

Dr inż. Jolanta KRÓLCZYK
 Inż. Tomasz DAWIDZIUK
 Katedra Inżynierii Biosystemów
 Wydział Inżynierii Produkcji i Logistyki
 Politechnika Opolska
 Dr inż. Emilia JANISZEWSKA-TURAK
 Katedra Inżynierii Żywności i Organizacji Produkcji
 Wydział Nauk o Żywności
 Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
 Dr hab. inż. Bartosz SOŁOWIEJ
 Zakład Technologii Mleka i Hydrokoloidów
 Wydział Nauk o Żywności i Biotechnologii
 Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

ZAGOSPODAROWANIE SERWATKI NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO ZAKŁADU MLECZARSKIEGO®

Reclamation of whey on the example of the dairy plant®

Słowa kluczowe: serwatka, zagospodarowanie serwatki, słodka serwatka, serwatka w proszku, technologia produkcji.

Celem pracy przedstawionej w artykule była analiza możliwości zagospodarowania serwatki w przemyśle spożywczym. Ponadto przedstawiono technologię produkcji i zagospodarowanie wstępnie zagęszczonej serwatki na przykładzie wybranego zakładu mleczarskiego. Wykorzystanie serwatki w proszku daje szereg możliwości w projektowaniu nowych produktów spożywczych na skalę przemysłową.

Key words: whey, reclamation of whey, sweet whey, whey powder, production technology.

The aim of the paper was the analysis of possibilities of the reclamation of whey in the food industry. In addition, the whey transformation technology and the utilization of pre-concentrated whey has been presented on the example of a specific dairy plant. In addition, use of whey powder provides a range of opportunities in design of new food products on an industrial scale.

WSTĘP

Serwatka jest produktem ubocznym, powstającym przy produkcji serów twardej, półtwardej, miękkich oraz twarogów i kazeiny kwasowej. W zależności od jej pochodzenia wyróżnia się serwatkę słodką (z serów) oraz kwaśną serwatkę (z twarogów). Ich pH wynosi odpowiednio: 6,2 – 6,5 oraz 4,1 – 4,2 [2]. Przykładowo serwatka otrzymywana po produkcji sera Gouda zawiera: wodę, węglowodany (laktozę), tłuszcz mleczny (trójglicerydy, diglicerydy, kwasy tłuszczowe, fosfolipidy), składniki mineralne (wapń, magnez, fosfor, potas, chlor, sód, cynk, żelazo, jod, miedź), białka (β -laktoglobulina, α -laktoalbumina, albumina serum, immunoglobulina-G, immunoglobulina-A, laktoferyna, laktope-roksydaza, proteozo-peptony i in.), witaminy (B_5 , B_{12} , C, B_6) oraz substancje azotowe niebiałkowe. Żółta barwa serwatki spowodowana jest obecnością ryboflawiny (witaminy B_2) [9].

Rola preparatów serwatkowych jest nieoceniona w prawidłowym żywieniu człowieka. Zawarta w niej laktoza odpowiada za jej walory energetyczne i zwiększa wchłanianie wapnia w jelitach z pożywienia [9]. Ponadto, wiąże kwasy tłuszczowe oraz stymuluje aktywność lipazy trzustkowej [14]. Laktoza wzmacnia również aktywność mikroflory bakteryjnej w jelitach oraz generuje wzrost *Bifidobacterium* i *Lactobacillus acidophilus*. Drobnoustroje te poprzez wytworzenie kwasów organicznych hamują wzrost licznych niepożądanych patogenów. Dzięki lepszemu wykorzystaniu

