

GENOWEFA BONCZAR, KRZYSZTOF MACIEJOWSKI, JACEK DOMAGAŁA,  
DOROTA NAJGEBAUER-LEJKO, MAREK SADY, MARIA WALCZYCKA,  
MONIKA WSZOŁEK

## WPLYW PASTERYZACJI I HOMOGENIZACJI MLEKA NA ZAWARTOŚĆ CHOLESTEROLU W MIĘKKICH SERACH PODPUSZCZKOWYCH TYPU BUNDZ

### Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu pasteryzacji (jej braku, pasteryzacji: w temp. 72 °C/15 s, w temp. 85 °C/15 s, w temp. 95 °C/10 min) i homogenizacji mleka (jej braku, homogenizacji przy 6 MPa) na zawartość cholesterolu w mleku i wyprodukowanych z niego serach podpuszczkowych typu bundz. Stwierdzono, że oba procesy wpłynęły statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ) na zawartość cholesterolu zarówno w mleku, jak i w serach. Pasteryzacja spowodowała zwiększenie zawartości cholesterolu w mleku. W serach nastąpiło natomiast zmniejszenie jego poziomu i było ono proporcjonalne do wzrostu temperatury pasteryzacji. W mleku surowym i w serach z niego wyprodukowanych zawartość cholesterolu wynosiła odpowiednio: 14,41 i 115,61 mg/100 g, natomiast po pasteryzacji w temp. 95 °C/10 min odpowiednio: 19,34 i 55,01 mg/100 g. Proces homogenizacji mleka surowego wpłynął na zmniejszenie poziomu cholesterolu zarówno w mleku, jak i w serach, odpowiednio do: 5,55 i 88,48 mg/100 g. Po analizie równoczesnego wpływu obu czynników wykazano, że wraz ze wzrostem temperatury pasteryzacji poziom cholesterolu w serach w większym stopniu zmniejszał się wtedy, gdy były one wyprodukowane z mleka homogenizowanego.

**Słowa kluczowe:** mleko, sery podpuszczkowe typu bundz, pasteryzacja, homogenizacja, cholesterol

### Wprowadzenie

Pasteryzacja i homogenizacja mleka to procesy najczęściej stosowane w technologii serów miękkich. W tradycyjnych sposobach wyrobu serów oba te procesy są najczęściej pomijane. W warunkach przemysłowej produkcji, ze względu na bezpieczeń-

---

*Prof. dr hab. G. Bonczar, dr inż. K. Maciejowski, prof. dr hab. J. Domagała, dr inż. D. Najgebauer-Lejko, dr inż. M. Sady, dr inż. M. Walczycka, dr hab. M. Wszolek, prof. nadzw., Katedra Przetwórstwa Produktów Zwierzęcych, Wydz. Technologii Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków. Kontakt: g.bonczar@ur.krakow.pl*

stwo zdrowotne człowieka oraz dbałość o wysoką jakość i trwałość produktów, mleko poddawane jest pasteryzacji, która może być prowadzona w kilku wariantach zróżnicowanych pod względem temperatury i czasu. Najczęściej przeprowadzane są pasteryzacje w temperaturze: 1) 72 °C/15 s, 2) 85 °C/15 s, 3) 95 °C/10 min. Dwa pierwsze warianty stosowane są do mleka przeznaczonego m.in. na sery, trzeci – zwykle do mleka przeznaczonego na napoje fermentowane i śmietankę [27]. Homogenizacja mleka ma na celu zmniejszenie średnicy kuleczek tłuszczowych i zapobieżenie podstawaniu tłuszczu. Wpływa ona na równomierne jego rozłożenie w produktach mlecznych, poprawę konsystencji i stabilności produktów, zwiększenie wydatku np. twarogów. Homogenizacja sprzyja lipolizie (np. w serach pleśniowych), poprawia przyswajalność tłuszczu i uwypukla walory smakowe produktów [11, 27].

Zawartość cholesterolu w mleku i produktach mlecznych jest uzależniona od wpływu wielu czynników związanych z organizmem zwierzęcia, od którego mleko pochodzi, postępowaniem z mlekiem po udoju oraz od czynników technologicznych [4]. Przetwarzanie mleka jest związane z poddawaniem go m.in. obróbce termicznej. Z badań Gregi i wsp. [12], Ceruttiego i wsp. [5], Kiszy i wsp. [17] wynika, że poziom tego składnika w tłuszczu mleka surowego jest znacznie niższy niż w tłuszczu mleka poddanego obróbce termicznej, a głębokość tych zmian jest proporcjonalna do intensywności procesu. Grega i wsp. [12] uważają, że tłuszcz mleka sterylizowanego zawiera więcej cholesterolu w porównaniu z tłuszczem mleka pasteryzowanego. Kiszka i Juśkiewicz [18] wykazali, że niektóre procesy technologiczne mają istotny wpływ na zawartość cholesterolu w serach. Zaobserwowali oni redukcję poziomu cholesterolu w tłuszczu serów miękkich o ok. 19 %, a twardych – o ok. 31 ÷ 36 % w porównaniu z mlekiem surowym. Zróżnicowaną redukcję poziomu składnika w serach tłumaczyli zastosowaniem odmiennych procesów technologicznych, kultur starterowych o zróżnicowanym składzie i różnym sposobem dojrzewania. Zdaniem wymienionych autorów, w przypadku serów twardych stosowany jest bardziej drastyczny proces produkcji, co powoduje przechodzenie większej ilości cholesterolu do serwatki.

Celem pracy było określenie wpływu pasteryzacji i homogenizacji mleka na zawartość cholesterolu w mleku i w wyprodukowanych z niego miękkich serach podpuszczkowych typu bundz.

### **Material i metody badań**

Materiałem do badań było mleko surowe od krów rasy polskiej holsztyńsko-fryzyjskiej odmiany czarno-białej, pochodzące z gospodarstwa prywatnego z okolic Łapanowa w woj. małopolskim.

