

**Krzysztof Siemianowski, Jerzy Szpendowski,  
Krzysztof Bohdziewicz**

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

**Piotr Kołakowski**

Danisco-Biolacta w Olsztynie

**Joanna Żylińska, Jacek K. Bardowski**

Instytut Biochemii i Biofizyki, PAN w Warszawie

e-mail: krzysztof.siemianowski@uwm.edu.pl

---

## **WARTOŚĆ ODŻYWCZA TWAROGU KWASOWEGO OTRZYMANEGO Z MLEKA ZAGĘSZCZONEGO WYPARNIE ORAZ METODĄ ULTRAFILTRACJI (UF)\***

---

**Streszczenie:** Celem badań była charakterystyka wartości odżywczej twarogu kwasowego otrzymanego z mleka zagęszczonego wyparnie oraz koncentratu UF. Surowcem do produkcji twarogu było mleko pasteryzowane o zawartości 2% tłuszczu, zagęszczane metodą wyparną oraz ultrafiltracji do ok. 25% suchej masy. Twaróg kontrolny produkowano z mleka niezagęszczonego. W badaniach wykazano, że twarogi z mleka zagęszczonego wyparnie i koncentratu UF stanowią stosunkowo małoenergetyczne źródło bogate w białko i wapń. Produkty te zawierały znacznie więcej wapnia w porównaniu z twarogiem z mleka niezagęszczonego oraz charakteryzowały się korzystnym z punktu widzenia biodostępności stosunkiem zawartości tego makroelementu względem białka i fosforu.

**Słowa kluczowe:** ultrafiltracja (UF), twaróg kwasowy, wartość odżywcza, zagęszczanie wyparne.

### **1. Wstęp**

Twaróg kwasowy zajmuje ważne miejsce w asortymencie niedojrzewających serów twarogowych dostępnych na krajowym rynku. Jego atrakcyjność uwarunkowana jest tradycją, przyzwyczajeniami żywieniowymi oraz powszechną dostępnością

---

\* Pracę zrealizowano w ramach projektu badawczego własnego pt. „Bezodpadowa technologia serów twarogowych otrzymywanych ze wszystkich białek mleka”, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego nr N N312351539.

i stosunkowo niską ceną [Górska-Warsewicz 2005]. Pod względem odżywczym twaróg jest produktem obfitującym w pełnowartościowe i łatwostrawne białko. Zawiera również pewne ilości lekkostrawnego tłuszczu mlekowego, laktozy oraz liczne witaminy i składniki mineralne [Kolanowski 2003; Kłobukowski, Cichoń 1999; Kunachowicz i in. 2005].

Produkcja twarogu polega na odpowiedniej obróbce skrzepu mleka odtłuszczonego lub normalizowanego pod względem zawartości tłuszczu, rzadziej maślanki lub jej mieszaniny z mlekiem, skoagulowanego w wyniku ukwaszania przez kultury bakterii fermentacji mlekowej do kwasowości czynnej strefy punktu izoelektrycznego białek frakcji kazeinowej. Obróbka skrzepu obejmuje krojenie, mieszanie i ogrzewanie, a następnie separację powstałego ziarna twarogowego od wydzielonej serwatki. Oddzielona masa twarogowa poddawana jest formowaniu, prasowaniu, chłodzeniu oraz pakowaniu. W handlu twaróg prasowany dostępny jest w postaci produktów chudych, półtłustych i tłustych o kształcie bloku, klina, okrągłym lub innym [Holanowski 1986; Kolanowski 2003; Śmietana, Szpendowski, Bohdziewicz 2003; Szpendowski i in. 2007; Ziajka (red.) 1997]. W produkcji mleczarskiej dąży się do jak najlepszego wykorzystywania wszystkich cennych składników przetwarzanego mleka przy jednoczesnym zwiększaniu wydajności produkcji, za czym przemawiają aspekty żywieniowe, ekologiczne i ekonomiczne [Rojewska 2000]. Jednym ze sposobów zwiększenia zdolności produkcyjnych serowni jest wykorzystywanie jako surowca mleka o zwiększonej zawartości suchej masy. Udział suchej masy w mleku przerobowym można łatwo zwiększyć poprzez np. dodatek odpowiedniej ilości proszku mlecznego, zagęszczanie w urządzeniu wyparnym lub przy zastosowaniu techniki ultrafiltracji (UF) [Chojnowski i in. 1993].