przez organizm witaminy D_3 oraz zwiększonej rozpuszczalności soli wapniowych w dużym stopniu zwiększa się biodostępność fosforu i wapnia obecnego w diecie [6]. Serwatka jest niezwykle odporna na działanie kwasów i enzymów proteolitycznych obecnych w żołądku [9]. Posiada właściwości antyoksydacyjne i antykancerogenne [10]. W aspekcie prozdrowotnym szczególnie ważna jest zawartość w mleku funkcjonalnych białek serwatkowych, a przede wszystkim: β -laktoglobuliny, α -laktoalbuminy oraz laktoferyny. W sekwencjach β -laktoglobuliny zidentyfikowano peptydy tj. β -laktorfina - oddziałująca na mięśnie gładkie, β -laktotensyna – wykazująca aktywność hipocholesterolemiczną i antystresową [7], natomiast w sekwencjach α -laktoalbuminy zidentyfikowano peptyd α -laktorfina, o działaniu zbliżonym do morfiny, zmniejszający ciśnienie krwi [4, 7]. Ponadto, bardzo ważną funkcją α -laktoalbuminy jest biosynteza laktozy [5, 9]. Z kolei laktoferyna jest bioaktywnym białkiem mleka o wszechstronnym działaniu. Mimo, że wciąż jeszcze nie zbadano wszystkich mechanizmów jej działania, to jednak szerokie spektrum jej właściwości zostało potwierdzone w badaniach naukowych. Pełni ona wiele funkcji fizjologicznych, tj. ma działanie przeciwwirusowe, przeciwbakteryjne, przeciwnowotworowe, przeciwzapalne, ponadto wykazuje pozytywny wpływ na układ nerwowy oraz wiąże żelazo [8, 15]. Laktope-roksydaza, podobnie jak laktoferyna, wykazuje silne działanie antybakteryjne i ma korzystny wpływ na ograniczenie występowania przewlekłych biegunek [9].

Białka serwatkowe, oprócz wysokiej wartości odżywczej, będącej wynikiem m.in. wyjątkowo dużej zawartości aminokwasów siarkowych, lizyny i tryptofanu, wykazują wysoką rozpuszczalność, lepkość, absorpcję wody i tłuszczu, jak również bardzo dobre zdolności emulgujące, pianotwórcze i żelujące, wpływając na właściwości reologiczne i jakość końcowych produktów [16, 17]. Cechy te są odzwierciedleniem naturalnych właściwości cząsteczek białek. Kształtowane są dzięki dużej zawartości aminokwasów siarkowych, które pod wpływem ogrzewania wykazują zdolność do tworzenia mostków disiarczkowych, ulegając denaturacji i agregacji [3]. Dodatek preparatów serwatkowych wpływa również na smak produktów [9, 13].

Celem artykułu jest przedstawienie możliwości zagospodarowania serwatki w przemyśle spożywczym oraz omówienie technologii otrzymywania wstępnie zagęszczonej słodkiej serwatki na przykładzie wybranego zakładu mleczarskiego. Ponadto, w artykule przedstawiono zastosowanie jednego z produktów: słodkiej serwatki w proszku.

TECHNOLOGIA PRODUKCJI I ZAGOSPODAROWANIE SERWATKI NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO ZAKŁADU MLECZARSKIEGO

Ze względu na różnorodność produktów serwatkowych ważna jest metoda ich produkcji. Serwatka w proszku wymaga szczególnej uwagi ze względu na późniejsze jej zastosowania. Poniżej przedstawiono technologię produkcji serwatki w proszku metodą walcową. Jest to jedna z metod produkcji serwatki, obok metody rozpyłowej oraz metod membranowych. Metoda walcowa jest tradycyjna i bardzo stara. Obecnie najczęściej wykorzystuje się metody membranowe w powiązaniu z suszeniem rozpyłowym. Do opisu użyto materiału zdjęciowego uzyskanego podczas pobytu w jednym z zakładów przetwórstwa mleczarskiego. Zakład ten specjalizuje się w produkcji serów. W asortymencie przedsiębiorstwa znajdują się następujące rodzaje sera: typu trapistów – ser podpuszczkowy dojrzewający półtwardy, typu tyłzycki – ser podpuszczkowy dojrzewający półtwardy, sery typu holenderskiego, sery z czosnkiem i kminkiem, o zmniejszonej zawartości tłuszczu. Zakład mleczarski przetwarza 130 – 140 tys. l mleka dziennie, w wyniku czego otrzymuje się 13 – 15 t sera oraz jako produkt uboczny - serwatkę. W opisywanym zakładzie serwatka nie jest poddawana procesowi suszenia, a jedynie wstępnie zagęszczana do stężenia 28 - 33% (s.m.), a następnie przekazywana do innego zakładu w celu uzyskania proszku.

