

**Krzysztof Siemianowski, Elżbieta Tońska, Anna Lis,  
Jerzy Szpendowski**

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie  
e-mail: krzysztof.siemianowski@uwm.edu.pl

---

## **OCENA ZAWARTOŚCI WYBRANYCH SKŁADNIKÓW MINERALNYCH W SERWATCE KWASOWEJ W PROSZKU**

---

### **ASSESSMENT OF SELECTED MINERALS CONTENT IN ACID WHEY POWDER**

---

DOI: 10.15611/nit.2015.3.04

JEL Classification: Q19

**Streszczenie:** Celem badań była ocena zawartości wybranych składników mineralnych w suszonej serwatce kwasowej uzyskanej podczas produkcji twarogu. W serwatce kwasowej w proszku oznaczono zawartość wody, białka, laktozy, tłuszczu, popiołu oraz kwasu mlekowego. Celem oznaczenia składników mineralnych próbki badanej serwatki mineralizowano na mokro. Ca, Mg, Zn, Fe, Mn i Cu oznaczano techniką płomieniowej spektrometrii absorpcji atomowej (płomień acetylen – powietrze). K i Na oznaczano techniką emisyjną (płomień acetylen – powietrze). P oznaczano metodą kolorymetryczną. Oceny zawartości oznaczonych składników mineralnych dokonano, obliczając i analizując stopień pokrycia przez 10 g badanej serwatki kwasowej w proszku uśrednionego zalecanego spożycia (w przypadku Ca, P, Mg, Zn, Fe, Mn, Cu) lub wystarczającego spożycia (w przypadku K, Na), oddzielnie dla populacji kobiet i mężczyzn w wieku 19-50 lat o umiarkowanej aktywności fizycznej. Badana serwatka kwasowa w proszku zawierała średnio: 2,19% wody, 12,81% białka, 66,65% laktozy, 1,50% tłuszczu, 10,53% popiołu oraz 7,01% kwasu mlekowego. W suszonej serwatce kwasowej spośród oznaczonych makroelementów w największych ilościach występował K (średnio 2252,90 mg/100g), Ca (średnio 1845,16 mg/100g) i P (średnio 1031,30 mg/100g), natomiast z grupy mikroelementów – Zn (średnio 6806,56 µg/100g). Według wyliczeń 10 g badanej serwatki kwasowej w proszku pokrywa dzienne spożycie u kobiet i mężczyzn w wieku 19-50 lat o umiarkowanej aktywności fizycznej w 18,45% na Ca, w 14,73% na P, odpowiednio w 5,12% i 3,94% na Mg, w 4,79% na K, w 3,36% na Na, odpowiednio w 8,51% i 6,19% na Zn, oraz w stopniu mniejszym niż 1% na Fe, Mn i Cu. Serwatka kwasowa potwarogowa w proszku zawiera Ca, P i Zn w ilościach ważnych dla dziennego spożycia. Ca i P oraz Na i K w serwatce kwasowej występują w korzystnych proporcjach z punktu widzenia żywienia i zdrowia.

**Słowa kluczowe:** serwatka kwasowa w proszku, makroelementy, mikroelementy.

---

\* Pracę zrealizowano w ramach tematu statutowego pt. „Zmiany jakości i bezpieczeństwo żywności w procesach jej przetwarzania, pakowania i przechowywania” nr 17.610.002-300, realizowanego w Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie.