Celem podjętych badań była charakterystyka wartości odżywczej twarogu kwasowego otrzymanego z mleka zagęszczonego wyparnie oraz koncentratu ultrafiltracyjnego.

## 2. Materiał i metody badań

Produkcję twarogu kwasowego realizowano, wykorzystując instalacje pilotowe. Surowcem do produkcji twarogu było mleko pasteryzowane o zawartości 2% tłuszczu, które zagęszczano metodą wyparną oraz ultrafiltracji celem zwiększenia koncentracji suchej masy do ok. 25%. Zagęszczanie metodą wyparną prowadzono w wyparce próżniowej SPX.anhydro (SPX Flow Technology Danmark AS) do osiągnięcia ok. 40% suchej masy, a następnie uzyskany koncentrat normalizowano do ok. 25% suchej masy, dodając mleko niezagęszczone. Zagęszczanie mleka metodą ultrafiltracji prowadzono w urządzeniu GEA PF 22/2011 PILOT R2 (GEA Process Engineering Sp. z o.o.). Twaróg kontrolny produkowano z mleka niezagęszczonego. Do produkcji twarogu w doświadczeniu zastosowano kulturę jogurtową YC-X16 (Chr. Hansen), zawierającą według deklaracji producenta paciorkowce *Streptococcus thermophilus* oraz pałeczki *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Wyboru

kultury startowej dokonano na podstawie wyników wcześniej prowadzonych badań dynamiki ukwaszania mleka o zwiększonej zawartości suchej masy przez różne komercyjne kultury proponowane do produkcji serów niedojrzewających i mlecznych napojów fermentowanych. Surowiec zaprawiano kulturą startową w ilości 5U/100 litrów mleka i ukwaszano w temperaturze 30°C. Proces ukwaszania mleka niezagęszczonego prowadzono do momentu osiągnięcia pH 4,6, natomiast mleka zagęszczonego wyparnie do pH ok. 4,8, a koncentratu UF do pH ok. 5,0. Otrzymane skrępy przenoszono do worków ociekowych, w których realizowano samoprasowanie przez 6 godzin w temperaturze 10-12°C.

Badania składu chemicznego mleka niezagęszczonego obejmowały oznaczenie zawartości suchej masy, białka, laktozy i tłuszczu przy wykorzystaniu urządzenia MilkoScan™ FT2 (FOSS). W przypadku mleka zagęszczonego, koncentratu UF oraz twarogów oznaczano: zawartość suchej masy metodą suszenia [PN-A-86004:1979; PN-EN ISO 5534:2005], białka ogółem metodą makro [PN-EN ISO 8969-2:2004], laktozy metodą Bertranda [Budślawski 1973], tłuszczu metodą objętościową [PN-A-86232:1973; PN-A-86004:1979] oraz związków mineralnych w postaci popiołu metodą spalania w piecu komorowym. Twarogi podlegały również oznaczeniu zawartości wapnia i fosforu. Wapń oznaczano, po mineralizacji na mokro, metodą płomieniowej spektrometrii absorpcji atomowej (płomień acetylen-powietrze) [Whiteside, Miner 1984], przy użyciu spektrometru iCE 3000 Series (Thermo), wyposażonego w stację danych GLITE, korekcję tła (lampa deuterowa) oraz odpowiednie lampy katodowe. Oznaczając wapń, w celu wyeliminowania oddziaływania fosforu, do próbek oraz wzorców stosowano dodatek 10-procentowego wodnego roztworu chlorku lantanu w ilości zapewniającej 0,5-procentowe końcowe stężenie  $\text{La}^{+3}$  w badanych roztworach [Whiteside, Miner 1984]. Fosfor oznaczano metodą kolorymetryczną z molibdenianem (VI) amonu oraz z siarczanem (IV) sodu i hydrochinonem [Żegarska (red.) 2000]. Pomiaru absorbancji dokonano przy długości fali  $\lambda = 610 \text{ nm}$  spektrofotometrem Spectrophotometr VIS 6000 (KRÜSS – OPTRO-NIC). Wszystkie oznaczenia wykonywano w trzech powtórzeniach.