Linia technologiczna do produkcji serów jest całkowicie zautomatyzowana. W zakładzie stosowane są systemy HACCP, ISO, BRC. W celu zapewnienia jak najwyższej jakości produktów na terenie fabryki funkcjonuje dział jakości. W jego skład wchodzi dwa laboratoria chemiczne oraz laboratorium mikrobiologiczne. W laboratorium chemicznym nr 1 mleko dostarczane do zakładu z gospodarstw rolnych jest badane pod kątem zawartości tłuszczu, białka, wody, suchej masy oraz suchej masy beztłuszczowej. Następnie mierzona jest temperatura zamrażania, która powinna wynosić nie więcej niż $-0,52^{\circ}\text{C}$. W dalszej kolejności wykonywany jest test

na obecność aflatoksyn. Głównym zadaniem laboratorium chemicznego nr 2 jest analiza jakości otrzymywanych serów.

Na kilku etapach produkcji serów półtwardych uzyskuje się serwatkę. Istotne są procesy technologiczne tj. prasowanie oraz ukwaszanie (rys. 1).



Rys. 1. Schemat blokowy produkcji półtwardych serów podpuszczkowych w zakładzie przetwórstwa mleczarskiego.

Fig. 1. A block diagram of semi-hard rennet cheese production in a dairy processing plant.

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

Serwatka w zakładzie jest pozyskiwana na kilku etapach produkcji:

- przy prasowaniu (rys. 2)
- otwory umieszczone wewnątrz wanny umożliwiają wyciek serwatki do zbiornika umieszczonego przy kotłach (rys. 3).



Rys. 2. Wanny wstępnego prasowania.

Fig. 2. Pre-pressing tubs.

Źródło: Fotografia i opracowanie własne

Source: The picture and own study



Rys. 3. Zbiornik wstępny.

Fig. 3. Initial tank.

Źródło: Fotografia i opracowanie własne

Source: The picture and own study

- przy ukwaszaniu w wannach (rys. 4) – wydzielona serwatka sływa do umieszczonego pod nim kanału (rys. 5) i transportowana jest do zbiornika wstępnego (na rys. 6 przedstawiono pozostałą masę serową po odprowadzeniu serwatki),



Rys. 4. Wanny do ukwaszania.

Fig. 4. Souring tubs.

Źródło: Fotografia i opracowanie własne

Source: The picture and own study



Rys. 5. Kanały dla serwatki.

Fig. 5. Whey channels.

Źródło: Fotografia i opracowanie własne

Source: The picture and own study



Rys. 6. Masa serowa w wannie po odprowadzeniu serwatki.

Fig. 6. The cheese mass in a tub after draining of whey.

Źródło: Fotografia i opracowanie własne

Source: The picture and own study

- podczas obecności masy w maszynie typu cooker-stretcher (w przypadku sera Mozzarella i Kashkaval).

Serwatkę zbiera się do zbiornika umieszczonego w pobliżu kotłów serowarskich, skąd kierowana jest do filtratora serwatki (rys. 7). Permeat transportowany jest do zbiorników z serwatką znajdujących się w oddzielnym budynku ze stacją wyparną. Pozostały retentat przenoszony jest przez operatora do wanny do ukwaszania i ponownie bierze udział w produkcji.



Rys. 7. Filtrator serwatki.

Fig. 7. Whey filter.

Źródło: Fotografia i opracowanie własne

Source: The picture and own study

Jednym ze sposobów zagospodarowania uzyskanej serwatki może być produkcja śmietanki serwatkowej powstającej podczas separacji tłuszczu z serwatki. W opisanym zakładzie stosuje się w tym celu wirowanie w wirówce i dodatkowo klaryfikację w klaryfikatorze (rys. 8). Kolejnym etapem utrwalania serwatki jest wstępna obróbka termiczna w wymienniku ciepła (pasteryzacja). Aby zwiększyć zyski producenta można przed zaprawieniem mleka w kotłach serwarskich, w celu jego normalizacji, użyć zamiast samego tłuszczu mlecznego – mieszanki tłuszczu mlecznego – uzyskanej w wyżej opisanym procesie śmietanki serwatkowej [12].



Rys. 8. Wirówka i klaryfikator serwatki.

Fig. 8. Centrifuge and whey clarifier.

