

Wpływ transglutaminazy na proces produkcji, wydatek oraz jakość twarogów

W okresie ostatnich kilkunastu lat mamy do czynienia z dynamicznym rozwojem w przetwórstwie mleka na twarogi. Jednak odnosić go należy w głównej mierze do postępu w zakresie techniki przetwarzania.

Wprowadzono szereg rozwiązań, które pozwoliły na istotną mechanizację procesu produkcyjnego, polepszenie warunków higienicznych, minimalizację strat związanych z utratą gęstwy twarogowej szczególnie na etapie obróbki i formowania. Jednak w dalszym ciągu bardzo ważnym elementem procesu produkcyjnego jest serwatka. Do niedawna traktowana jako produkt uboczny, chociaż zawierający wiele cennych składników mleka.

W klasycznej technologii wytwarzania twarogów mleko ukwaszane jest do punktu izoelektrycznego, a uzyskany skrzep zostaje poddany wielu zabiegom mającym w końcowym efekcie doprowadzić do koncentracji składników suchej masy. W wyniku takiego procesu mamy do czynienia z określoną retencją składników mleka. Pozwala to na wykorzystanie białek jedynie w ok. 75%. Pozostałe 25% (w tym głównie białka serwatkowe) przechodzą do serwatki. Oczywistym jest, że na retencję (a tym samym na wydatek) wpływa szereg czynników, np. jakość mleka, stan techniczny urządzeń procesowych, charakterystyka działania kultur starterowych. Niemniej, duży wpływ na osiągnięcie optymalnego wydanku mogą wywierać inne czynniki.

W praktyce przemysłowej wskazać można na dwa podstawowe kierunki pełniejszego wykorzystania białek serwatkowych. Pierwszy z nich to wielostopniowe przetwarzanie serwatki – począwszy od produkcji koncentratów, czy też preparatów białkowych a kończąc na wytwarzaniu partykułowanych białek serwatkowych (które można zawierać

do produkcji twarogów). Wszystkie te rozwiązania wymagają jednak stosowania dodatkowego wyposażenia technologicznego oraz dodatkowych nakładów pracy, czasu i energii.

Drugim, jednoetapowym, kierunkiem optymalizacji wykorzystania białek serwatkowych w procesie produkcji twarogów jest np. metoda termiczno-wapniowa (daje ona możliwość wydzielania do 96% białek mleka w formie koprecypitatów). Metoda ta wykazuje jednak pewną niedogodność związaną z charakterystyką zwięzłości skrzepu a tym samym jego obróbką oraz reologią tak uzyskanych twarogów.

Białka mleka krowiego można różnicować ze względu na ich budowę, rolę biologiczną, wartość odżywczą oraz właściwości funkcjonalne. Według klasycznego podziału dzielone są one na **kazeiny** (78-85% udziału w masie białek) w tym: α_{s1} -kazeina (odpowiednio ok. 34%), α_{s2} -kazeina (ok. 8%), β -kazeina (ok. 25%), κ -kazeina (ok. 9%) i γ -kazeina (ok. 4%), **białka serwatkowe** (15-25% ogółu białek mleka) w tym: β -laktoglobulina (7-12% udziału w białkach mleka), α -laktoalbumina (2-5%), immunoglobuliny (1,3-2,7%), albumina osocza (0,7-1,3%) oraz proteazy i peptony (2-6%). Całość składu białek mleka uzupełniają **białka otoczek kuleczek tłuszczowych** z ok. 0,1% udziałem.

Sumarycznie białka mleka krowiego charakteryzują się bardzo dużą wartością biologiczną, ponieważ zawierają – w ilościach znacznie przekraczających zapotrzebowanie człowieka – większość niezbędnych aminokwasów. Jednak po-

Streszczenie

Zastosowanie enzymu transglutaminazy, poza wstępnym przygotowaniem mleka nie wymaga istotnych modyfikacji technologii. Stwierdzono wzrost wydatku produkcji rzędu 10-15% poprzez większą retencję białek serwatkowych. Nie zmienia to w znaczący sposób składu chemicznego twarogów. Wyroby doświadczalne wykazywały wzrost zwięzłości i twardości w stosunku do kontrolnych od 10 do 100%. Zmianom uległy również niektóre deskryptory oceny sensorycznej.