Przygotowano trzy warianty doświadczeń, w których określano wpływ: 1) pasteryzacji mleka, 2) homogenizacji mleka oraz 3) równoczesnej pasteryzacji i homogeni-

zacji mleka na zawartość cholesterolu w mleku i w serach podpuszczkowych typu bundz.

W celu zbadania wpływu pasteryzacji na zawartość cholesterolu w świeżych serach podpuszczkowych pobierano trzykrotnie mleko zbiorcze po zakończonym doju rannym i w czasie nie dłuższym niż 2 h wykonywano jego analizę, po czym dzielono je na cztery części. Jedną pozostawiano bez pasteryzacji, pozostałe trzy poddawano pasteryzacji w temperaturze i w czasie: 1) 72 °C/15 s, 2) 85 °C/15 s, 3) 93 °C/10 min. Po schłodzeniu do temp. 20 °C wykonywano analizy mleka. Po pasteryzacji z każdej z czterech prób mleka produkowano sery miękkie podpuszczkowe typu bundz. Mleko chłodzono do temp. 30 °C i zaprawiano podpuszczką Fromase 220 TL (DSM Food Specialities, France) o mocy 1 : 1000 w takiej ilości, aby uzyskać skrzep średniozwięzły po około 40 min. Skrzep krojono nożem na krzyż w odstępach 1 cm. Następnie lekko mieszano przez 3 min. Ziarna serowe z każdej z czterech części mleka przenoszono na sita i pozostawiano do odcieknięcia serwatki do następnego dnia w temp. 20 °C.

W celu zbadania wpływu homogenizacji na zawartość cholesterolu w serach pobierano, jak poprzednio, mleko surowe, poddawano je analizie, a następnie połowę mleka homogenizowano, drugą połowę pozostawiano bez homogenizacji. Homogenizację prowadzono w homogenizatorze ciśnieniowym model FT9 (Armfield, Ringwood, Wielka Brytania) pod ciśnieniem 6 MPa, w przepływie. Po homogenizacji mleko poddawano ponownej analizie. Z każdej z dwóch części mleka (niehomogenizowanej i homogenizowanej) produkowano sery metodą podaną w poprzednim doświadczeniu.

W celu zbadania równoczesnego wpływu obu czynników (pasteryzacji i homogenizacji mleka) na zawartość cholesterolu w serach mleko surowe, po analizie, dzielono na dwie części. Jedną poddawano homogenizacji metodą opisaną wyżej, drugą pozostawiano bez zmian. Każdą z dwóch części (homogenizowaną i niehomogenizowaną) dzielono na cztery części. Pierwszych nie pasteryzowano (homogenizowanej i niehomogenizowanej), a pozostałe poddawano pasteryzacji w temperaturze i w czasie odpowiednio: 1) 72 °C/15 s, 2) 85 °C/ 15 s, 3) 93 °C/10 min. W ten sposób uzyskano 8 prób mleka: 1) niepasteryzowane, niehomogenizowane, 2) niepasteryzowane, homogenizowane, 3) pasteryzowane w 72 °C/15 s, niehomogenizowane, 4) pasteryzowane w 72 °C/15 s homogenizowane, 5) pasteryzowane w 85 °C/15 s, niehomogenizowane, 6) pasteryzowane w 85 °C/15 s, homogenizowane, 7) pasteryzowane w 93 °C/10 min, niehomogenizowane, 8) pasteryzowane w 93 °C/10 min, homogenizowane. Wszystkie próby mleka poddano analizom. Z każdej części mleka wyprodukowano sery według wcześniej podanej metody. W ten sposób uzyskano w każdej serii po 8 serów.

W mleku surowym, pasteryzowanym i homogenizowanym oznaczano zawartość:

- tłuszczu – metodą objętościową Gerbera [23],

- cholesterolu – metodą enzymatyczną według Grossmanna i wsp. [13] z użyciem oksydazy cholesterolowej, opracowaną przez firmę R-Biopharm (Boehringer Mannheim/R-Biopharma-Enzymatische Bioanalytik, Niemcy). Pomiaru absorbancji roztworu kontrolnego i roztworu badanego dokonywano po dodaniu enzymu oksydazy cholesterolowej w spektrofotometrze Helios Gamma i Delta Spectro-Lab. (Thermo Electron Corporation, Wielka Brytania), przy długości fali  $\lambda = 405$  nm. W doświadczeniu 2. i 3. w mleku oznaczano średnicę kuleczek tłuszczowych – metodą mikroskopową, stosując powiększenie  $40\times$ , wg PN-75/A-86059 [25] przy użyciu mikroskopu Biological Microscope, model MT 5310 L (MEIJI, Japonia), sprzężonego z programem komputerowym Motic Images.

W serach oznaczano zawartość:

- suchej masy – metodą suszenia według AOAC [1],
- tłuszczu – metodą butyrometryczną według PN-73/A-86232 [24],
- cholesterolu – metodą enzymatyczną z użyciem oksydazy cholesterolowej według Grossmanna i wsp. [13], opracowaną przez firmę R-Biopharm (Boehringer Mannheim/R-Biopharma-Enzymatische Bioanalytik, Niemcy).

Wyniki przeprowadzonych oznaczeń opracowano statystycznie za pomocą programu komputerowego Statistica v. 8.0. Obliczono wartości średnie analizowanych parametrów i odchylenia standardowe. W celu określenia statystycznej istotności wpływu badanych czynników na zawartość cholesterolu w mleku i jego produktach przeprowadzono jednoczynnikową lub dwuczynnikową analizę wariancji. Istotność różnic między wartościami średnimi weryfikowano wielokrotnym testem rozstępu Duncana na poziomach istotności  $p \leq 0,05$  i  $p \leq 0,01$ .

## Wyniki i dyskusja

W tab. 1. przedstawiono wyniki dotyczące wpływu pasteryzacji mleka na zawartość w nim tłuszczu i cholesterolu. Wynika z nich, że pasteryzacja nie miała istotnego ( $p \leq 0,05$ ) wpływu na zawartość tłuszczu w mleku, natomiast miała statystycznie istotny ( $p \leq 0,01$ ) wpływ na zawartość w nim cholesterolu zarówno w przeliczeniu na 100 g mleka, jak i na 1 g jego tłuszczu. Zdaniem Claeysa i wsp. [7] pasteryzacja nie wpływa na degradacyjne zmiany w tłuszczu mleka.