Wartość odżywczą twarogów doświadczalnych charakteryzowano, obliczając na podstawie wartości średnich składu chemicznego wartość energetyczną oraz wskaźnik jakości żywieniowej (INQ – *Index Nutritional Quality*). Do obliczania wartości energetycznej wykorzystano równoważniki Atwatera netto, według których: 1 g białka = 4,0 kcal, 1 g cukrów = 4,0 kcal, 1 g tłuszczu = 9,0 kcal [Gawęcki (red.) 2010]. Wartości INQ obliczano dla białka, cukrów przyswajalnych, tłuszczu i wapnia w odniesieniu do średniego zapotrzebowania, oddzielnie dla populacji kobiet i mężczyzn w wieku 19-65 lat o umiarkowanej aktywności fizycznej (PAL=1,75) według równania:

$$INQ = \frac{\text{zawartość składnika w 100 g produktu} \times \text{zapotrzebowanie na energię}}{\text{wartość energetyczna 100 g produktu} \times \text{zapotrzebowanie na składnik}}$$

W grupie kobiet przyjęto zapotrzebowanie dla osoby o masie ciała 60 kg na: energię – 2300 kcal/dobę; białko – 60 g/dobę; tłuszcz – 77 g/dobę (30% energii w diecie); wapń – 1070 mg/dobę. W grupie mężczyzn przyjęto zapotrzebowanie dla osoby o masie ciała 70 kg na: energię – 2900 kcal/dobę; białko – 70 g/dobę; tłuszcz – 97 g/dobę (30% energii w diecie); wapń – 1000 mg/dobę. Dla obu grup przyjęto zgodnie z zaleceniami zapotrzebowanie na cukry przyswajalne (jedno- i dwucukry) w ilości 130 g/dobę [Jarosz (red.) 2012].

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie za pomocą programu STATISTICA ver. 10. W przypadku wyników składu chemicznego mleka niezagęszczonego, zagęszczonego, koncentratu UF oraz twarogów obliczono wartości średnie i odchylenia standardowe. Do porównania składu poszczególnych wariantów twarogów doświadczalnych zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji, a różnice między średnimi analizowano testem NIR Fishera na poziomie istotności  $p = 0,05$ .