Słowa kluczowe: twarogi, transglutaminaza, charakterystyka

The influence of transglutaminase on production process, yield and quality of curd cheeses

Summary

Application of transglutaminase enzyme, apart from initial preparation of milk, does not require crucial technology modifications. The yield increase around 10-15% by more intensive retention of whey proteins was stated. It does not substantially change the chemical composition of curd cheeses. The experimental products had bigger conciseness and hardness (by 10 to 100%) in comparison to control products. Some descriptors of sensory analysis were also modified.

Key words: curd cheeses, transglutaminase, characterization

szczególne białka wykazują znaczne zróżnicowanie zawartości tych aminokwasów. Jest ich najwięcej w białkach serwatkowych, natomiast w kazeinach jest ich mniej niż we wzorcu FAO/WHO. Zatem wartość żywieniowa różnych produktów mleczarskich nie jest jednakowa.

Nie sposób pominąć również faktu, iż liczne białka serwatki posiadają korzystne cechy biologiczne. Wykazują bowiem między innymi: działanie przeciwbakteryjne lub przeciwwirusowe, antykancerogenne i immunomodulacyjne,

neutralizują toksyny oraz czynnie uczestniczą w przemianach metabolicznych organizmu człowieka.

Rolą enzymów jest przyspieszanie tempa reakcji chemicznych, które z punktu widzenia termodynamicznego są możliwe. Zgodnie z prawami termodynamiki reakcja jest możliwa o ile towarzyszy jej spadek energii swobodnej (dzieje się tak w przypadku procesów katabolicznych), albo energia doprowadzona jest z zewnątrz (w procesach anabolicznych), ponadto możliwość reakcji zależy od wielu innych czynników, spośród których najistotniejszą rolę odgrywa tzw. energia aktywacji. Jest to taka ilość energii, jaką musi dysponować poszczególna cząsteczka, żeby przełamać siły odpychania niepozwalające na zbliżenie się do innych cząsteczek na odległość niezbędną do wystąpienia danej reakcji. Zadaniem enzymu jest zatem zmniejszenie energii aktywacji poprzez zwiększenie energii elektronów tworzących wiązania chemiczne, które mają ulec rozerwaniu.

Transglutaminaza (EC 2.3.2.13) to naturalny enzym, szeroko występujący w tkankach zwierzęcych i płynach ustrojowych. Transglutaminaza pochodzenia mikrobiologicznego jest jednołańcuchowym

białkiem o masie cząsteczkowej ok. 38 kDa, zawierającym w centrum aktywną grupę tiolową. Maksimum aktywności wykazuje w temp. ok. 50°C i kwasowości ok. pH 5-6. Inaktywacja enzymu następuje po 5 min w temp. 75°C.

Enzym ten katalizuje reakcję tworzenia wiązań w białkach, prowadząc do stabilizującego efektu poprzecznych, sieciujących wiązań kowalencyjnych – odmiennych w swym charakterze od wiązań peptydowych. Pod jego wpływem mostki disulfidowe stabilizują strukturę i zwiększają sztywność cząsteczki. Mogą również brać udział w łączeniu poprzecznym sąsiednich łańcuchów lub w powstawaniu pętli łańcucha polipeptydowego. Prowadzi to do przemian konformacji białka a tym samym modyfikacji tekstury, stabilności żelowania, zdolności wiązania wody, co w konsekwencji skutkuje zmianami właściwości reologicznych produktów białkowych.

