

Skład i właściwości mleka krów ras polskiej czerwonej i czerwono-białej z uwzględnieniem polimorfizmu białek

Andrzej Felenczak, Marian Ormian, Krzysztof Adamczyk

*Akademia Rolnicza w Krakowie, Katedra Hodowli Bydła,
al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków*

Skład i jakość mleka krowiego ulegają znacznym zmianom pod wpływem różnych czynników, z których wiele ze sobą współdziała. Obejmują one między innymi uwarunkowania genetyczne, stadium laktacji, porę roku, wiek krowy, status endokrynologiczny, stan zdrowotny gruczołu mlekowego, higienę pozyskiwania mleka oraz żywienie (Minakowski, 1993). Pierwszy z tych czynników, rasa zwierząt o określonym potencjale genetycznym, w dużym stopniu, bo aż w około 60% wpływa na skład chemiczny mleka, co z kolei rzutuje na jakość gotowego wyrobu. Najistotniejszym elementem mleka jest zawartość suchej masy, a więc białka, tłuszczu, laktozy i składników mineralnych. Hodowca, znając skutki działania tych czynników, może w dużej mierze decydować o składzie mleka poprzez prowadzoną w stadzie pracę hodowlaną. Obecnie wysiłki hodowców na polu hodowli i genetyki ukierunkowane są na uzyskanie mleka o wysokiej zawartości białka, a w mniejszym stopniu - zawartości tłuszczu. Cechy genetyczne zwierząt warunkują jedynie możliwości produkcji, a wykorzystanie określonego potencjału genetycznego danego zwierzęcia zależy od czynników pozagenetycznych.

Najważniejszymi składnikami mleka, ze względu na jego wartość odżywczą i przydatność do przetwórstwa, są białka. Białko mleka góruje nad białkiem innych artykułów spożywczych wartością biologiczną oraz stopniem przyswajalności przez organizm. Zawiera ono wszystkie aminokwasy egzogenne, a więc niezbędne dla organizmu, a także duże ilości tryptofanu i lizyny, których brak jest w białkach roślinnych

(Molitoris, 1997; Jurczak, 1996).

Białka mleka są niejednorodną grupą związków, różniących się składem i właściwościami. Są one głównym czynnikiem kształtującym właściwości fizykochemiczne mleka. Można je podzielić na dwie grupy: kazeinę oraz białka serwatkowe, w obrębie których wyróżniamy szereg frakcji uwarunkowanych genetycznie.

Kazeina jest białkiem najważniejszym pod względem ilościowym i stanowi podstawową masę twarogów i serów twardych. Jest białkiem wysokowartościowym, a jej wartość biologiczna zbliżona jest do wartości mięsa. W mleku kazeina w stanie aktywnym występuje w postaci dużych, koloidalnych cząstek zwanych micelami (Waugh i in., 1965). Bardzo ważną rolę pełni κ -kazeina (κ -CN), pomimo że stanowi tylko 10-12% wszystkich białek mleka. Jest ona zasadniczym czynnikiem stabilizującym strukturę białek, gdyż tworzy zewnętrzną warstwę miceli kazeinowych. Procesy, którym ulega κ -kazeina podczas obróbki surowca, są podstawą tworzenia się żelu i krzepnięcia mleka. Przebieg procesu krzepnięcia mleka i jakość skrzepu zależą od rodzaju frakcji białka, uwarunkowanego budową i strukturą genu κ -CN. Polimorficzność genu κ -CN wpływa na produkowanie określonego białka, które z kolei ma wpływ na przebieg procesów technologicznych przy produkcji serów. Jak wskazują dotychczasowe badania wielu autorów, mleko zawierające polimorficzne frakcje *BB* i *AB* κ -kazeiny wykazuje wyższą przydatność do produkcji serów niż mleko z typem *AA* κ -kazeiny (Aaltonen i Antila, 1987; Felenczak, 1997; Ng-Kwai-Hang, 1994).

Badania nad wykorzystaniem polimorfizmu białek w hodowli bydła wskazują, że drugim, bardzo interesującym białkiem mleka jest β -laktoglobulina (β -LG). Występuje ona w mleku w rozproszeniu molekularnym i jest trudna do wydzielenia. W odróżnieniu od kazeiny β -laktoglobulina nie zawiera fosforu, natomiast jest stosunkowo bogata w cystynę i cysteinę (Pijanowski, 1984). Jak wskazują wyniki badań wielu autorów, u krów posiadających genotyp *BB* β -LG stwierdzono przeważnie wyższą zawartość tłuszczu i białka w mleku niż u krów o genotypie *AA* β -LG (Ng-Kwai-Hang, 1994).