### 3. Wyniki i dyskusja

Zagęszczanie mleka metodą wyparną oraz ultrafiltracji prowadzi do zwiększenia zawartości suchej masy w surowcu, przy czym uzyskiwane wymienionymi metodami koncentraty różniły się pod względem podstawowego składu chemicznego (tab. 1). Wykorzystywane w doświadczeniu mleko zagęszczone wyparnie charakteryzowało się ok. 2,3-krotnie, a koncentrat UF ok. 2,1-krotnie większą średnią zawartością suchej masy w porównaniu z mlekiem przed zagęszczaniem. Szczególnie ważna z punktu widzenia przydatności mleka jako surowca do przetwórstwa na sery jest zawartość białka, a zwłaszcza białek frakcji kazeinowej [Ziajka (red.) 1997; Żywica i in. 2008]. Średnia zawartość białka w mleku zagęszczonym wyparnie oraz koncentracie UF była odpowiednio ok. 2,3- oraz 3,6-krotnie większa w stosunku do mleka niezagęszczonego. Udział białkaw składzie suchej masy mleka zagęszczonego wyparnie wynosił ok. 30%, natomiast w koncentracie UF ok. 50%. Mniejsza zawartość laktozy i popiołu oraz większa białka i tłuszczu w składzie koncentratu UF w porównaniu ze składem mleka zagęszczonego wyparnie wynikała ze specyfiki ultrafiltracji. Zagęszczanie metodą wyparną polega na zwiększeniu koncentracji suchej masy przez odparowanie wody z surowca [Bylund 1995; Ziajka (red.) 1997]. Podczas procesu ultrafiltracji składniki o masie cząsteczkowej większej niż punkt odcięcia zastosowanej membrany zatrzymywane są w koncentracie (tłuszcz, białka), a składniki charakteryzujące się mniejszą masą cząsteczkową (laktoza, sole mineralne) częściowo ulegają permeacji i pewna ich ilość jest tracona z odciekami [Bylund 1995; Zander, Zander 2006].

Rezultaty analizy podstawowego składu chemicznego twarogu z mleka niezagęszczonego, zagęszczonego wyparnie oraz koncentratu UF wykazały, że produkty te różniły się między sobą statystycznie istotnie ( $p = 0,05$ ) pod względem zawartości suchej masy, białka, laktozy, tłuszczu, popiołu, wapnia i fosforu (tab. 2). Twaróg z mleka zagęszczonego wyparnie charakteryzował się większą średnią zawartością

**Tabela 1.** Skład chemiczny mleka niezagęszczonego, zagęszczonego wyparnie oraz koncentratu UF wykorzystywanych jako surowiec do produkcji twarogu kwasowego

Surowiec doświadczalny	Skład chemiczny				
	Sucha masa [%]	Białko [%]	Laktoza [%]	Tłuszcz [%]	Popiół [%]
Mleko niezagęszczone	10,81 ±0,01	3,25 ±0,01	4,87 ±0,01	2,05 ±0,01	–
Mleko zagęszczone wyparnie	25,01 ±0,01	7,42 ±0,01	11,57 ±0,02	4,83 ±0,05	1,72 ±0,01
Koncentrat UF	23,24 ±0,02	11,59 ±0,06	4,05 ±0,04	8,00 ±0,05	1,43 ±0,02

Źródło: opracowanie własne.

**Tabela 2.** Skład chemiczny twarogu otrzymanego z mleka niezagęszczonego, zagęszczonego wyparnie oraz koncentratu UF

Twaróg doświadczalny	Skład chemiczny						
	Sucha masa [%]	Białko [%]	Laktoza [%]	Tłuszcz [%]	Popiół [%]	Wapń [mg/100g]	Fosfor [mg/100g]
Twaróg z mleka niezagęszczonego	26,42 <sup>B</sup> ±0,41	12,89 <sup>C</sup> ±0,10	3,47 <sup>B</sup> ±0,01	7,50 <sup>C</sup> ±0,05	0,79 <sup>A</sup> ±0,01	90,68 <sup>A</sup> ±1,42	156,36 <sup>A</sup> ±2,46
Twaróg z mleka zagęszczonego wyparnie	28,36 <sup>C</sup> ±0,21	9,88 <sup>A</sup> ±0,06	9,76 <sup>C</sup> ±0,01	6,00 <sup>A</sup> ±0,05	1,72 <sup>C</sup> ±0,01	326,04 <sup>B</sup> ±2,37	204,24 <sup>B</sup> ±1,48
Twaróg z koncentratu UF	24,45 <sup>A</sup> ±0,08	12,38 <sup>B</sup> ±0,12	2,55 <sup>A</sup> ±0,01	7,00 <sup>B</sup> ±0,05	1,46 <sup>B</sup> ±0,01	330,61 <sup>C</sup> ±1,10	221,28 <sup>C</sup> ±0,74

A, B, C – wartości oznaczone w tej samej kolumnie różnymi literami różnią się statystycznie istotnie ( $p = 0,05$ ).