Aby do tego typu interakcji mogło dojść należy doprowadzić do denaturacji białka, tzn. rozpadu wiązań stabilizujących jego drugo- i trzeciorzędową strukturę. Powoduje ona, że szereg grup funkcyjnych ukrytych w białku (w stanie natywnym) we wnętrzu cząsteczki

udostępnionych zostaje do reakcji ze środowiskiem. Obróbka cieplna mleka skutkuje istotnymi zmianami właściwości białek. Wskutek termicznej denaturacji wytrącają się białka serwatkowe w tym głównie β-laktoglobulina i α-laktoalbumina oraz makroglobuliny. Bez udziału enzymu asocjacja zdenaturowanej termicznie β-laktoglobuliny z κ-kazeiną utrudnia uzyskanie optymalnego skrzepu kazeinowego.

Cel badań

Celem podjętych badań było określenie wpływu zastosowania transglutaminazy w produkcji klasycznych kwasowych serów twarogowych na proces technologiczny, wydatek oraz wybrane cechy jakościowe wyrobu finalnego.

Część eksperymentalna

Doświadczalne wyroby przeprowadzono w trzech zakładach mleczarskich (ZM-A, ZM-B i ZM-C) w odmiennych regionach Polski. Badaniami objęto proces wyrobu twarogów typu krajanka – półtłuste. Prowadzono równolegle (z wykorzystaniem mleka przerobowego

Tabela 1. Porównanie wydatku twarogów w dwóch różnych okresach produkcyjnych

ZM-C	Wyrób kontrolny – bez enzymu			Wyrób doświadczalny – z enzymem			Wzrost wydatku [l/kg]
	Ilość mleka [l]	Masa twarogu [kg]	Wydatek [l/kg]	Ilość mleka [l]	Masa twarogu [kg]	Wydatek [l/kg]	
Okres 1	247 000	41 553	5,94	65 500	12 312	5,32	0,62
Okres 2	337 000	52 807	6,38	73 000	12 810	5,70	0,68

Tabela 2. Podstawowy skład chemiczny i kwasowość twarogów

		Białko ogółem [%]	Tłuszcz [%]	Woda [%]	Laktoza hydrat [%]	Kwasowość czynna [pH]
ZM-A	bez enzymu	21,36	4,47	71,1	2,2	4,52
	z enzymem	20,94	4,41	70,9	2,8	4,61
ZM-B	bez enzymu	18,32	4,52	73,5	2,8	4,68
	z enzymem	19,51	4,56	72,1	2,8	4,51
ZM-C	bez enzymu	18,88	4,56	72,9	2,9	4,54
	z enzymem	18,05	4,42	73,4	3,2	4,45

Tabela 3. Wybrane elementy charakterystyki tekstury twarogów

Zakład		Siła penetracji F1 [N]	Dystans [mm]	Czas [sek]	Siła przylepności F2 [N]	Dystans [mm]	Czas [sek]
ZM-A	bez enzymu	2,4067	14,968	14,970	- 0,9301	11,044	17,005
	z enzymem	3,4968	14,983	14,985	- 1,1175	11,299	16,877
ZM-B	bez enzymu	1,7923	14,973	14,975	- 0,7386	11,009	17,022
	z enzymem	3,5194	14,983	14,985	- 1,1965	11,114	16,970
ZM-C	bez enzymu	1,7944	14,968	14,970	- 0,3933	11,129	16,962
	z enzymem	1,9907	14,958	14,960	- 0,5492	11,579	16,737

o identycznych cechach jakościowych) dwa wyroby twarogów. Pierwszy według standardowej technologii stosowanej w danym zakładzie i traktowany jako próba kontrolna, drugi wyrób z dodatkiem transglutaminazy. W obu przypadkach stosowano takie same kultury starterowe.

Jako preparat enzymatyczny stosowano SAPRONĘ TG produkcji Austriackiej firmy TFI, a dystrybuowanej w Polsce przez P.M.T. TRADING Sp. z o.o. Jest to preparat enzymatyczny,

Foto 1. Obraz makrostruktury twarogów wyprodukowanych w ZM-A (u dołu twaróg bez enzymu, u góry z enzymem).