Mleko niepasteryzowane (surowe) zawierało najmniej cholesterolu. W miarę wzrostu temperatury pasteryzacji wzrastał jego poziom w mleku, zarówno w przeliczeniu na 100 g mleka, jak i na 1 g tłuszczu. Średnia zawartość cholesterolu w badanym mleku zawierała się w granicach wartości podawanych w literaturze –  $13,1 \div 31,4$  g/100 g [7].

Tabela 1. Właściwości mleka surowego i pasteryzowanego

Table 1. Characteristics of raw and pasteurized milk

Czynnik Factor		Zawartość tłuszczu Fat content [%]	Zawartość cholesterolu Cholesterol content [mg/g tłuszczu / of fat]	Zawartość cholesterolu Cholesterol content [mg/100 g mleka / of milk]
		$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$
Pasteryzacja Pasteurization	Brak / None	3,47 ± 0,10	4,04 <sup>A</sup> ± 0,31	14,41 <sup>A</sup> ± 0,23
	72 °C/15 s	3,50 ± 0,11	4,84 <sup>B</sup> ± 0,09	16,77 <sup>BC</sup> ± 0,21
	85 °C/15 s	3,50 ± 0,13	5,11 <sup>BCa</sup> ± 0,20	17,71 <sup>Ba</sup> ± 0,40
	95 °C/10 min	3,50 ± 0,13	5,63 <sup>Cb</sup> ± 0,14	19,34 <sup>BDb</sup> ± 0,64

Objaśnienia: / Explanatory notes:

$\bar{x}$  - wartość średnia / mean value; s – odchylenie standardowe / SD- standard deviation;

A, B – wartości średnie oznaczone różnymi literami w kolumnie różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,01$ ) / mean values in column and denoted by different letters differ statistically significantly at  $p \leq 0,01$ ;

a, b – wartości średnie oznaczone różnymi literami w kolumnie różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ) / mean values in columns and denoted by different letters differ statistically significantly at  $p \leq 0,05$ .

Podobne wyniki uzyskali Grega i wsp. [12], którzy stwierdzili, że tłuszcz mleka surowego zawiera mniej cholesterolu niż tłuszcz mleka pasteryzowanego i sterylizowanego, a wzrost stężenia cholesterolu jest proporcjonalny do zwiększającej się temperatury obróbki termicznej mleka. Autorzy ci zaobserwowali również, że tłuszcz mleka sterylizowanego w porównaniu z pasteryzowanym, o takim samym poziomie tego składnika, zawiera więcej cholesterolu. Cerutti i wsp. [5] wykazali, że tłuszcz mleka sterylizowanego zawiera więcej cholesterolu niż tłuszcz mleka poddanego termizacji, czyli obróbce termicznej w temperaturze nieznacznie niższej niż pasteryzacja. Wymienieni autorzy uważają, że zawartość cholesterolu wzrasta w miarę wzrostu temperatury ogrzewania mleka, co potwierdzają wyniki niniejszych badań. Autorzy nie tłumaczą przyczyn wzrostu zawartości cholesterolu w mleku pasteryzowanym w porównaniu z surowym. Prawdopodobną przyczyną jest uwalnianie się cholesterolu ze zniszczonych w wyniku pasteryzacji otoczek kuleczek tłuszczowych, co być może zwiększa „dostępność” cholesterolu [20]. Cilliers i wsp. [6] porównywali zawartość cholesterolu w mleku surowym i w mleku poddanym pasteryzacji krótkotrwałej lub promieniowaniu UV. Stwierdzili, że pasteryzacja krótkotrwała nie powoduje istotnych zmian zawartości cholesterolu, natomiast promieniowanie UV zmniejsza poziom tego składnika w porównaniu z zawartością w mleku surowym o około 36 %.

W tab. 2. przedstawiono wyniki badań serów świeżych wyprodukowanych z mleka surowego i poddanego pasteryzacji. Sery z mleka pasteryzowanego w porównaniu z wyprodukowanymi z mleka surowego zawierały statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ) mniej suchej masy i tłuszczu, a wraz ze wzrostem temperatury pasteryzacji w serach

zmniejszyła się zawartość obu tych składników. Dejmek i Walstra [10] podają, że pasteryzacja mleka wpływa na zmniejszenie współczynnika synerezy, co w efekcie powoduje wzrost zawartości wody w serach podpuszczkowych. Potwierdzają to wyniki niniejszej pracy. Również Bonczar i wsp. [3] stwierdzili w serach z mleka owczego poddanego pasteryzacji mniej suchej masy i tłuszczu w porównaniu z serami z mleka surowego.

Sery z mleka pasteryzowanego zawierały również statystycznie istotnie mniej cholesterolu w 100 g niż sery z mleka surowego, a więc pasteryzacja mleka wpłynęła na zmniejszenie poziomu cholesterolu w świeżych serach. Zmniejszenie zawartości cholesterolu w serach było proporcjonalne do zmian zawartości w nich suchej masy i tłuszczu. Natomiast zmiany zawartości cholesterolu w przeliczeniu na 1 g tłuszczu sera pod wpływem pasteryzacji nie były statystycznie istotne ( $p \leq 0,05$ ) (tab. 2).