**Summary:** The aim of this study was the assessment of selected minerals content in acid whey powder produced during the making of tvorog. The content of moisture, total protein, lactose, fat, ash and lactic acid were determined in acid whey powder. Samples of acid whey powder were subjected to wet mineralization to determine the content of selected mineral nutrients. The content of Ca, Mg, Zn, Fe, Mn and Cu were determined by atomic absorption spectrometry (acetylene/air flame), K and Na content was determined by atomic emission spectrometry (acetylene/air flame), and P content was determined by colorimetry. The percentage of the Recommended Dietary Intakes of Ca, P, Mg, Zn, Fe, Mn and Cu, and the percentage of the Adequate Intake of K and Na provided by 10 g of acid whey powder were calculated and compared separately for moderately active males and females aged 19-50 years. The analyzed acid whey powder contained on average: 2,19% water, 12,81% protein, 66,65% lactose, 1,50% fat, 10,53% ash and 7,01% lactic acid. In the group of macroelements, K, Ca and P were present in the largest amounts (K – 2252,90 mg/100g, Ca – 1845,16 mg/100g, P – 1031,30 mg/100g on average). The most abundant microelement was Zn (6806,56 µg/100g on average). In a population of moderately active males and females aged 19-50 years, 10 g of acid whey powder supplied the following percentages of the recommended daily intakes of mineral nutrients: Ca – 18,45%, P – 14,73%, Mg – 5,12% and 3,94% respectively, K – 4,79%, Na – 3,36%, Zn – 8,51% and 6,19% respectively, Fe, Mn and Cu – less than 1%. Acid whey powder supplies a considerable amount of the recommended daily intakes of Ca, P and Zn, and it has nutritionally desirable Ca:P and Na:K ratios, which is an important consideration for human health.

**Keywords:** acid whey powder, macroelements, microelements.

## 1. Wstęp

Spośród asortymentu niedojrzewających serów twarogowych dużą popularnością w Polsce cieszy się twaróg kwasowy [Kolanowski 2003; Bohdziewicz 2009]. Uwarunkowane jest to tradycją, przyzwyczajeniami żywieniowymi konsumentów oraz aspektami ekonomicznymi [Górska-Warsewicz 2005]. Podczas wyrobu twarogu kwasowego otrzymywana jest serwatka kwasowa, stanowiąca produkt uboczny jego technologii. Serwatka jest zielonkawym płynem, do którego przechodzi ok. 50% suchej masy przerabianego mleka. Serwatka kwasowa zawiera ok. 5-6% suchej masy, w tym białko, laktozę, kwas mlekowy, składniki mineralne i witaminy [Oziemkowski 1993; Szpendowski, Salamonowicz, Cichosz 2005]. Według szacunków Pluty, Kratochwil i Domańskiej [2002] serwatka kwasowa stanowi 35% ogółu serwatki powstającej w krajowych zakładach mleczarskich.

Migracja składników mineralnych z mleka do serwatki wynosi średnio 81% [Bednarski 2001]. W związku z tym jednym z kierunków racjonalnego zagospodarowania serwatki kwasowej może być wykorzystywanie jej jako naturalnego komponentu do wzbogacania żywności w składniki mineralne. Wskazuje się na możliwość otrzymywania z serwatki kwasowej koncentratu, którego dodatek w produkcji pieczywa wzbogaca istotnie produkt w składniki mineralne [Śmietana, Soral-Śmietana 2006; Wronkowska i in. 2010; Alsaed i in. 2013]. Innym bardzo perspektywicz-

nym kierunkiem zagospodarowania serwatki kwasowej może być produkcja napojów [Grega, Jaworska 2010]. Wykazano, że napoje owocowe wyprodukowane na bazie serwatki kwasowej zawierają znaczne ilości wapnia [Jelen, Currie, Kadis 1987].

Celem podjętych badań była ocena zawartości wybranych składników mineralnych w suszonej serwatce kwasowej uzyskanej podczas produkcji twarogu.

## 2. Materiał i metodyka badań

Materiał badawczy stanowiła serwatka uzyskana podczas produkcji chudego twarogu kwasowego w skali półtechnicznej. Serwatkę poddawano filtracji na tkaninie celem usunięcia rozpylonej kazeiny, pasteryzacji w temp. 75°C przez 20 sekund, a następnie zagęszczaniu w wyparce próżniowej SPX.anhydro (SPX Flow Technology, Dania) do osiągnięcia ok. 25% suchej masy. Zagęszczoną serwatkę suszono w suszarni rozpyłowej (NIRO ATOMIZER, Dania). W czasie procesu suszenia temperatura powietrza wlotowego wynosiła około 180°C, natomiast powietrza wylotowego – około 85°C. Uzyskany proszek serwatkowy pakowano do woreczków z folii PA/PE, które zamykano przez zgrzanie.