Celem prowadzonych dotychczas badań było określenie składu i właściwości mleka wspomnianych ras krów oraz szukanie związku między występowaniem polimorficznych frakcji κ -kazeiny i β -laktoglobuliny a składem i właściwościami mleka.

Wyniki przeprowadzonych badań wykazały, że u krów rasy polskiej czerwonej stwierdzono największą liczbę genotypów w układzie β -laktoglobuliny i z największą częstością występował genotyp *BB* β -LG (57,0%). W obrębie κ -kazeiny mleka stwierdzono wysoki udział genotypów *AA* (42,6%) i *AB* (38,7%), a najniższy - genotypu *BB* (18,6%) (Felenczak, 1997). Frekwencja allelu *B* κ -CN, uważanego za korzystny, była wysoka i wynosiła 0,380 w mleku krów rasy polskiej czerwonej i 0,435 - czerwono-białej.

Mleko produkowane przez krowy w analizowanych stadach charakteryzowało się wysoką zawartością białka ogólnego, kazeiny, suchej masy oraz składników mineralnych, a także korzystnymi właściwościami technologicznymi. Porównując te dwie rasy krów należy podkreślić, że mleko pochodzące od krów rasy polskiej czerwonej (mieszaińców *pc* x *Angler*) charakteryzowało się wyższą zawartością tłuszczu, białka ogólnego, kazeiny, krótszym czasem koagulacji białek oraz wyższą wydajnością przy produkcji sera twarogowego (różnica ok. 2%).

Przeprowadzone badania wykazały, że mleko pochodzące od krów rasy *pc* o genotypach *BB* κ -CN charakteryzowało się korzystniejszym składem i wysoką zawartością kazeiny (2,67%). Średni czas krzepliwości mleka badanej stawki krów wynosił w grupach genetycznych od 289 do 361 s i był stosunkowo krótki. Średnia zawartość składników mineralnych w mleku wynosiła: 109,2-117,8 mg/dl wapnia, 90,9-96,4 mg/dl

fosforu oraz 144,3-147,3 mg/dl potasu.

Stwierdzono, że polimorfizm κ -kazeiny mleka był czynnikiem różnicującym istotnie zawartość kazeiny, czas koagulacji i stabilność termiczną mleka, a także zawartość wapnia i wydajność sera. Mleko pochodzące od krów o genotypach *BB* κ -kazeiny posiadało najwyższą zawartość kazeiny, najkrótszy czas koagulacji (289 s), najwyższą stabilność termiczną i najwyższą wydajność przy produkcji sera. Znacznie wyższy czas krzepliwości wykazywało mleko pochodzące od homozygot *AA* (361 s) i heterozygot *AB* (327 s) (tab. 1). Mleko pochodzące od krów o genotypach *AA* κ -kazeiny wykazywało najniższą stabilność termiczną. Ponadto, w mleku pochodzącym od krów o genotypach *BB* κ -CN wykazano najwyższą zawartość białka ogólnego i wapnia. Zawartość kazeiny w mleku posiadającym typ *BB* κ -kazeiny wynosiła 2,67%, natomiast w mleku z typem *AA* κ -CN - 2,56%. Wpływ genotypu κ -kazeiny na zawartość wapnia i fosforu przejawiał się wyższą zawartością tych składników w mleku pochodzącym od krów z genotypem *BB* κ -CN.

Wpływ polimorfizmu β -laktoglobuliny przejawiał się istotnym zróżnicowaniem czasu krzepliwości mleka oraz zawartości wapnia w mleku. Mleko pochodzące od krów o genotypie *BB* β -LG wykazywało najniższy czas krzepliwości (306 s) i wyższą zawartość wapnia (115,9 mg/dl).

Mleko zawierające polimorficzną frakcję *AB* κ -kazeiny wykazywało pośrednie wartości uprzednio wymienionych badanych cech.