Tabela 2. Właściwości serów z mleka surowego i pasteryzowanego  
Table 2. Characteristics of cheeses from raw and pasteurized milk

Czynnik Factor		Zawartość suchej masy Dry matter content [%]	Zawartość tłuszczu Fat content [%]	Zawartość cholesterolu Cholesterol content [mg/g tłuszczu / of fat]	Zawartość cholesterolu Cholesterol content [mg/100 g sera / of cheese]
		$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$
Pasteryzacja Pasteurization	Brak / None	41,70 <sup>Aa</sup> ± 3,13	20,50 <sup>A</sup> ± 1,44	5,77 ± 0,52	115,61 <sup>Aa</sup> ± 7,63
	72 °C/15 s	39,49 <sup>Aa</sup> ± 3,18	20,17 <sup>A</sup> ± 3,00	4,87 ± 1,02	93,61 ± 13,87
	85 °C/15 s	26,69 <sup>b</sup> ± 2,18	11,83 <sup>B</sup> ± 1,36	6,90 ± 0,13	81,74 <sup>b</sup> ± 10,25
	95 °C/10 min	21,57 <sup>B</sup> ± 0,78	8,33 <sup>B</sup> ± 1,01	7,16 ± 2,44	55,01 <sup>B</sup> ± 11,64

Objaśnienia jak pod tab 1. / Explanatory notes as in Tab. 1.

O'Brien i wsp. [22] oraz Sieber i Eyer [26] podają, że sery miękkie zawierają 13 ÷ 103 mg cholesterolu/100 g sera. Zdaniem Kiszy i Juśkiewicza [18] tłuszcz serów twardych zawiera mniej cholesterolu niż tłuszcz serów miękkich z powodu bardziej drastycznych procesów technologicznych w przypadku tych pierwszych.

W drugiej części doświadczenia badano wpływ homogenizacji na zawartość tłuszczu, średnicę jego kuleczek a także na poziom cholesterolu w mleku i wyprodukowanych serach (tab. 3). Homogenizacja nie zmieniła zawartości tłuszczu w mleku, co jest potwierdzeniem danych literaturowych [14]. Mleko surowe homogenizowane zawierało statystycznie istotnie ( $p \leq 0,01$ ) mniej cholesterolu niż niehomogenizowane, zarówno w przeliczeniu na 100 g mleka, jak i na 1 g tłuszczu. Proces homogenizacji

okazał się skuteczny, gdyż wpłynął na przeszło dwukrotne zmniejszenie średniej średnicy kuleczek tłuszczowych (tab. 3).

Tabela 3. Właściwości mleka niehomogenizowanego i homogenizowanego

Table 3. Characteristics of non-homogenized and homogenized milk

Czynnik Factor		Zawartość tłuszczu Fat content [%]	Zawartość cholesterolu Cholesterol content [mg/g tłuszczu / of fat]	Zawartość cholesterolu Cholesterol content [mg/100 g mleka / of milk]	Średnica kuleczek tłuszcz- czowych Diameter of fat globules [ $\mu$ m]
		$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$
Homogenizacja Homogenization	Nie No	3,46 $\pm$ 0,05	4,16 <sup>A</sup> $\pm$ 0,11	14,41 <sup>A</sup> $\pm$ 0,23	4,83 <sup>A</sup> $\pm$ 0,03
	Tak Yes	3,46 $\pm$ 0,15	1,63 <sup>B</sup> $\pm$ 0,46	5,55 <sup>B</sup> $\pm$ 1,63	2,21 <sup>B</sup> $\pm$ 0,09

Objaśnienia: / Explanatory notes:

A, B – wartości średnie oznaczone różnymi literami w kolumnie różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,01$ ) / mean values in column and denoted by different letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.01$ .

Countly i wsp. [8] wykazali, że w mleku niehomogenizowanym i homogenizowanym średnica kuleczek tłuszczowych wynosi odpowiednio: 8 i 0,3  $\mu$ m. Lu i wsp. [21], zwiększając ciśnienie w procesie homogenizacji, uzyskiwali coraz mniejszą średnicę kuleczek tłuszczowych – w mleku niehomogenizowanym wynosiła ona 3,45  $\mu$ m, przy 10 MPa – 1,28  $\mu$ m, 20 MPa – 1,05  $\mu$ m, a 30 MPa – 0,89  $\mu$ m. Według Ziajki [27] kuleczki tłuszczowe w mleku krowim charakteryzują się przeciętną średnicą 2  $\div$  10  $\mu$ m, a proces homogenizacji zmniejsza ją do 2  $\mu$ m. Barłowska i wsp. [2] wykazali, że w mleku różnych ras krów przeważają małe (< 6  $\mu$ m) i średnie (7  $\div$  10  $\mu$ m) kuleczki tłuszczowe, natomiast udział dużych (> 10  $\mu$ m) wynosi 5  $\div$  19 %. Podobne wyniki badań uzyskała Kowal [19]. Fox [11] podaje, że 75 % kuleczek tłuszczowych w tłuszczu mlekowym ma średnicę poniżej 1  $\mu$ m.

Wpływ procesu homogenizacji na właściwości kuleczek tłuszczowych w mleku krowim badali Keenan i wsp. [16]. Zaobserwowali oni, że proces ten zmienia ich skład, gdyż kuleczki tłuszczowe z mleka homogenizowanego w porównaniu z niehomogenizowanym zawierają więcej białka, natomiast mniej lipidów ogółem, fosfolipidów oraz cholesterolu. Homogenizacja zmienia proporcje składników otoczek kuleczek tłuszczowych, w tym niektórych enzymów. Częściowo uwolnione składniki przechodzą do chudego mleka [15], co może być przyczyną strat cholesterolu w jego tłuszczu. Barłowska i wsp. [2], badając mleko surowe różnych ras krów, wykazali dodatnią zależność między zawartością cholesterolu a udziałem w tłuszczu mleka małych kuleczek tłuszczowych, natomiast ujemną w przypadku dużych kuleczek.

Tabela 4. Właściwości serów z mleka homogenizowanego i niehomogenizowanego  
Table 4. Characteristics of cheeses made from non-homogenized and homogenized milk

Czynnik Factor		Zawartość suchej masy Total solid content [%]	Zawartość tłuszczu Fat content [%]	Zawartość cholesterolu Cholesterol content [mg/g tłuszczu / of fat]	Zawartość cholesterolu Cholesterol content [mg/100 g mleka / of milk]
		$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$
Homogenizacja	Nie / No	41,7 ± 3,53	20,5 ± 2,84	5,77 ± 0,52	115,61 7,63 ±
Homogenization	Tak / Yes	35,55 ± 2,41	19,5 ± 0,29	4,53 ± 0,45	88,48 ± 9,88

Objaśnienie: / Explanatory note:

W tabeli przedstawiono wartości średnie ± odchylenia standardowe / Table shows mean values and standard deviations.