Źródło: opracowanie własne.

suchej masy, laktozy, popiołu, wapnia i fosforu, natomiast twaróg z koncentratu UF tylko popiołu, wapnia i fosforu, w porównaniu z twarogiem uzyskanym z mleka niezagęszczonego. Twaróg z mleka zagęszczonego wyparnie pomimo większej średniej zawartości suchej masy charakteryzował się mniejszą średnią zawartością białka od twarogu z mleka niezagęszczonego i koncentratu UF. Udział białka w składzie suchej masy twarogu z mleka zagęszczonego wyparnie wynosił ok. 35%, natomiast w przypadku twarogu z mleka niezagęszczonego i koncentratu UF wynosił odpowiednio ok. 49% i ok. 51%. Cechą wyróżniającą twaróg z mleka zagęszczonego wyparnie była wysoka zawartość laktozy, która stanowiła ok. 34% składu jego suchej masy. W przypadku twarogu z mleka niezagęszczonego oraz koncentratu UF udział laktozy w suchej masie nie przekraczał 14%. Twaróg z mleka zagęszczonego wyparnie

oraz koncentratu UF zawierał ponad 3,5-krotnie więcej wapnia od twarogu z mleka niezagęszczonego. Efektywność wykorzystania spożytego wapnia przez organizm zależy m.in. od podaży białka i fosforu w diecie. Za optymalny stosunek ilości wapnia do fosforu w diecie uznaje się 1,3:1, co wynika z molowego stosunku 1:1 między tymi składnikami [Kusiuk, Grembecka, Szefer 2009; Śmigielka, Lewandowicz, Gawęcki 2005]. Niekorzystny wpływ białka na bilans wapniowy ujawnia się, gdy stosunek zawartości wapnia do białka w diecie (mg Ca/1g białka) jest niższy od 20 [Zmarlicki 2006]. Tradycyjne twarogi kwasowe ze względu na zbyt niską zawartość wapnia względem białka i fosforu nie są uznawane za dobre źródło tego makroelementu w codziennej diecie. Twaróg półtłusty wyprodukowany metodą tradycyjną w badaniach J. Szpendowskiego i in. [2007] zawierał średnio 69,8% wody, 21,53% białka, 111,0 mg wapnia/100 g produktu oraz 231,6 mg fosforu/100 g produktu, co dawało stosunek Ca:białka ok. 5,2 oraz Ca:P ok. 0,5. Doświadczalny twaróg z mleka niezagęszczonego charakteryzował się stosunkiem Ca: białka wynoszącym ok. 7 oraz Ca:P wynoszącym ok. 0,6. Wykorzystywanie do produkcji twarogu mleka zagęszczonego wyparnie lub koncentratu UF stwarza możliwość otrzymywania produktu będącego atrakcyjnym źródłem wapnia. Stosunek Ca:białka i Ca:P w przypadku twarogu uzyskanego z mleka zagęszczonego wyparnie wynosił odpowiednio ok. 33 i 1,6, natomiast twarogu z koncentratu UF odpowiednio ok. 27 i 1,5.

Zwiększenie koncentracji suchej masy w mleku powyżej 20% skutkuje znacznym wydłużeniem czasu ukwaszania oraz trudnością w osiągnięciu kwasowości czynnej odpowiadającej punktowi izoelektrycznemu kazeiny (pH ok. 4,6), co jest konsekwencją wzrostu pojemności buforowej surowca [Siemianowski i in. 2013]. Zawartość wapnia i fosforu w kwasowych serach twarogowych może odzwierciedlać stopień odmineralizowania białka w procesie koagulacji kwasowej [Szpendowski, Kłobukowski, Prokop 2005]. W przeprowadzonym doświadczeniu obróbkę skrzepu mleka niezagęszczonego rozpoczynano po osiągnięciu pH 4,6, natomiast mleka zagęszczonego wyparnie i koncentratu UF po osiągnięciu odpowiednio pH ok. 4,8 i ok. 5,0. Większa zawartość wapnia i fosforu w twarogu uzyskanym z mleka zagęszczonego wyparnie i koncentratu UF w porównaniu z twarogiem z mleka niezagęszczonego może wynikać z mniejszego stopnia odmineralizowania kazeiny podczas ukwaszania surowca celem koagulacji.