W badanej serwatce kwasowej potwarogowej w proszku oznaczono zawartość wody metodą suszenia w temp. 102°C, laktozy – metodą Bertranda, tłuszczu – metodą objętościową [PN-78-A-86030:1978], białka – metodą makro [PN-EN ISO 8968-2:2004], popiołu – metodą spalania w temp. 550°C [PN-78-A-86030:1978; Krelowska-Kułas 1993], kwasu mlekowego oraz składników mineralnych, w tym spośród makroelementów: wapnia (Ca), fosforu (P), magnezu (Mg), potasu (K), sodu (Na), oraz z grupy mikroelementów: cynku (Zn), żelaza (Fe), manganu (Mn) i miedzi (Cu). Zawartość kwasu mlekowego w badanej serwatce kwasowej w proszku wyliczono, oznaczając kwasowość miareczkową w 10-procentowym roztworze wodnym [PN-78-A-86030:1978] oraz przeliczając ją na 100 g proszku, uwzględniając przelicznik: 1°SH = 0,0225% kwasu mlekowego [Żegarska (red.) 2000]. W celu oznaczenia zawartości składników mineralnych próbki serwatki kwasowej potwarogowej w proszku mineralizowano na mokro w mieszaninie (3:1 v/v) kwasów azotowego i nadchlorowego. Mineralizację realizowano w elektrycznym bloku grzejnym (DK 20, VELP Scientifica, Włochy) w czasie 4-5 godzin, podnosząc stopniowo temperaturę od 120 do 200°C. Otrzymany mineralizat przenoszono do kolb pomiarowych o objętości 25 cm<sup>3</sup> i uzupełniano wodą dejonizowaną do znaku miarowego. Równoległe z próbkami badanymi przygotowano próbki odczynnikowe. Zawartość Ca, Mg, Zn, Fe, Mn, Cu w mineralizatach oznaczono techniką płomieniowej spektrometrii absorpcji atomowej (płomień acetylen – powietrze) z użyciem spektrometru (iCE 3000 Series AAS, Thermo Scientific, Anglia) wyposażonego w stację danych GLITE, korekcję tła (lampa deuterowa) oraz odpowiednie lampy katodowe. Oznaczeń pierwiastków dokonywano, stosując następujące długości fali: 422,7 nm (Ca), 285,2 nm (Mg), 213,9 nm (Zn), 248,3 nm (Fe), 279,5 nm (Mn), 324,8 nm (Cu).

Oznaczając Ca, w celu wyeliminowania oddziaływania P, do badanych próbek oraz wzorców dodawano wodny roztwór chlorku lantanu w ilości zapewniającej 0,5% stężenie  $\text{La}^{+3}$  [Whiteside, Miner 1984]. K i Na oznaczano z użyciem spektrometru pracującego w systemie emisyjnym (płomień acetylen – powietrze), stosując długości fali 766,5 nm (K) i 589,0 nm (Na). Zawartość P oznaczano metodą kolorymetryczną [Żegarska (red.) 2000], a pomiaru absorbancji dokonano spektrofotometrem (VIS 6000, KRÜSS – OPTRONIC, Niemcy) przy długości fali 610 nm.