Foto 2. Obraz makrostruktury twarogów wyprodukowanych w ZM-B (u dołu twaróg bez enzymu, u góry z enzymem).



w skład którego wchodzi transglutaminaza i laktoza. Transglutaminaza (2.3.2.13 EC) jest pochodzenia mikrobiologicznego – syntetyzowana przez *Streptovorticillium mobaraense*. Z uwagi na specyfikę działania preparatu enzymatycznego wprowadzono pewne modyfikacje procesu technologicznego. Sprowadzały się one głównie do wstępnych zabiegów technologicznych – wydłużono czas oraz podniesiono temperaturę pasteryzacji mleka. Spasteryzowane mleko kierowano do zbiorników procesowych i wprowadzono preparat enzymatyczny. Od momentu dodatku SAPRONY po 1,5 do 3 godzin mleko zaszczipiano kulturami starterowymi. Z chwilą uzyskania przez skrzep kwasowości od 4,45 do 4,65 pH przystępowano do jego krojenia. Proces osuszania gęstwy twarogowej prowadzono w temperaturach o kilka stopni Celsjusza wyższych niż w przypadku wyrobów kontrolnych. Z chwilą uzyskania odpowiedniej jakości ziarna twarogowego odczerpywano część serwatki, a gęstwę wylewano do pras. Po uformowaniu oraz wychłodzeniu twarogi były pakowane.

Metodyka badań

W twarogach zakres badań obejmował oznaczenie zawartości: białka ogółem (wg Standard IDF 25), tłuszczu (wg Stan-

Foto 3. Obraz makrostruktury twarogów wyprodukowanych w ZM-C (u dołu twaróg bez enzymu, u góry z enzymem)



dard IDF 152A), wody (wg Standard IDF 4), laktozy (wg procedury PB-PFCh-2.0 met. Bertranda) oraz pomiar kwasowości czynnej – pH (wg PN-73/A-86232).

Określono również teksturę twarogów. W badaniach instrumentalnych tekstury wykorzystano analizator *TEXTURE ANALYSER TA.XT plus* z oprogramowaniem komputerowym Texture Exponent 32. Próbkę po termostatowaniu (3h/20°C) badano testem penetracji z głowicą cylindryczną SMS P/6 mierząc siłę penetracji (F1) i przylepności (F2), przy zadanej głębokości 15 mm i prędkości przesuwu głowicy 1 mm/sekundę.

Badano także makro- i mikrostrukturę twarogów. Zdjęcia makrostruktury wykonano lustrzanką cyfrową Nikon D80 z obiektywem Nikon AF-S DX VR 18-200 mm, f/3,5-5 6G IF-ED. Natomiast obrazy mikrostruktury twarogów uzyskano wykorzystując Elektronowy Mikroskop Skaningowy QUANTA 200 (Detektor typu: ETD, napięcie przyspieszające: 15 kV).

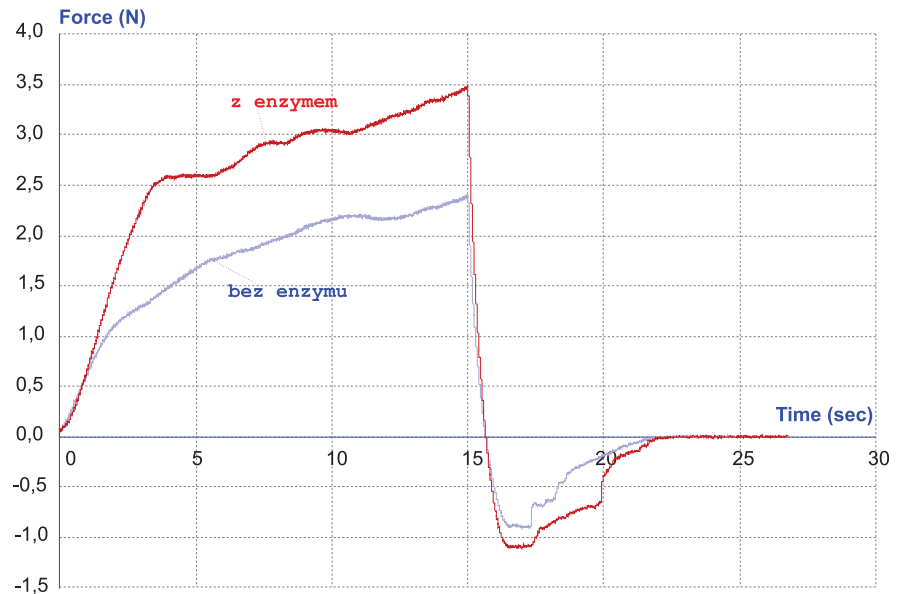
Dokonano również profilowej oceny sensorycznej. Ocena sensoryczna została zrealizowana w oparciu o przedmiotowe normy. Analizę przeprowadzono metodą skalowania, polegającą na ocenie punktowej (0-5 pkt.) badanej cechy (deskryptora).