Wartość energetyczna twarogów doświadczalnych była zbliżona do wartości energetycznej charakteryzującej twaróg półtłusty [Kolanowski 2003; Kunachowicz i in. 2005]. Twaróg z mleka zagęszczonego wyparnie charakteryzował się niemal taką samą, natomiast twaróg z koncentratu UF o ok. 10 kcal/100 g niższą wartością energetyczną w porównaniu z twarogiem uzyskanym z mleka niezagęszczonego (tab. 3). Pod względem udziału poszczególnych składników w kształtowaniu ogólnej wartości energetycznej najbardziej porównywalny do twarogu z mleka niezagęszczonego był twaróg z koncentratu UF, a udział energii w tych produktach wynosił: z białka – ok. 40%, laktozy – ok. 10% i tłuszczu – ok. 50%. W przypadku wartości energetycznej twarogu z mleka zagęszczonego wyparnie udział energii wynosił z białka i laktozy po ok. 30%, tłuszczu – ok. 40%.



**Tabela 3.** Wartość energetyczna twarogów doświadczalnych

Twaróg doświadczalny	Wartość energetyczna [kcal/100g]	Udział poszczególnych składników w kształtowaniu wartości energetycznej		
		Białko [%]	Laktoza [%]	Tłuszcz [%]
Twaróg z mleka niezagęszczonego	133,0	38,8	10,4	50,8
Twaróg z mleka zagęszczonego wyparnie	132,5	29,8	29,4	40,8
Twaróg z koncentratu UF	122,7	40,4	8,3	51,3

Źródło: opracowanie własne.

Znajomość wartości INQ dla poszczególnych składników odżywczych różnych produktów żywnościowych jest bardzo przydatna w planowaniu i modyfikowaniu codziennej diety. Obliczając INQ, można dokonać oceny wartości odżywczej produktu lub racji pokarmowej w odniesieniu do potrzeb rekomendowanych dla określonej populacji. INQ dostarcza informacji o pokryciu zapotrzebowania konkretnej grupy ludności na określony składnik odżywczy przy uwzględnieniu jej potrzeb energetycznych. Wartość INQ poniżej 1 wskazuje na niedobór danego składnika, zbliżona do 1 świadczy o dobrym zbilansowaniu, natomiast przewyższająca 1 informuje, że dany produkt jest bogatym źródłem danego składnika odżywczego i może być wykorzystywany do uzupełniania jego niedoborów w racjach pokarmowych [Gawęcki (red.) 2010; Ziajka (red.) 2008].

**Tabela 4.** Wartości INQ twarogów doświadczalnych obliczone dla białka, cukrów przyswajalnych, tłuszczu i wapnia w odniesieniu do średniego zapotrzebowania kobiet i mężczyzn w wieku 19-65 lat o umiarkowanej aktywności fizycznej

Twaróg doświadczalny	Osoba	INQ			
		Białko	Cukry	Tłuszcz	Wapń
Twaróg z mleka niezagęszczonego	kobieta	3,72	0,46	1,68	1,46
	mężczyzna	4,02	0,58	1,69	1,98
Twaróg z mleka zagęszczonego wyparnie	kobieta	2,86	1,30	1,35	5,29
	mężczyzna	3,09	1,64	1,35	7,14
Twaróg z koncentratu UF	kobieta	3,87	0,37	1,70	5,79
	mężczyzna	4,18	0,46	1,71	7,81

Źródło: opracowanie własne.