Oceny zawartości oznaczonych składników mineralnych dokonano, obliczając i analizując stopień pokrycia przez 10 g badanej serwatki kwasowej potwarogowej w proszku uśrednionego zalecanego spożycia (w przypadku Ca, P, Mg, Zn, Fe, Mn, Cu) lub wystarczającego spożycia (w przypadku K, Na), oddzielnie dla populacji kobiet i mężczyzn w wieku 19-50 lat o umiarkowanej aktywności fizycznej (PAL = 1,75). W grupie kobiet przyjęto spożycie dla osoby o masie ciała 60 kg na: wapń – 1000 mg/dobę; fosfor – 700 mg/dobę; magnez – 315 mg/dobę; potas – 4700 mg/dobę; sód – 1500 mg/dobę; cynk – 8 000  $\mu\text{g}$ /dobę; żelazo – 18 000  $\mu\text{g}$ /dobę; miedź – 900  $\mu\text{g}$ /dobę. W grupie mężczyzn przyjęto spożycie dla osoby o masie ciała 70 kg na: wapń – 1000 mg/dobę; fosfor – 700 mg/dobę; magnez – 410 mg/dobę; potas – 4700 mg/dobę; sód – 1500 mg/dobę; cynk – 11 000  $\mu\text{g}$ /dobę; żelazo – 10 000  $\mu\text{g}$ /dobę; miedź – 900  $\mu\text{g}$ /dobę [Jarosz (red.) 2012]. W przypadku manganu stopień pokrycia dziennego spożycia obliczano w odniesieniu do dolnej wartości zalecanego spożycia dla dorosłych kobiet i mężczyzn, wynoszącej 2000  $\mu\text{g}$ /dobę [Śmigiełska, Lewandowicz, Gawęcki 2005].

Wyniki zawartości oznaczonych w przeprowadzonym doświadczeniu składników w badanej serwatce kwasowej potwarogowej w proszku opracowano statystycznie, obliczając wartości średnie i odchylenia standardowe z wykorzystaniem programu Statistica 10 (StatSoft, Polska).

### 3. Omówienie i dyskusja wyników

Powszechnie stosowanym kierunkiem przetwarzania serwatki jest produkcja proszku serwatkowego. Suszenie zmniejsza koszty transportu oraz znacząco wydłuża trwałość serwatki [Kosikowski 1979]. Podstawowy skład chemiczny badanej serwatki kwasowej potwarogowej w proszku zestawiono w tab. 1. Analizowana suszona serwatka kwasowa zawierała średnio: 2,19% wody, 12,81% białka, 66,65% laktozy, 1,50% tłuszczu, 10,53% popiołu oraz 7,01% kwasu mlekowego. Dla porównania suszone mleko odtłuszczone zawiera: 4,4% wody, 36,4% białka, 50,6% laktozy, 0,1% tłuszczu oraz 8,1% popiołu [Panfil-Kunczewicz, Kunczewicz 1995].

Zawartość oznaczonych makroelementów w badanej suszonej serwatce kwasowej potwarogowej zestawiono w tab. 2. Średnia zawartość wapnia i fosforu w badanej serwatce w proszku wynosiła odpowiednio 1845,16 mg/100g oraz 1031,30 mg/100g. Wong, LaCroix i McDonough [1978] w serwatce kwasowej w proszku oznaczyli wapń w ilości 1450 mg/100g oraz fosfor w ilości 464 mg/100g.

**Tabela 1.** Podstawowy skład chemiczny badanej serwatki kwasowej w proszku  
**Table 1.** Proximate chemical composition of acid whey powder

Badany materiał/ Analyzed material	Woda/ Water [%]	Białko ogółem/ Total protein [%]	Laktoza Hydrat/ Lactose hydrate [%]	Tłuszcz/ Fat [%]	Popiół/ Ash [%]	Kwas/ mlekowy Lactic acid [%]
Serwatka kwasowa w proszku/ Acid whey powder	2,19 ±0,18	12,81 ±0,05	66,65 ±0,05	1,50 ±0,12	10,53 ±0,06	7,01 ±0,04

Wartość średnia ± odchylenie standardowe ( $n = 4$ ).

Mean value ± standard deviation ( $n = 4$ ).