Źródło: Fotografia i opracowanie własne

Source: The picture and own study

Istnieje kilka cech odróżniających śmietankę serwatkową od typowej śmietanki:

- częścią jej serum jest serwatka (w przypadku słodkiej śmietanki jest to mleko odtłuszczone),
- praktycznie nie zawiera kazeiny,
- zawiera niewielką ilość tłuszczu w formie globulek,
- jest bardziej podatna na utlenianie (ze względu na większą zawartość wolnych kwasów tłuszczowych) [12].

Smak i jakość śmietanki serwatkowej zależy w głównej mierze od jakości składników użytych do produkcji, warunków sanitarnych podczas produkcji sera oraz kroków, jakie zostaną poczynione przed obróbką cieplną serwatki (pasteryzacją) [12]. W celu zapewnienia jak najlepszej jakości śmietanki serwatkowej należy:

- pasteryzować serwatkę niezwłocznie po produkcji,
- ograniczyć do minimum czas pomiędzy przetrzymywaniem serwatki a jej przetwarzaniem,
- schłodzić i przetrzymywać serwatkę w temperaturze poniżej 4°C [11].

Natomiast wg Johnsona i in. [12] sugeruje się stosowanie następujących wytycznych:

- ściśle kontrolować jakość i smak śmietanki serwatkowej (niedopuszczalne posmaki: kwaśny, gorzki, sfermentowany, utleniony),
- kontrolować czas przebywania gęstwy serowej w wanach do ukwaszania,
- odpowiednio przeprowadzać obróbkę termiczną, tj. około 87°C przez 20 min lub około 90°C przez 5 min w celu inaktywacji bakteriofagów (przy podgrzewaniu tejże śmietanki powyżej temp. 82°C następuje denaturacja białek serwatkowych – implikuje to zwiększenie wydajności produktu końcowego, ponieważ zdenaturowane białka są w stanie zatrzymać wilgoć, co z kolei może też niestety powodować kwaskowaty posmak sera oraz jego miękką, delikatniejszą strukturę),
- dodatkowo w celu inaktywacji bakteriofagów, śmietankę serwatkową z produkcji serów przy użyciu kultur bakterii termofilnych dodawać do mleka serwarskiego, z którego będą produkowane sery przy użyciu kultur bakterii mezofilnych i na odwrót,
- ograniczyć przetwarzanie śmietanki serwatkowej – nieprzerwane jej przetwarzanie może prowadzić do krystalizacji frakcyjnej (ilość nienasyconych kwasów będzie ciągle wzrastać, więc tłuszcz serwatkowy będzie stawał się coraz bardziej miękki),
- dodatek tłuszczu serwatkowego powinien wynieść nie więcej niż 20% całkowitej ilości tłuszczu,
- nigdy nie mieszać śmietanki serwatkowej z surowym mlekiem (śmietankę serwatkową dodaje się dopiero w zbiorniku wyrównawczym pasteryzatora lub miesza pasteryzowaną z pasteryzowanym mlekiem).

Kolejną możliwością zagospodarowania serwatki jest jej zagęszczenie. Przed rozpoczęciem procesu zagęszczania serwatki, kierowana jest ona do separatora tłuszczu oraz klaryfikatora. Następnie uzyskana w ten sposób serwatka odtłuszczonego kierowana jest w zakładzie na wyparkę, w przypadku

opisanego zakładu do wyparki z opadającym filmem będącej częścią linii do przerobu serwatki 1-MVR-MONO. Linia jest w pełni zautomatyzowana i sterowana komputerowo (rys. 9).

Do głównych komponentów linii wyparnych należą zazwyczaj:

- dwie pompy próżniowe z pierścieniem wodnym, wykorzystywane do wytworzenia próżni oraz odsysania gazów,
- zbiornik zasilający, w którym serwatka przechowywana jest przed dostarczeniem do wyparki,
- system grzewczy, składający się z płytowego oraz rurowego wymiennika ciepła, podgrzewający serwatkę przed przejściem do wymiennika płaszczowo-rurowego;
- właściwa część wyparki - wymiennik płaszczowo-rurowy, gdzie przy pomocy pary wodnej zostaje podgrzana serwatka,
- instalacja do wtrysku pary,
- kondensator,
- system CIP.