Tabela 5. Zawartość tłuszczu, cholesterolu i średnica kuleczek tłuszczowych w mleku, determinowana wpływem pasteryzacji i homogenizacji mleka  
Table 5. Content of fat and cholesterol as well as diameter of fat globules in milk as determined by the effect of pasteurization and homogenization of milk

Czynniki Factors	Poziom czynnika Level Factor level	Zawartość tłuszczu Fat content [%]	Zawartość cholesterolu Cholesterol content [mg/g tłuszczu/ of fat]	Zawartość cholesterolu Cholesterol content [mg/100 g mleka/ of milk]	Średnica kuleczek tłuszczowych Diameter of fat globules [μm]
		$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$
Pasteryzacja mleka	Brak / None	3,47 ± 0,04	2,89 ± 1,47	10,04 <sup>Aa</sup> ± 5,12	3,53 <sup>A</sup> ± 1,43
	72°C/15 s	3,50 ± 0,04	3,57 ± 1,53	12,51 <sup>abc</sup> ± 5,34	2,58 <sup>Ba</sup> ± 1,56
	85°C/15 s	3,50 ± 0,05	4,04 ± 1,21	14,15 <sup>b</sup> ± 4,22	2,60 <sup>Ba</sup> ± 1,30
	95°C/10 min	3,50 ± 0,05	4,65 ± 1,19	16,27 <sup>Babd</sup> ± 4,13	2,80 <sup>Bb</sup> ± 2,38
Homogenizacja mleka	Nie / No	3,46 ± 0,02	4,93 ± 0,46	17,06 <sup>A</sup> ± 1,96	4,39 <sup>A</sup> ± 0,55
	Tak / Yes	3,53 ± 0,04	2,67 ± 1,27	9,42 <sup>B</sup> ± 4,05	1,36 <sup>B</sup> ± 0,61

Objaśnienia: / Explanatory notes:

$\bar{x}$  – wartość średnia / mean value; s – odchylenie standardowe / SD - standard deviation;

A, B – wartości średnie oznaczone różnymi literami w obrębie czynnika różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,01$ ) / mean values within one factor and denoted by different letters differ statistically significantly at  $p \leq 0,01$ ; a, b – wartości średnie oznaczone różnymi literami w obrębie czynnika różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ) / mean values within one factor and denoted by different letters differ statistically significantly at  $p \leq 0,05$ .

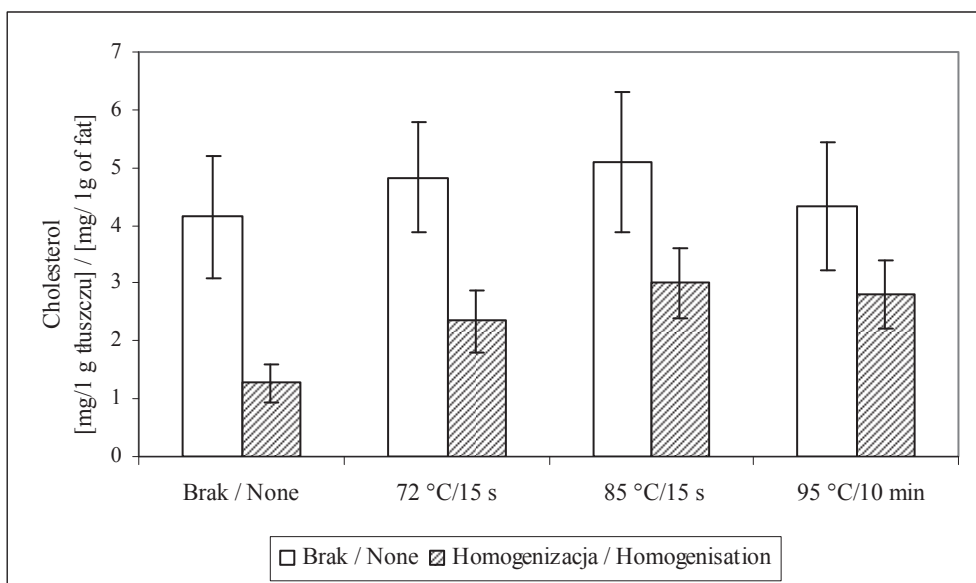


Sery wyprodukowane z mleka surowego poddanego homogenizacji w porównaniu z serami z mleka niehomogenizowanego zawierały mniej suchej masy, tłuszczu i cholesterolu, ale różnica między wartościami średnimi okazała się statystycznie nieistotna ( $p \leq 0,05$ ) (tab. 4). Zdaniem Dejmek i Walstry [10] homogenizacja mleka wpływa na zmniejszenie synerезy skrzepu podpuszczkowego. Deegan i McSweeney [9] udowodnili, że w serach cheddar wzrasta zawartość wody, a zmniejsza się zawartość tłuszczu w miarę wzrostu ciśnienia homogenizacji.

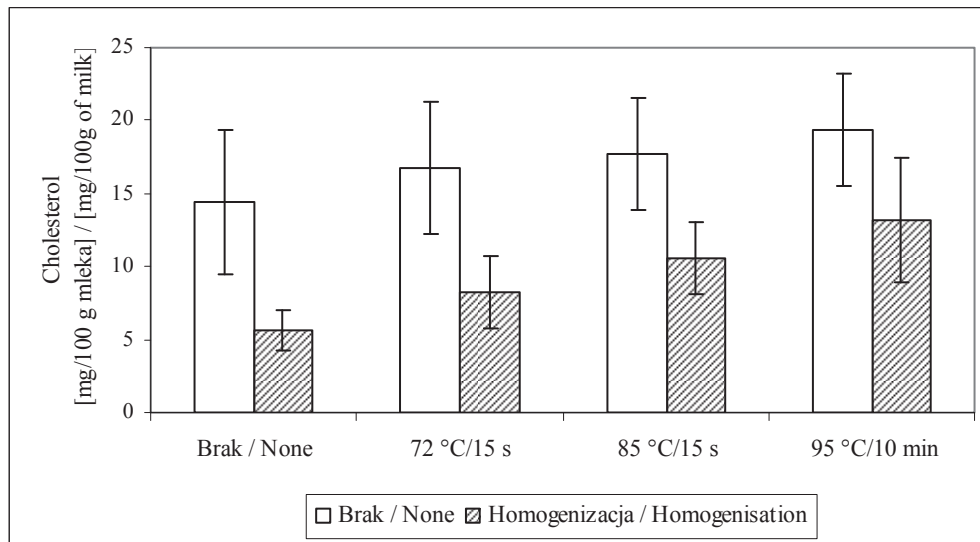
W procesie wyrobu niektórych serów (np. dojrzewających z udziałem bakterii maziowych i pleśni) stosowana jest pasteryzacja i homogenizacja mleka. Ta część pracy miała na celu sprawdzenie wpływu obu procesów na zawartość cholesterolu w mleku i serach.