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

W badaniach Szpendowskiego, Salamonowicz i Cichosz [2005] wykazano, że uzyskiwana przy produkcji serów twarogowych płynna serwatka z mleka koagulowanego kwasowo zawiera istotnie więcej wapnia i fosforu w porównaniu z serwatką z mleka koagulowanego kwasowo-podpuszczkowo. Podczas wyrobu twarogu około 80% wapnia zawartego w przerabianym mleku przechodzi do serwatki [Zmarlicki 2006], co tłumaczy stosunkowo wysoką zawartość tego makroelementu w serwatce kwasowej. Duży wpływ na wykorzystanie wapnia przez organizm ma stosunek jego zawartości do zawartości fosforu w spożywanej żywności. Właściwy stosunek zawartości Ca:P w diecie nie powinien być mniejszy niż 1,3:1 [Śmigielka, Lewandowicz, Gawęcki 2005; Kusiuk, Grembecka, Szefer 2009]. Stosunek średniej zawartości Ca:P w badanej serwatce kwasowej wynosił ok. 1,8:1. Tak korzystny stosunek Ca:P przemawia za możliwością stosowania serwatki kwasowej do wzbogacania produktów, w których występuje nadmiar fosforu względem wapnia, celem poprawy stopnia wykorzystania zawartego w nich wapnia przez organizm. Niekorzystna proporcja Ca:P występuje w produktach mięsnych oraz dotyczy większości produktów pochodzenia roślinnego [Kunachowicz i in. 2005]. Korzystny wpływ na biodostępność wapnia wywiera obecność w serwatce m.in. laktozy oraz aminokwasów zasadowych [Guéguen, Pointillart 2000; Śmigielka, Lewandowicz, Gawęcki 2005; Kusiuk, Grembecka, Szefer 2009].

Badana serwatka potwarogowa w proszku zawierała średnio: magnez w ilości 161,44 mg/100g, potas w ilości 2252,90 mg/100 g oraz sód w ilości 503,96 mg/100g. Wong, LaCroix i McDonough [1978] oznaczyli w serwatce kwasowej w proszku magnez w ilości 143 mg/100 g, potas w ilości 2340 mg/100 g oraz sód w ilości 758 mg/100g. Szpendowski, Salamonowicz i Cichosz [2005] nie wykazali istotnych różnic w zawartości magnezu, potasu i sodu między uzyskiwaną podczas produkcji serów twarogowych płynną serwatką kwasową i kwasowo-podpuszczkową. Śmietana i Soral-Śmietana [2006] wykazali przydatność preparatu otrzymanego z serwatki

kwasowej do zastępowania soli kuchennej w produkcji pieczywa, którego zastosowanie zmienia w produkcie proporcję sodu do potasu z 3:1 na 1:4, a więc na bardziej korzystną dla zdrowia człowieka, co jest szczególnie istotne w profilaktyce i leczeniu nadciśnienia tętniczego. W badanej w doświadczeniu serwatce kwasowej potwarogowej w proszku stosunek średniej zawartości Na:K był również bardzo korzystny i wynosił ok. 1:4,5.

Według wyliczeń (tab. 2) 10 g badanej w doświadczeniu serwatki kwasowej w proszku pokrywa dzienne spożycie u kobiet i mężczyzn w wieku 19-50 lat o umiarkowanej aktywności fizycznej w 18,45% na wapń, w 14,73% na fosfor, odpowiednio w 5,12% oraz w 3,94% na magnez, w 4,79% na potas oraz w 3,36% na sód.

**Tabela 2.** Zawartość makroelementów w serwatce kwasowej w proszku oraz stopień pokrycia ich dziennego spożycia przez 10 g badanej serwatki kwasowej w proszku

**Table 2.** The content of macroelements in acid whey powder and the percentage of their recommended daily intake provided by 10 g of acid whey powder

Makroelementy/ Macroelements	Zawartość w serwatce kwasowej w proszku/ The content in acid whey powder [mg/100g]	Stopień pokrycia dziennego spożycia przez 10g serwatki kwasowej w proszku/ The percentage of recommended daily intake provided by 10 g of acid whey powder [%]	
		osoba/person	
		kobieta/woman	mężczyzna/man
Ca	1845,16 ±19,57	18,45	18,45
P	1031,30 ±5,25	14,73	14,73
Mg	161,44 ±1,66	5,12	3,94
K	2252,90 ±24,79	4,79	4,79
Na	503,96 ±1,76	3,36	3,36

Wartość średnia ± odchylenie standardowe ( $n = 5$ ).

Mean value ± standard deviation ( $n = 5$ ).