Obliczone wartości INQ dla twarogów uzyskanych w doświadczeniu w odniesieniu do uśrednionych potrzeb odżywczych populacji kobiet i mężczyzn w wieku 19-65 lat o umiarkowanej aktywności fizycznej wskazują, że produkty z mleka

zagęszczonego wyparnie i koncentratu UF stanowiły zdecydowanie lepsze źródło wapnia – INQ powyżej 5, niż twaróg z mleka niezagęszczonego – INQ poniżej 2 (tab. 4). Wszystkie twarogi doświadczalne to stosunkowo małoenergetyczne i obfite źródło białka, o czym świadczą wartości INQ wyraźnie przewyższające 1. W przypadku cukrów twaróg z mleka niezagęszczonego i koncentratu UF charakteryzował się INQ zdecydowanie poniżej 1, natomiast twaróg z mleka zagęszczonego wyparnie miał INQ wyższy od 1. Dla wszystkich wariantów twarogów doświadczalnych INQ dla tłuszczu przyjmował wartość między 1 a 2.

#### 4. Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują na wysoką wartość odżywczą twarogu kwasowego produkowanego z mleka zagęszczonego wyparnie lub metodą ultrafiltracji do ok. 25% suchej masy. Wartości INQ obliczone dla białka i wapnia informują, że twarogi uzyskane z mleka zagęszczonego wyparnie i koncentratu UF stanowią stosunkowo małoenergetyczne i bogate źródło wymienionych składników. Twarogi uzyskane z mleka zagęszczonego wyparnie oraz koncentratu UF zawierały znacznie więcej wapnia w porównaniu z twarogami z mleka niezagęszczonego oraz charakteryzowały się wysoce korzystnym z punktu widzenia biodostępności stosunkiem zawartości tego makroelementu względem białka i fosforu.

#### Literatura

- Budślawski J., *Badanie mleka i jego przetworów*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa 1973.
- Bylund G., *Dairy Processing Handbook*, Tetra Pak Processing Systems AB, Sweden, Lund 1995.
- Chojnowski W., Śmietana Z., Szpendowski J., Kwaśniewska M., *Koagulacja kwasowa i enzymatyczna białek mleka zagęszczonego metoda ultrafiltracji*, „Przegląd Mleczarski” 1993, 3, s. 65-67.
- Gawęcki J. (red.), *Żywność człowieka. Podstawy nauki o żywieniu. 1*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010.
- Górska-Warsewicz H., *Rozwój rynku produktów mleczarskich*, „Przemysł Spożywczy” 2005, 10, s. 20-23.
- Holanowski A., *Twarogi i serki twarogowe*, Wydawnictwo Spółdzielcze, Warszawa 1986.
- Jarosz M. (red.), *Normy żywienia dla populacji polskiej – nowelizacja*, Wydawnictwo Instytutu Żywności i Żywienia, Warszawa 2012.
- Kolanowski W., *Twaróg. Od śniadania po desery*, „Przegląd Gastronomiczny” 2003, 10, s. 22-23.
- Kłobukowski J., Cichon R., *Wartość odżywcza wybranych produktów mleczarskich. Część I. Wartość odżywcza twarogów*, „Przemysł Spożywczy” 1999, 12, s. 26-29.
- Kunachowicz H., Nadolna I., Przygoda B., Iwanow K., *Tabele składu i wartości odżywczej żywności*, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2005.
- Kusiuk A., Grembecka M., Szefer P., *Wzajemne relacje stężeń Ca i P w serach źródłem prawidłowo zbilansowanej diety*, „Bromatologia i Chemia Toksykologiczna” 2009, XLII(3), s. 798-802.
- PN-A-86004:1979 – *Mleko i przetwory mleczarskie. Mleko zagęszczone. Metody badań*.
- PN-A-86232:1973 – *Mleko i przetwory mleczarskie. Sery. Metody badań*.