Analizując mleko krów rasy czerwono-białej, posiadających różne genotypy w zakresie κ -kazeiny należy stwierdzić, że mleko zawierające κ -kazeinę *BB* charakteryzowało się najkorzystniejszym składem (tab. 2). Istotne różnice występowały w zawartości tłuszczu, białka ogólnego, kazeiny i suchej masy. Największe różnice między grupami genotypowymi wystąpiły w zawartości kazeiny – różnica o 0,27%, tłuszczu – o 0,26%, białka ogólnego – o 0,20%, na korzyść homozygot *BB* κ -CN. Ponadto, mleko zawierające κ -kazeinę *BB* wykazywało najkrótszy czas koagulacji, wyższą gęstość i najwyższą wydajność przy produkcji sera (różnica statystycznie istotna). Mleko zawierające frakcję *AB* κ -CN cechowało się pośrednimi wartościami w zakresie badanych parametrów.

Tabela 1. Charakterystyka badanych cech mleka krów rasy polskiej czerwonej posiadających różne genotypy κ -kazeiny
 Table 1. Characteristics of the studied traits of milk from Polish Red cows with different variants of κ -casein genotypes

Cechy Traits	Genotypy κ -CN - κ -CN genotypes					
	AA		AB		BB	
	\bar{x}	Sd	\bar{x}	Sd	\bar{x}	Sd
n	37		51		32	
Tłuszcz - Fat (%)	4,25	0,28	4,28	0,29	4,26	0,28
Białko - Protein (%)	3,31	0,17	3,34	0,18	3,38	0,19
Kazeina - Casein (%)	2,56 a	0,14	2,59	0,18	2,67 a	0,16
Laktoza - Lactose (%)	4,83	0,28	4,85	0,26	4,88	0,30
Sucha masa - Solids (%)	13,17	0,75	13,19	0,69	13,30	0,83
Czas koagulacji - Clotting time (s)	361,0 A	43,10	327,9 B	38,40	289,8 AB	39,61
Gęstość - Density (g/cm ³)	1,0289	0,013	1,0290	0,014	1,0293	0,015
Termostabilność - Thermal stability	3,07A a	0,33	3,25 a b	0,39	3,46A b	0,36
Wydajność sera (%) - Cheese yield (%)	24,14 A	4,12	26,08 b	4,97	28,07 Ab	5,27
Składniki mineralne: - Mineral components (mg/dl):	109,20	11,40	113,84	12,81	117,81 a	12,05
Ca	a					
P	90,98	8,41	93,41	7,42	96,40	7,35
K	146,12	10,45	144,30	10,25	147,38	11,75
Na	62,32	6,59	63,18	6,56	59,07	6,02

Wartości w wierszach oznaczone tą samą literą różnią się między sobą istotnie: małe litery przy $P \leq 0,05$, duże litery przy $P \leq 0,01$. - Values in rows marked with the same letter differ significantly: small letters at $P \leq 0.05$, capital letters at $P \leq 0.01$.

Tabela 2. Charakterystyka badanych cech mleka krów rasy czerwono-białej posiadających różne genotypy κ -kazeiny
 Table 2. Characteristics of the studied traits of milk from Red-and-White cows with different variants of κ -casein genotypes

Cechy - Traits	Genotypy κ -CN - κ -CN genotypes					
	AA		AB		BB	
	\bar{x}	Sd	\bar{x}	Sd	\bar{x}	Sd
n	40		50		25	
Tłuszcz - Fat (%)	3,94 a	0,67	4,10	0,73	4,20 a	0,68
Białko - Protein (%)	3,07 AB	0,24	3,25 A	0,24	3,27 B	0,24
Kazeina - Casein (%)	2,40 AB	0,20	2,60 Ac	0,20	2,67 Bc	0,19
Laktoza - Lactose (%)	4,87	0,23	4,86	0,25	4,93	0,26
Sucha masa - Solids (%)	12,87 ab	0,86	13,12 a	0,85	13,43 b	0,82
Czas koagulacji - Clotting time (s)	337,00 AB	44,74	267,00 AC	37,45	245,00 BC	43,12
Gęstość - Density (g/cm ³)	1,0288	0,013	1,0287	0,014	1,0291	0,015
Termostabilność - Thermal stability	4,21	0,27	4,23	0,31	4,76	0,28
Wydajność sera - Cheese yield (%)	22,39 AC	5,12	25,05 BC	6,04	27,06 AB	6,87
Składniki mineralne (μg): Mineral components (μg):						
Ca	509,03	12,08	517,98	14,98	529,70	21,27
P	527,24	14,71	518,07	15,02	534,16	18,07
K	763,92	27,19	787,13	24,71	774,12	31,98
Mg	42,93	1,08	41,83	1,68	43,14	1,73

Objaśnienia – patrz tab. 1. – For explanations – see Table 1.