Rys. 9. Wyparka stosowana w zakładzie.
Fig. 9. The evaporator used in the plant.

Źródło: Fotografia i opracowanie własne

Source: The picture and own study

Serwatka dostarczana jest do zbiornika zasilającego, w którym zawór kontrolny utrzymuje stały poziom. Ilość dostarczanego produktu mierzona jest przy pomocy przepływomierza. Serwatkę poddaje się wstępnej obróbce cieplnej do temperatury około 58-60°C w płytowym wymienniku ciepła. Aby zaoszczędzić energię wykorzystuje się ciepły kondensat, powstający w procesie odparowania. Następnie serwatka przechodzi do rurowego wymiennika ciepła, gdzie podgrzewa się ją do temperatury 65°C za pomocą pary pochodzącej z kalandrii (wymiennik płaszczowo-rurowy, gdzie przy pomocy pary wodnej zostaje podgrzana serwatka). W dalszej kolejności serwatka kierowana jest do górnej części wyparki z opadającym filmem. Produkt spływa po wewnętrznych ściankach rurek tworząc film, podczas gdy rurki te ogrzewane są gorącą parą wodną od zewnątrz. Zagęszczanie ma miejsce w momencie, gdy produkt spływa w dół rurkami i w wyniku wrzenia odparowuje z niego woda, unoszona z parą ku górze. W dolnej części odprowadzany jest kondensat. Powstały koncentrat przechodzi do płytowego wymiennika ciepła, gdzie zostaje schłodzony do około 10°C, a następnie przechowywany w zbiorniku do momentu dystrybucji. Specyfikacja gotowego płynnego koncentratu słodkiej serwatki przedstawiona została w tab. 1.

Tabela 1. Specyfikacja wstępnie zagęszczonej serwatki (produkt gotowy powstający w zakładzie)

Table 1. Specification of initially condensed whey (finished product formed in plant)

Parametry fizykochemiczne	
pH	6,1 – 6,4
Sucha masa	28 – 33%
Tłuszcz	maks. 1,2%
Białko	min. 12%
Antybiotyki	brak
Temperatura	maks. 8°C
Parametry mikrobiologiczne	
Ogólna liczba bakterii	maks. 10000/ml
Bakterie z grupy Coli	maks. 10/ml
Salmonella	nieobecne

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own study

W procesie zagęszczania serwatki można uzyskać zwiększenie zawartości suchej masy nawet do 65% [5, 9]. Dzięki temu obniża się koszty przechowywania produktu oraz jego transportu [9].

Stopień i rodzaj procesu przetwarzania serwatki zależy głównie od jej dalszej funkcji i przeznaczenia. Przez wybór procesu obróbki możemy uzyskać takie produkty jak koncentraty białek serwatkowych (WPC), proszek serwatkowy, laktozę, ale również odzyskać określoną zawartość tłuszczu czy białka np. w procesie podstawowej separacji. Proces suszenia można uznać za kontynuację procesu zagęszczania serwatki z zamiarem uzyskania produktu o niskiej wilgotności [9]. Serwatkę poddaje się procesowi suszenia w suszarkach bębnowych oraz rozpyłowych. Stosując te pierwsze, napotyka się na problem, jakim jest usunięcie warstwy

suszu z powierzchni wewnętrznej bębna. Jako rozwiązanie proponuje się zastosowanie wypełniaczy (np. otrębów żytnich), które należy zmieszać z serwatką przed rozpoczęciem procesu [5]. Suszenie rozpyłowe polega na rozpyleniu skoncentrowanej serwatki wewnątrz komory aparatu, do którego doprowadzone jest powietrze o wysokiej temperaturze, rzędu $>150^{\circ}\text{C}$, dzięki czemu usuwana jest wilgoć z koncentratu. Prowadzone może być w prostych instalacjach jednostopniowych lub bardziej skomplikowanych – wielostopniowych. Pomimo tego, że suszenie bębnowe jest tańsze w eksploatacji [9], zazwyczaj wykorzystuje się metodę rozpyłową [5].