- PN-EN ISO 5534:2005 – *Sery i sery topione. Oznaczanie zawartości całkowitej suchej masy. Metoda odwoławcza.*
- PN-EN ISO 8969-2:2004 – *Mleko. Oznaczanie zawartości azotu. Część 2: Metoda z zastosowaniem bloku do mineralizacji. Metoda makro.*
- Rojewska H., *Filtracja membranowa w przetwórstwie mleka*, „Przegląd Mleczarski” 2000, 7, s. 206-208.
- Siemianowski K., Szpendowski J., Bohdziewicz K., Kołakowski P., Pawlikowska K., Bardowski J., Chmielewska M., Żylińska J., *Wpływ zawartości suchej masy w mleku na dynamikę ukwaszania oraz cechy jakościowe skrzepu twarogowego*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość” 2013, 1(86), s. 151-165.
- Szpendowski J., Kłobukowski J., Prokop E., *Wpływ dodatku chlorku wapnia i ogrzewania mleka na skład chemiczny serów twarogowych*, „Żywność. Nauka. Technologia. Jakość” 2006, nr 3(44), s. 36-45.
- Szpendowski J., Śmietana Z., Płodzień T., Lewandowski K., Owczarzak A., Buczma E., *Technologia serów twarogowych o podwyższonej wartości odżywczej*, „Przegląd Mleczarski” 2007, 1, s. 4-9.
- Śmietana Z., Szpendowski J., Bohdziewicz K., *Charakterystyka tradycyjnego „polskiego twarogu” otrzymywanego według własnej nowoczesnej techniki i technologii*, „Przegląd Mleczarski” 2003, 4, s. 126-129.
- Śmigiełska H., Lewandowicz G., Gawęcki J., *Biopierwiastki w żywności. Przystawalność składników mineralnych*, „Przemysł Spożywczy” 2005, 7, s. 28-32.
- Whiteside P.J., Miner B., *PyeUnicamAtomicAbsorption Data Book. PyeUnicamLtd*, Cambridge 1984.
- Zander L., Zander Z., *Podstawy separacji membranowej*, „Przegląd Mleczarski” 2006, 9, s. 38-41.
- Ziajka S. (red.), *Mleczarstwo, T. 1*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Olsztyn 2008.
- Ziajka S. (red.), *Mleczarstwo – zagadnienia wybrane, T. 2*, Wydawnictwo Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie, Olsztyn 1997.
- Zmarlicki S., *Zdrowotne aspekty mleka i przetworów mlecznych*, „Zdrowie Publiczne” 2006, 116(1), s. 142-146.
- Żegarska Z. (red.), *Ćwiczenia z analizy żywności*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Olsztyn 2000.
- Żywica R., Szpendowski J., Banach J.K., Jamiółkowski P., *Wpływ zmian sezonowych składu chemicznego mleka na wydatek serów twarogowych*, „Przegląd Mleczarski” 2008, 11, s. 12-16.

## NUTRITIONAL VALUE OF ACID TVAROG PRODUCED FROM MILK CONCENTRATED BY EVAPORATION AND ULTRAFILTRATION (UF)

**Summary:** The aim of this study is to determine the nutritional value of acid tvarog produced from milk concentrated by evaporation and UF concentrate. Pasteurized milk with a 2% fat content was evaporated and ultrafiltered to ca. 25% dry matter. Control tvarog was produced from milk that had not been concentrated. It was found that tvarog produced from evaporated and ultrafiltered milk was a rich, relatively low-energy-dense source of protein and calcium. The calcium content of both products was much higher compared with tvarog produced from not concentrated milk, and the products were characterized by desirable calcium-protein and calcium-phosphorus ratios, which is of particular importance for nutrient bioavailability.

**Keywords:** ultrafiltration (UF), acid tvarog, nutritional value, concentration by evaporation.