Pasteryzacja spowodowała statystycznie istotny ( $p \leq 0,01$ ) wzrost zawartości cholesterolu w mleku, a homogenizacja – jego zmniejszenie (tab. 5). Obydwa czynniki wpłynęły na statystycznie istotne zmniejszenie średnicy kuleczek tłuszczowych.

Przebieg zmian zawartości cholesterolu w przeliczeniu na 1 g tłuszczu przedstawiono na rys. 1., a na 100 g mleka na rys. 2. Natomiast na rys. 3. przedstawiono zmiany średnicy kuleczek tłuszczowych w mleku poddanym oddziaływaniu dwóch czynników doświadczalnych.

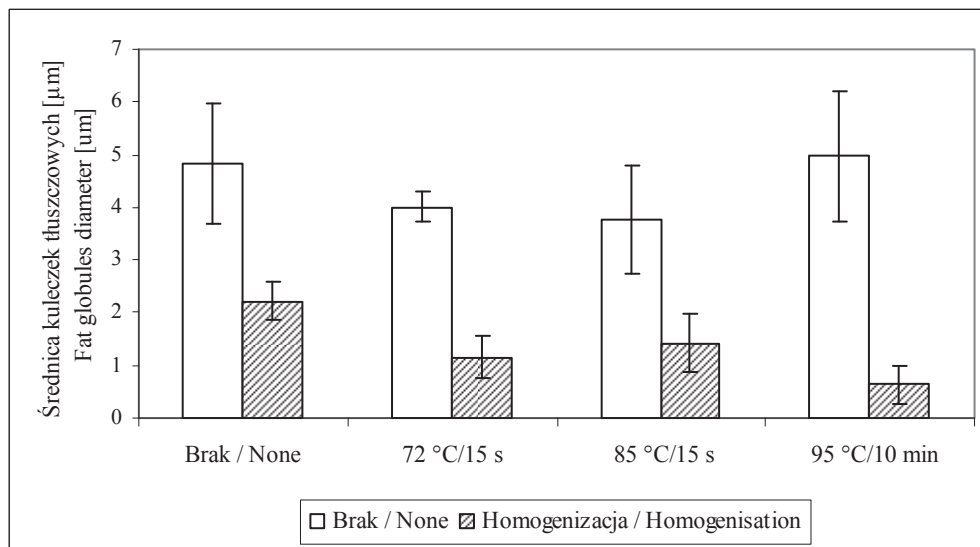


Rys. 1. Wpływ pasteryzacji i homogenizacji na zawartość cholesterolu w 1 g tłuszczu mlekowego  
Fig. 1. Effect of homogenization and pasteurization on content of cholesterol in 1g of milk fat



Rys. 2. Wpływ pasteryzacji i homogenizacji na zawartość cholesterolu w 100 g mleka

Fig. 2. Effect of homogenization and pasteurization on content of cholesterol in 100 g of milk



Rys. 3. Wpływ pasteryzacji i homogenizacji na średnicę kuleczek tłuszczowych w mleku

Fig. 3. The influence of pasteurization and homogenization on fat globules diameter in milk

Cerutti i wsp. [5] przeprowadzili badania, w których udowodnili, że zawartość cholesterolu w produktach mleczarskich wzrasta w wyniku termicznej obróbki mleka i od tłuszczania, które przyczyniają się do zmniejszenia średnicy kuleczek tłuszczowych.

Równoczesne oddziaływanie dwóch czynników: pasteryzacji i homogenizacji mleka na zawartość suchej masy i tłuszczu w serach okazało się niejednakowo istotne statystycznie (tab. 6). Jedynie pasteryzacja mleka wywarła statystycznie istotny ( $p \leq 0,01$ ) wpływ na zawartość obu składników, stopniowo zmniejszając ich poziom w miarę wzrostu temperatury procesu. Homogenizacja spowodowała niewielkie i statystycznie nieistotne zmniejszenie zawartości suchej masy i tłuszczu w serach.