Próbki do analiz pobrano zgodnie z wymogami norm przedmiotowych. Wszystkie oznaczenia wykonano w co najmniej dwóch równoległych powtórzeniach.

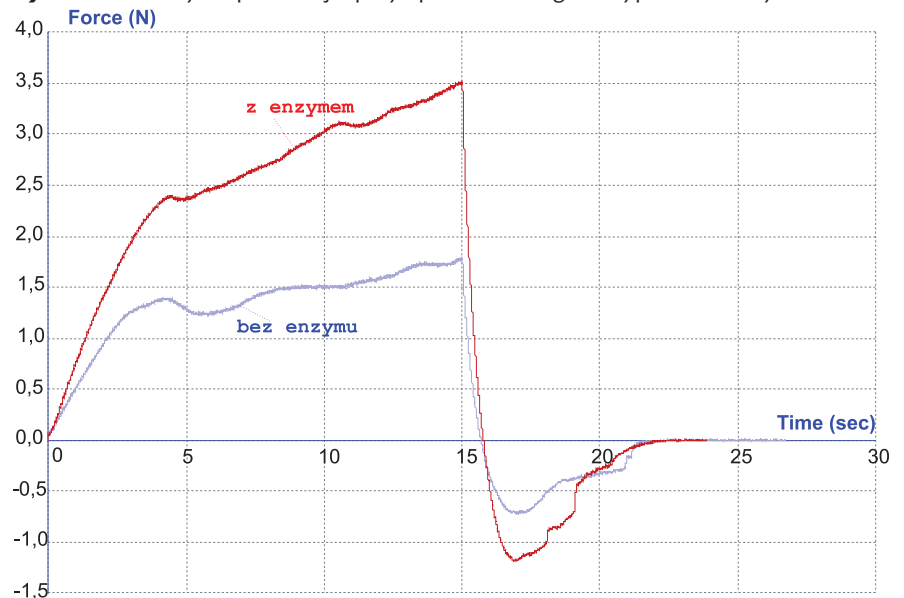
Omówienie wyników badań

Monitorując przebieg procesów technologicznych nie stwierdzono istotnego wpływu dodatku preparatu enzymatycznego na dynamikę ukwaszania mleka. W analizowanych przypadkach czas i tempo ukwaszania były zbliżone i determinowane rodzajem zastosowanych kultur starterowych. Uzyskany skrzep wykazywał zbliżone cechy jakościowe.

Rysunek 1. Krzywa penetracji i przylepności twarogów wyprodukowanych w ZM-A



Rysunek 2. Krzywa penetracji i przylepności twarogów wyprodukowanych w ZM-B



Jedynie różnice stwierdzono na etapie obróbki skrzepu. Po standardowym pokrojeniu (w obu przypadkach) skrzep otrzymany z dodatkiem enzymu wymagał obróbki (osuszania) w wyższej temperaturze.