Badając mleko krów rasy czerwono-białej nie stwierdzono istotnego wpływu polimorfizmu β -laktoglobuliny na jego skład. Krowy o genotypach AA β -LG produkowały jednak mleko o nieco wyższej zawartości białka ogólnego, kazeiny i tłuszczu, ale uzyskane różnice były nieistotne.

Podsumowując uzyskane wyniki należy stwierdzić, że mleko pochodzące od krów rasy polskiej czerwonej i mieszańców pc x Angler charakteryzowało się wysoką zawartością tłuszczu, białka ogólnego, kazeiny i suchej masy oraz dobrą krzepliwością i stabilnością termiczną, co wskazuje na jego dobrą przydatność do celów technologicznych. Uzyskany czas krzepliwości mleka był niższy niż w rasy czerwono-białej oraz czarno-białej, stwierdzonej w badaniach Bonczar

(1984) oraz Walawskiego i in. (1994). Krótszy czas krzepliwości mleka krów czerwonych uwarunkowany jest w dużym stopniu wyższą zawartością białka ogólnego i kazeiny. Mleko krów badanych ras wykazywało wysoką przydatność do celów przetwórczych. W świetle uzyskanych dotychczas wyników zachodzi potrzeba prowadzenia na szerszą skalę oznaczania genotypów κ -kazeiny u buhajów dopuszczonych do rozplodu w stadach bydła mlecznego. Genotypy κ -kazeiny mogą stanowić dodatkowe, cenne źródło informacji i być wykorzystywane jako czynnik wspomagający selekcję krów mlecznych. Wysoka frekwencja allelu B κ CN u badanych ras rokuje stosunkowo wysokie możliwości wykorzystania tej cechy w selekcji.

Literatura

- Aaltonen M.L Antila V. (1987). Milk rennet properties and the genetic variants of proteins. *Milchwissenschaft*, 42, 8: 490-492.
- Bonczar G. (1984). Wpływ stanu zapalnego wymienia, określonego liczbą komórek somatycznych w mleku, na czas jego krzepnięcia. *Med. Wet.*, XL, 5: 272-274.
- Felenczak A. (1997). Efekty doskonalenia bydła polskiego czerwonego przy użyciu rasy angler. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Rozpr.*, nr 224.
- Jurczak M. (1996). Mleko - produkcja, badanie, przerób. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Minakowski D. (1993). Żywnienie krów a skład i jakość mleka. *Prz. Hod.*, 4: 6-10.
- Molitoris J. (1997). Mleko dobrej jakości. Wyd. 3. Oficyna Wyd. Hoża, Warszawa.
- NG-Kwai-Hang K.F.(1994). A rapid determination of casein in milk and factors affecting casein proportion in milk protein. *Int. Dairy Feder.*, Brussels, Special Issue, 9402: 204-211.
- Pijanowski E. (1984). *Zarys chemii i technologii mleczarstwa*. T. 1, PWRiL, Warszawa.
- Walawski K., Sowiński G., Czarnik U., Zabołewicz T. (1994). Beta-lactoglobulin and kappa-casein polymorphism in relation to production traits and technological properties of milk in the herd of Polish Black-and-White cows. *Genet. Pol.*, 35(2): 93-108.
- Waugh D.F., Noble R.W. Jr. (1965). Casein micelles. Formation and structure. II. *J. Am. Chem. Soc.*, 87: 2246-2257.

COMPOSITION AND PROPERTIES OF MILK OF POLISH RED AND RED-AND-WHITE COWS WITH REGARD TO PROTEIN POLYMORPHISM

Summary

The composition and technological properties of milk of Polish Red and Red-and-White cows were investigated. Milk was sampled during the control milking from healthy cows between 3 and 8 months of lactation. The milk was analysed for the content of fat, total protein, casein, lactose, solids, minerals, and milk properties, i.e. clotting time, density, thermal stability and cheese yield. The results obtained indicate that the milk from cows with BB and AB κ -CN genotypes was characterized by significantly higher content of casein and solids and shorter clotting time, higher thermal stability, and higher yield of curd cheese. The present findings point to high usefulness of the milk for cheese making.