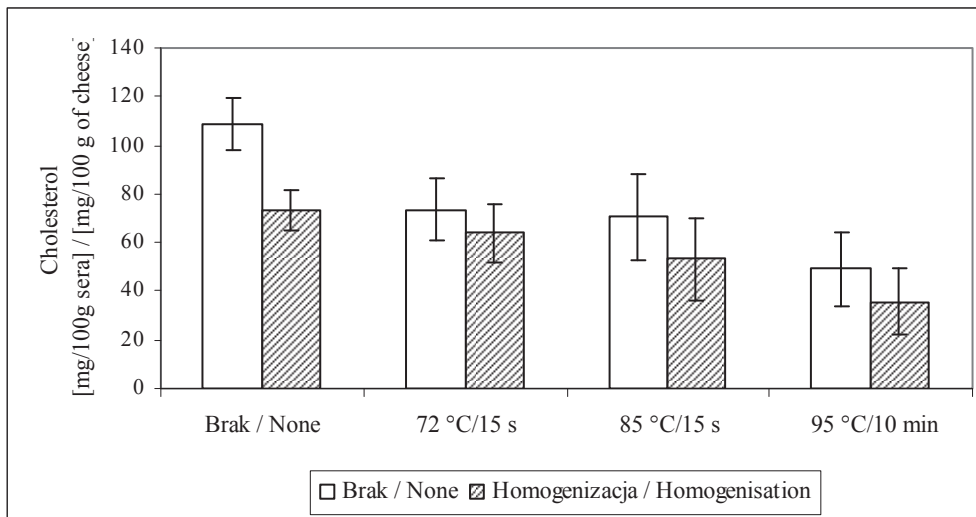
W miarę wzrostu temperatury pasteryzacji zmniejszeniu uległa w serach zawartość cholesterolu w przeliczeniu na 100 g produktu a różnice między średnimi były statystycznie istotne ( $p \leq 0,05$ ) – tab. 6. Poziom cholesterolu w serach z mleka pasteryzowanego w temp. 95 °C/10 min obniżył się dwukrotnie w porównaniu z serami z mleka surowego. Natomiast tendencja wzrostowa występuje w przypadku zawartości cholesterolu w przeliczeniu na 1 g tłuszczu, z wyjątkiem pasteryzacji w temperaturze 72 °C/15 s (tab. 6). Homogenizacja mleka spowodowała statystycznie istotne ( $p \leq 0,05$ ) zmniejszenie poziomu cholesterolu w serach w porównaniu z odpowiednikami z mleka niehomogenizowanego. Zawartość cholesterolu w serach zmniejszała się proporcjonalnie do wzrostu temperatury pasteryzacji i proces ten występował z większym nasileniem w serach z mleka homogenizowanego (rys. 4).

Tabela 6. Zawartość suchej masy, tłuszczu i cholesterolu w serach, determinowana wpływem pasteryzacji i homogenizacji mleka

Table 6. Content of dry matter, fat, and cholesterol in cheeses as determined by the effect of pasteurization and homogenization of milk

Czynniki Factors	Poziom czynnika Factor level	Zawartość suchej masy Dry matter content [%]	Zawartość tłuszczu Fat content [%]	Zawartość cholesterolu Cholesterol content [mg/1 g tłuszczu / of fat]	Zawartość cholesterolu Cholesterol content [mg/100 g sera / of cheese]
		$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$	$\bar{x} \pm s / SD$
Pasteryzacja mleka Milk pasteurization	Brak / None	38,63 <sup>A</sup> ± 2,05	20,00 <sup>C</sup> ± 1,30	5,15 ± 0,41	102,05 <sup>A</sup> ± 8,24
	72°C/15 s	37,25 <sup>ACa</sup> ± 1,66	18,25 <sup>C</sup> ± 1,70	4,84 ± 0,58	85,78 <sup>a</sup> ± 9,26
	85°C/15 s	27,33 <sup>BCb</sup> ± 1,20	11,92 <sup>B</sup> ± 0,76	5,97 ± 0,70	71,5 ± 10,38
	95°C/10 min	20,11 <sup>Ba</sup> ± 0,42	7,25 <sup>A</sup> ± 0,74	6,77 ± 1,66	46,72 <sup>Bb</sup> ± 9,77
Homogenizacja mleka / Milk homogenization	Nie / No	32,36 ± 1,56	15,21 ± 1,85	6,17 ± 0,64	86,49 ± 8,11
	Tak / Yes	29,3 ± 1,05	13,50 ± 1,56	5,19 ± 0,71	66,53 ± 8,5

Objaśnienia jak pod tab. 5. / Explanatory notes as in Tab. 5.



Objaśnienia: / Explanatory notes:

A, B, C, D – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,01$ ) / mean values denoted by different letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.01$ ;

a, b, c – wartości średnie oznaczone różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ) / mean values denoted by different letters differ statistically significantly at  $p \leq 0.05$ .

Rys. 4. Wpływ pasteryzacji i homogenizacji mleka na zawartość cholesterolu w serach

Fig. 4. Effect of pasteurization and homogenization of milk on content of cholesterol in cheeses.

### Wnioski

1. W mleku pasteryzowanym stwierdzono statystycznie istotnie ( $p \leq 0,05$ ) więcej cholesterolu niż w mleku surowym. Wraz ze wzrostem temperatury pasteryzacji wzrastał poziom oznaczanego cholesterolu.
2. W mleku poddanym procesowi homogenizacji stwierdzono mniejszą zawartość cholesterolu niż w mleku niehomogenizowanym.
3. Kombinacja dwóch czynników (pasteryzacji i homogenizacji mleka) wpłynęła na zmniejszenie zawartości cholesterolu w przeliczeniu na 100 g serów oraz na 1 g tłuszczu, jednak istotność tego wpływu nie zawsze jest potwierdzona statystycznie. Oddziaływania pojedynczych czynników na zmiany zawartości cholesterolu są mniejsze niż kombinacji dwóch czynników równocześnie.

*Praca wykonana w ramach tematu DS 3700/WTŻ Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.*