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

Zawartość oznaczonych mikroelementów w badanej suszonej serwatce kwasowej potwarogowej zestawiono w tab. 3. Spośród analizowanych mikroelementów w badanej serwatce kwasowej w proszku w zdecydowanie największej ilości występował cynk, a jego średnia zawartość wynosiła 6806,56  $\mu\text{g}/100\text{g}$ . Badana serwatka

zawierała średnio żelazo w ilości 460,92  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , mangan w ilości 145,68  $\mu\text{g}/100\text{g}$  oraz miedź w ilości 61,56  $\mu\text{g}/100\text{g}$ . Wong, LaCroix i McDonough [1978] oznaczyli w suszonej serwatce kwasowej cynk w ilości 4300  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , żelazo w ilości 550  $\mu\text{g}/100\text{g}$ , mangan w ilości 15  $\mu\text{g}/100\text{g}$  oraz miedź w ilości 50  $\mu\text{g}/100\text{g}$ .

Analiza zawartości oznaczonych mikroelementów wykazała (tab. 3), że 10 g badanej serwatki kwasowej w proszku pokrywa dzienne spożycie u kobiet i mężczyzn w wieku 19-50 lat o umiarkowanej aktywności fizycznej na cynk odpowiednio w 8,51% i 6,19%, na żelazo odpowiednio w 0,26% i 0,46%, na mangan w 0,73% oraz na miedź w 0,68%.

**Tabela 3.** Zawartość mikroelementów w serwatce kwasowej w proszku oraz stopień pokrycia ich dziennego spożycia przez 10 g badanej serwatki kwasowej w proszku

**Table 3.** The content of microelements in acid whey powder and the percentage of their recommended daily intake provided by 10 g of acid whey powder

Mikroelementy/ Microelements	Zawartość w serwatce kwasowej w proszku/ The content in acid whey powder [ $\mu\text{g}/100\text{g}$ ]	Stopień pokrycia dziennego spożycia przez 10g serwatki kwasowej w proszku/ The percentage of recommended daily intake provided by 10 g of acid whey powder [%]	
		osoba/person	
		kobieta/woman	mężczyzna/man
Zn	6806,56 $\pm 217,21$	8,51	6,19
Fe	460,92 $\pm 17,65$	0,26	0,46
Mn	145,68 $\pm 3,38$	0,73	0,73
Cu	61,56 $\pm 1,23$	0,68	0,68

Wartość średnia  $\pm$  odchylenie standardowe ( $n = 5$ ).

Mean value  $\pm$  standard deviation ( $n = 5$ ).

Źródło: opracowanie własne.

Source: own study.

Podsumowując wyniki uzyskane w przeprowadzonych badaniach, należy stwierdzić, że suszona serwatka kwasowa potwarogowa zawiera wiele cennych składników mineralnych. Problem racjonalnego zagospodarowania serwatki kwasowej jest ciągle aktualny. Mając na uwadze obecność w serwatce kwasowej licznych składników mineralnych, w tym wielu w istotnych ilościach względem zapotrzebowania człowieka, należy poszukiwać możliwości jej szerszego wykorzystania w produkcji żywności. Za takim kierunkiem zagospodarowania serwatki kwasowej przemawiają aspekty żywieniowe i ekologiczne.

## 4. Wnioski

1. Serwatka kwasowa potwarogowa w proszku zawiera wapń, fosfor i cynk w ilościach ważnych dla dziennego spożycia.

2. Wapń i fosfor oraz sód i potas w serwatce kwasowej występują w korzystnych proporcjach z punktu widzenia żywienia i zdrowia.