Kolejnym procesem wykorzystywanym przy przerobieniu serwatki i następującym po suszeniu jest demineralizacja (odsalenie). Sole zawarte w serwatce mają znaczący wpływ na smak oraz mogą hamować jej wykorzystanie w przemyśle spożywczym. W serwatce o obniżonej zawartości laktozy, następuje redukcja cukru mlecznego do 50%, a zwiększeniu ulega zarówno ilość białka do 28%, jak i soli nawet do 20% suchej masy. Problem ten rozwiązuje demineralizacja [9]. Wykorzystuje się trzy sposoby odsalania – częściowa demineralizacja przez nanofiltrację, elektrodializę oraz wymianę jonową [1, 5, 9]. Częściowa demineralizacja przez ultrafiltrację może być stosowana jako proces poprzedzający całkowitą demineralizację, tj. elektrodializę lub wymianę jonową. Prowadzona jest pod ciśnieniem 2 – 4 MPa. W przypadku słodkiej serwatki – uzyskać można redukcję chlorków do nawet 67%, a potasu do ponad 30% [5]. Bylund [5] definiuje elektrodializę, jako „transport jonów przez półprzepuszczalne membrany pod wpływem potencjału elektrycznego”. Instalacja do elektrodializy składa się z membran kationo- i anionowymiennych, które oddzielone są przegrodami. Na zakończeniach elektrodializera znajdują się dwie elektrody. Pod wpływem prądu elektrycznego aniony migrują w kierunku anody, natomiast kationy w kierunku katody. Jony ujemne zdolne są przeniknąć przez membranę anionową, lecz zatrzymywane są na membranie kationowej. Z kolei jony dodatnie przenikną przez membranę kationową, a zatrzymają się na membranie anionowej [1, 5, 9]. Czynnikiem ograniczającym stosowanie elektrodializy jest koszt wymiany membran, czy też samych elektrod. Wymiana jest niezbędna, ze względu na zanieczyszczenie membran, które może być spowodowane m.in. przez osadzanie się fosforanu wapnia na membranach kationowymiennych. Sam koszt procesu zależy w dużej mierze od stopnia demineralizacji. Zaleca się, by w przypadku elektrodializy stopień demineralizacji wyniósł poniżej 70% [5]. Jak podaje De Wit [9] serwatka zdemineralizowana w omawianym procesie zawiera więcej wapnia, magnezu i fosforu w porównaniu z serwatką demineralizowaną przy wymianie jonowej.

Wśród przemysłowo produkowanych koncentratów białek serwatkowych wyróżnia się koncentraty o niskiej zawartości białka (do 45%), średniej (do 60%) oraz wysokiej (do 80%). Wykorzystując proces membranowy, jakim jest ultrafiltracja (UF), można wytworzyć każdy z wyżej wymienionych produktów [9]. W retencji powstałym z serwatki poddanej ultrafiltracji zawarte są cząstki o masie cząsteczkowej do 20000 Da. W dalszej kolejności retentat poddaje się suszeniu rozpyłowemu. Reszta serwatki przepływa przez membranę. Permeat zawiera w większości laktozę, minerały i wodę. Proces prowadzony jest w niskich temperaturach, więc białka pozostają wysoce rozpuszczalne [1]. Wraz ze

zwiększaniem stopnia frakcjonowania, zwiększa się również lepkość retentatu. Zaleca się więc włączenie procesu diafiltracji, czyli dodatku wody w celu usunięcia większej ilości laktozy i minerałów [9]. De Wit [9] przedstawił dane, z których wynika, iż wraz ze wzrostem zawartości białka w koncentracie, zwiększyła się również zawartość tłuszczu. Większość WPC zawiera ok. 5-7% lipidów. Zatem by otrzymać produkt odtłuszczony, przed UF należy zastosować mikrofiltrację lub wymianę jonową [1].

PODSUMOWANIE

Istnieje różnorodność produktów serwatkowych dostępnych na rynku, a jej produkcja stanowi gałąź przemysłu mleczarskiego. Jednym z możliwych sposobów zagospodarowania serwatki może być produkcja śmietanki serwatkowej powstającej podczas separacji tłuszczu, a kolejnym jest jej zagęszczenie. W procesie zagęszczania serwatki można uzyskać zwiększenie zawartości suchej masy nawet do 65%. Dzięki temu obniża się koszty przechowywania produktu oraz jego transportu. Stopień i rodzaj procesu przetwarzania serwatki zależy głównie od jej dalszej funkcji i przeznaczenia. Ponadto, jedną z możliwości przetwarzania serwatki jest jej suszenie. Sproszkowana serwatka znajduje zastosowanie przede wszystkim w przemyśle cukierniczym, piekarniczym i mleczarskim. Obecnie najczęściej stosowana metoda otrzymywania serwatki opiera się na procesach membranowych w połączeniu z suszeniem rozpyłowym.