### Literatura

- [1] AOAC: Official Methods of Analysis Dairy. VA, 1990.
- [2] Barłowska J., Sz wajkowska M., Litwińczuk Z., Matwijczuk A.: The influence of cows breed and feeding system on the dispersion state of milk fat and content of cholesterol. *Rocz. Nauk. PTZ*, 2011, **3** (7), 57-65.
- [3] Bonczar G., Szpak B., Sady M.: Wpływ temperatury pasteryzacji na teksturę skrzepu i masy serowej. XXXII Sesja Naukowa KTiChŻ PAN „Technologia żywności a oczekiwania konsumentów”, SGGW, Warszawa 2001, 6-7 września, ss. 1-5.
- [4] Bonczar G., Chrzanowska K., Maciejowski K., Walczycka M.: Zawartość cholesterolu i jego pochodnych w mleku i produktach mleczarskich – uwarunkowania surowcowe i technologiczne. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **1** (74), 15-27.
- [5] Cerutti G., Machado M.A., Ribolzi L.: Distribution of cholesterol in milk dairy products. *Latte*, 1993, **11** (18), 1102-1108.
- [6] Cilliers F.P., Gouws P.A., Koutchma T., Engelbrecht Y., Adriaanse C., Swart P.: A microbiological, biochemical and sensory characterization of bovine milk treated by heat and ultraviolet (UV0 light for manufacturing Cheddar cheese. *Inn. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2014, **23**, 94-106.
- [7] Claeys W.L., Verraes C., Cardoen S., De Block J., Huyghebaert A., Raes K., Dewettinck K., Hermen L.: Consumption of raw or heated milk from different species: An evaluation of the nutritional and potential health benefits. *Food Control*, 2014, **42**, 188-201.
- [8] Coutouly A., Riaublanc A., Axelos M., Gaucher I.: Effect of heat treatment, final pH of acidification, and homogenization pressure on the texture properties of cream cheese. *Dairy Sci. Technol.*, 2014, **94**, 125-144.
- [9] Deegan K.C., McSweeney P.L.H.: Effects of low-pressure homogenization pre-treatment of cheese milk on the ripening of Cheddar cheese. *Dairy Sci. Technol.*, 2013, **93**, 641-655.
- [10] Dejmek P., Walstra P.: The syneresis of rennet-coagulated curd. In *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Third ed. Vol. I: General Aspects, Ed. by Fox P., Elsevier Ltd, 2004, pp. 71-103.
- [11] Fox P.F.: Factors that affect the quality of cheese. *Cheese Chemistry Physics and Microbiology. General aspects*. Ed. Fox P., Elsevier Academic Press, 2004, V.1., pp. 583-608.
- [12] Grega T., Sady M., Pustkowiak H.: Poziom cholesterolu i kwasów tłuszczowych w różnych rodzajach mleka spożywczego. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Technol. Żywn.*, 2000, **12**, 367, 85-90.
- [13] Grossmann A., Timmen H., Klostermeyer H.: Die enzymatische Bestimmung von Cholesterin in Milchlipp – eine Alternative zu den Fisher gebräuchlichen Methoden. *Milchwissenschaft*, 1976, **31**, 721-724.
- [14] Jurczak M.E.: Mleko, produkcja, badanie, przerób, Wyd. SGGW, Warszawa 2005, ss. 41-44.
- [15] Keenan T.W.: Milk lipid globules and their surrounding membrane: a brief history and perspectives for future research. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia*, 2001, **3** (6), 365-371.
- [16] Keenan T.W., Moon T.W., Dylewski D.P.: Lipid globules retain globule membrane material after homogenization. *J. Dairy Sci.*, 1983, **2** (66), 196-203.
- [17] Kiszka J.: Nisko przetworzone produkty mleczarskie. *Konf. „Żywność minimalnie przetworzona”*. Kraków, 19-20.06, 1997, ss. 99-112.
- [18] Kiszka J., Juśkiewicz M.: Changes of fat cholesterol during the manufacture of some cheeses. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 1998, **2**, 7/48, 251-258.
- [19] Kowal M.: Wpływ sezonu produkcji na przydatność technologiczną, profil kwasów tłuszczowych i zawartość cholesterolu w mleku pozyskiwanym od krów utrzymywanych w oborze wolnostanowiskowej i żywionych systemem TMR. *Rocz. Nauk. Zoot.*, 2013, **3** (9), 47-57.
- [20] Larsen T.: Enzymatic-fluorometric quantification of cholesterol in bovine milk. *Food Chem.*, 2012, **3** (135), 1261-1267.

- [21] Lu Ch., Wang G., Li Y., Zhang L.: Effects of homogenization pressures on physicochemical changes in different layers of ultra-high temperature whole milk during storage. *Int. J. Dairy Technol. Soci. Dairy Technol.*, 2013, **3 (66)**, 1-8.
- [22] O'Brien N.M., O'Connor T.P.: Nutritional aspects of cheese. *Cheese Chemistry Physics and Microbiology. General aspects*. Ed. Fox O., Elsevier Academic Press, 2004, vol. 1, pp. 573-581.
- [23] PN-ISO 2446:2010. Mleko. Oznaczanie zawartości tłuszczu.
- [24] PN-A-86232:1973 Mleko i przetwory mleczarskie. Sery. Metody badań.
- [25] PN-A-86059:1975 Mleko, śmietanka i śmietana. Oznaczanie skuteczności homogenizacji.
- [26] Sieber R., Eyer H.: Cholesterol removal from dairy products. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Ed. Roginski H., Academic Press Elsevier Science, 2004, vol. 3, pp. 1611-1617.
- [27] Ziajka S.: *Mleczarstwo 1*. Wyd. UWM, Olsztyn 2008.

#### EFFECT OF PASTEURIZATION AND HOMOGENIZATION OF MILK ON CHOLESTEROL CONTENT IN SOFT RENNET BUNDZ-TYPE CHEESES

##### S u m m a r y

The objective of the research study was to determine the effect of pasteurization (no pasteurization; pasteurization at 72°C/15 s, 85°C/15 s, and 95°C/10 min) and homogenization of milk (no homogenization; homogenization at 6 MPa ) on the content of cholesterol in milk and in rennet bundz- type cheeses made from that milk. It was found that those two processes impacted, statistically significantly, the cholesterol content in both the milk and the cheeses. Pasteurization caused the content of cholesterol in milk to increase. However, its level decreased in the cheeses and the decrease was proportional to the increase in the pasteurization temperature. The content of cholesterol in raw milk and in the cheeses produced from it amounted to 14.41 mg/100g and 115.61 mg/100g, respectively; after they were pasteurized at 95°C/10 min, it amounted to 19.34 mg/100 g and 55.01 mg/100g, respectively. The homogenization process of raw milk caused the cholesterol levels to decrease in both the milk and the cheeses to a level of 5.55 mg/100 g and 88.48 mg/100g, respectively. Based on the analysis of the simultaneous effect of the two factors, it was proved that, along with the increasing pasteurization temperature, the level of cholesterol in cheeses decreased to a greater degree in those products that were made from homogenized milk.

**Key words:** milk, bundz type rennet cheeses, pasteurization, homogenization, cholesterol 