## Literatura

- Alsaed A.K., Ahmad R., Aldoomy H., El-Qader S.A., Saleh D., Sakejha H., Mustafa L., 2013, *Characterization, concentration and utilization of sweet and acid whey*, Pak. J. Nutr., 12(2), s. 172-177.
- Bednarski W., 2001, *Doskonalenie technologii oraz organizacji przetwarzania serwatki w Polsce*, Przem. Spoż., 2, s. 32-34, 44.
- Bohdziewicz K., 2009, *Twaróg – pierwszy świeży ser świata*, Przegl. Mlecz., 2, s. 4-8.
- Górska-Warsewicz H., 2005, *Rozwój rynku produktów mleczarskich*, Przem. Spoż., 10, s. 20-23.
- Grega T., Jaworska G., 2010, *Napoje mleczne. Kierunki ich rozwoju*, Przem. Spoż., 10, s. 20-23.
- Guéguen L., Pointillart A., 2000, *The bioavailability of dietary calcium*, J. Am. Coll. Nutr., 19(2), s. 119S-136S.
- Jarosz M. (red.), 2012, *Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja*, Wydawnictwo IŻŻ, Warszawa.
- Jelen P., Currie R., Kadis V.W., 1987, *Compositional analysis of commercial whey drinks*, J. Dairy Sci., 70(4), s. 892-895.
- Kolanowski W., 2003, *Od śniadania po desery. Twaróg*, Przegl. Gastron., 10, s. 22-23.
- Kosikowski F.V., 1979, *Whey utilization and whey products*, J. Dairy Sci., 62(7), s. 1149-1160.
- Krełowska-Kulas M., 1993, *Badanie jakości produktów spożywczych*, PWE, Warszawa.
- Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K., 2005, *Tabele składu i wartości odżywczej żywności*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa.
- Kusiuk A., Grembecka M., Szefer P., 2009, *Wzajemne relacje stężeń Ca i P w serach źródłem prawidłowo zbilansowanej diety*, Bromat. Chem. Toksykol., XLII(3), s. 798-802.
- Oziemkowski P., 1993, *Zastosowanie techniki ultrafiltracji w technologii wykorzystania serwatki*, Przem. Spoż., 8, s. 216-219.
- Panfil-Kuncewicz H., Kuncewicz A., 1995, *Emulsifying and foaming properties of milk concentrates*, Pol. J. Food Nutr. Sci., 4/45(1), s. 62-69.
- Pluta A., Kratochwil A., Domańska E., 2002, *Porównanie otrzymywania i zagospodarowania serwatki podpuszczkowej i kwasowej w aspekcie ochrony środowiska*, Przegl. Mlecz., 10, s. 448-452.
- PN-EN ISO 8968-2: 2004, *Mleko. Oznaczanie zawartości azotu. Część 2: Metoda z zastosowaniem bloku do mineralizacji (Metoda makro)*.
- PN-78/A-86030: 1978. *Mleko i przetwory mleczarskie. Mleko w proszku. Metody badań*.
- Szpendowski J., Salamonowicz J., Cichosz G., 2005, *Effect of different methods of milk protein coagulation and separation on the chemical composition and nutritive value of whey and permeate obtained during the production of cottage cheese*, Pol. J. Natur. Sc., 18(1), s. 199-209.
- Śmietana Z., Soral-Śmietana M., 2006, *Milk components in whey preparations – characteristics and utilization*, Pol. J. Food Nutr. Sci., 15/56(SI 1), s. 237-241.



- Śmigielska H., Lewandowicz G., Gawęcki J., 2005, *Biopierwiastki w żywności. Przystawalność składników mineralnych*, Przem. Spoż., 7, s. 28-32.
- Whiteside P.J., Miner B., 1984, *Pye Unicam Atomic Absorption Data Book*, Pye Unicam Ltd, Cambridge.
- Wong N.P., LaCroix D.E., McDonough F.E., 1978, *Minerals in whey and whey fractions*, J. Dairy Sci., 61(12), s. 1700-1703.
- Wronkowska M., Soral-Śmietana M., Zander L., Zander Z., Jadacka M., 2012, *Kształtowanie cech technologicznych i jakości chleba poprzez udział przemysłowego koncentratu serwatki potwarogowej*, ŻNTJ, 2(81), s. 56-67.
- Zmarlicki S., 2006, *Zdrowotne aspekty mleka i przetworów mlecznych*, Zdr. Publ. 116(1), s. 142-146.
- Żegarska Z. (red.), 2000, *Ćwiczenia z analizy żywności*, Wydawnictwo UWM, Olsztyn.