LITERATURA

- [1] **ARCHER R. H. 1998.** Whey products [on line]. New Zealand Institute of Chemistry”. [dostęp 5 stycznia 2015]. <http://nzic.org.nz/ChemProcesses/dairy/3G.pdf>.
- [2] **BEDNARSKI W., REPS A. (red). 2003.** Biotechnologia żywności. Wyd. 2 Warszawa: WNT.
- [3] **BRODZIAK A., KRÓL J., LITWIŃCZUK Z. 2012.** „Białka serwatkowe – właściwości funkcjonalne i zastosowanie”. *Przemysł Spożywczy* (3): 35-37.
- [4] **BRODZIAK A., KRÓL J. 2014.** „Właściwości prozdrowotne mleka, Cz. II. Białka mleka” [on line]. *Journal of NutriLife*, 1. [dostęp 2 lutego 2015] [url:http://www.NutriLife.pl/index.php?art=138](http://www.NutriLife.pl/index.php?art=138).
- [5] **BYLUND G. 2003.** Dairy processing handbook. Tetra Pak Processing Systems.
- [6] **CICHOSZ G., CZECZOT H. 2013.** Żywieniowy fenomen mleka. Olsztyn-Warszawa: Oficyna Wydawnicza WUM.
- [7] **CHATTERTON D.E.W., SMITHERS G., ROUPAS P., BRODKORB A. 2006.** „Bioactivity of α -lactoglobulin and β -lactalbumin – technological implications for processing”. *International Dairy Journal* 16: 1229-1240.
- [8] **DAREWICZ M., IWANIAK A., MINKIEWICZ P. 2014.** „Biologicznie aktywne peptydy pochodzące z białek mleka”. *Medycyna Weterynaryjna* 70 (6): 348-352.
- [9] **DE WIT J.N. 2001.** „Lecturer’s handbook on whey and whey products”. European Whey Products Association.

- [10] **GÓRSKA A., OSTROWSKA-LIGEŻA E., WIRKOWSKA M. 2011.** „ β -Laktoglobulina – Potencjalny nośnik witaminy D”. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna* (3): 535 – 538.
- [11] **HARPER W. J. 1992.** „Quality control for high-end whey”. *UW Dairy Pipeline* 2: 1 – 3.
- [12] **JOHNSON M. J., BRADLEY, Jr. R. L., WENDORFF W. L. 1997.** Efficient use of whey cream in cheesemaking. *UW Dairy Alert!*. (10): 1 – 7.
- [13] **KEATON J. 1999.** Whey protein and lactose products in processed meats [on line]. U.S. Dairy Export Council: Applications Monographs. Meats. [dostęp 13 grudnia 2014]. Dostępny w World Wide Web: <http://www.usdec.org/files/pdfs/6meat.pdf>.
- [14] **KUMAR R., SANGWAN R. B., MANN B. 2008.** Separation and application of bioactive whey proteins. *Technological Advances in the utilization of dairy by-products*. 22nd Short Course.
- [15] **SOŁOWIEJ B. 2011.** „Laktoferyna – białko XXI wieku”. *Agro Industry* 2: 49 – 52.
- [16] **SOŁOWIEJ B., GLIBOWSKI P., MUSZYŃSKI S., WYDRYCH J., GAWRON A., JELIŃSKI T. 2015.** „The effect of fat replacement by inulin on the physico-chemical properties and microstructure of acid casein processed cheese analogues with added whey protein polymers”. *Food Hydrocolloids* 44: 1 – 11.
- [17] **YE A., CUI J., TANEJA A., ZHU X., SINGH H. 2009.** „Evaluation of processed cheese fortified with fish oil emulsion”. *Food Research International* 42: 1093 – 1098.