26. Sanchez J., Markham F., Dohoo I., Sheppard J., Keefe G., Leslie K.: Milk antibodies against *Ostertagia ostertagi*: relationships with milk IgG and production parameters in lactating dairy cattle. *Vet. Parasitol.* 2004, 120 (4), 319-330.
27. Séverin S., Wenshui X.: Milk biologically active components as nutraceuticals: Review. *Crit. Rev. Food Sci.* 2005, 45, 645-656.
28. Soyewurt 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., McParland S.: Mid-Infrared prediction of lactoferrin content in bovine milk: Potential indicator of mastitis. *Animal* 2012, 6 (11), 1830-1838.
29. Stelwagen K., Carpenter E., Haigh B., Hodgkinson A., Wheeler T. T.: Immune components of bovine colostrum and milk. *J. Anim. Sci.* 2009, 87, 3-9.
30. Urech E., Puha Z., Schallibaum M.: Changes in milk protein fraction as affected by subclinical mastitis. *J. Dairy Sci.* 1999, 82, 2402-2411.
31. Zhao S., Zhang C., Wang J., Liu G., Bu D., Cheng J., Zhou L.: Variation of immunoglobulins in colostrum and immune milk as affected by antigen releasing devices. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 2010, 23 (9), 1184-1189.

**Adres autora: dr hab. Jolanta Król, Akademicka 13, 20-950 Lublin; e-mail: jolanta.krol@up.lublin.pl**