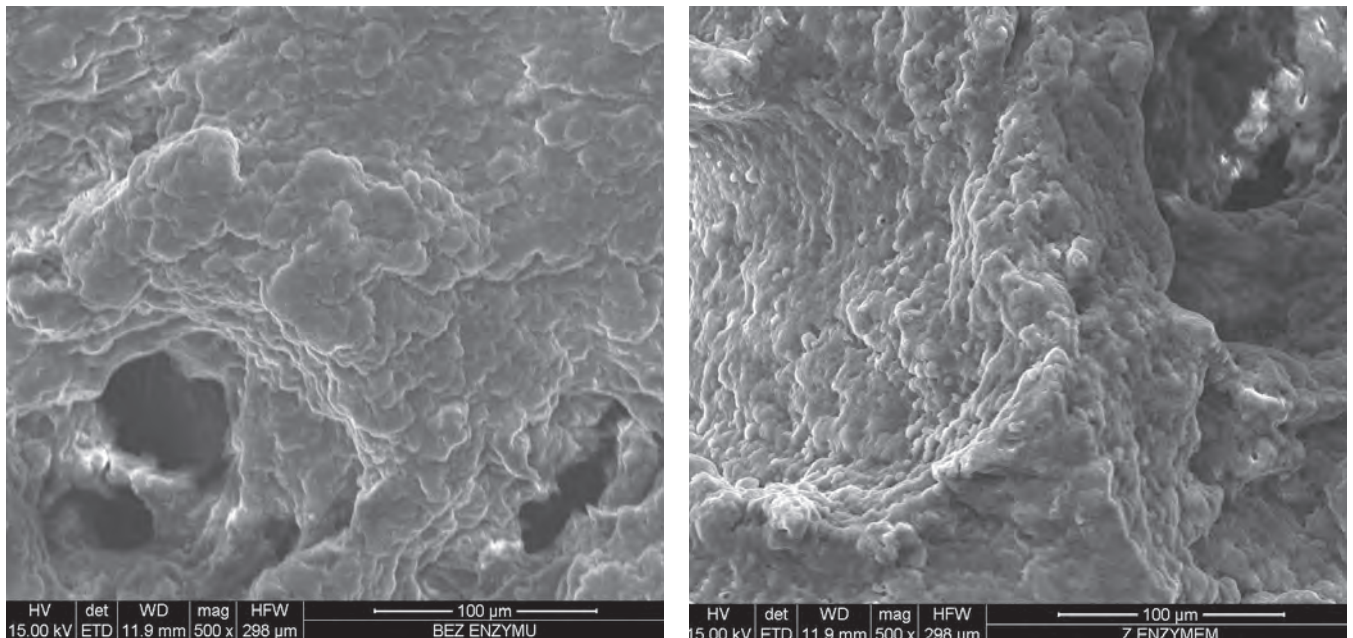
Określając wydatek, traktowany jako ilość litrów mleka zużytą na wyprodukowanie 1 kg twarogu, stwierdzono, że we wszystkich badanych wyrobach doświadczalnych w odniesieniu do warów kontrolnych zużycie surowca w istotnym stopniu zmalało. Wzrost wydatku

kształtował się od poziomu 10,46%, dla zakładu ZM-A, poprzez 11,65%, dla zakładu ZM-B, aż do poziomu 15,36% dla zakładu ZM-C.

Analizując, dwa stosunkowo długie i zarazem różne okresy produkcji twarogów bez udziału i z zastosowaniem enzymu stwierdzono średni spadek o 0,65 litra zużycia mleka przerobowego na 1 kg twarogu (tab. 1).

Porównując wybrane cechy jakościowe uzyskanych twarogów nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy równoległymi

Foto 4. Skaningowy obraz mikrostruktury twarogów wytworzonych w ZM-C (bez dodatku i z dodatkiem enzymu)



warami. Nieco większe różnice stwierdzono natomiast porównując wyroby z poszczególnych zakładów (tab. 2). Największe różnice stwierdzono dla zawartości białka (od 0,42% do 1,19%), najmniejsze natomiast dla zawartości laktozy (0-0,3%).

Zdecydowanie większe różnice stwierdzono porównując teksturę twarogów (tab. 3, rys. 1-3). We wszystkich wyrobach doświadczalnych zaobserwowano wzrost

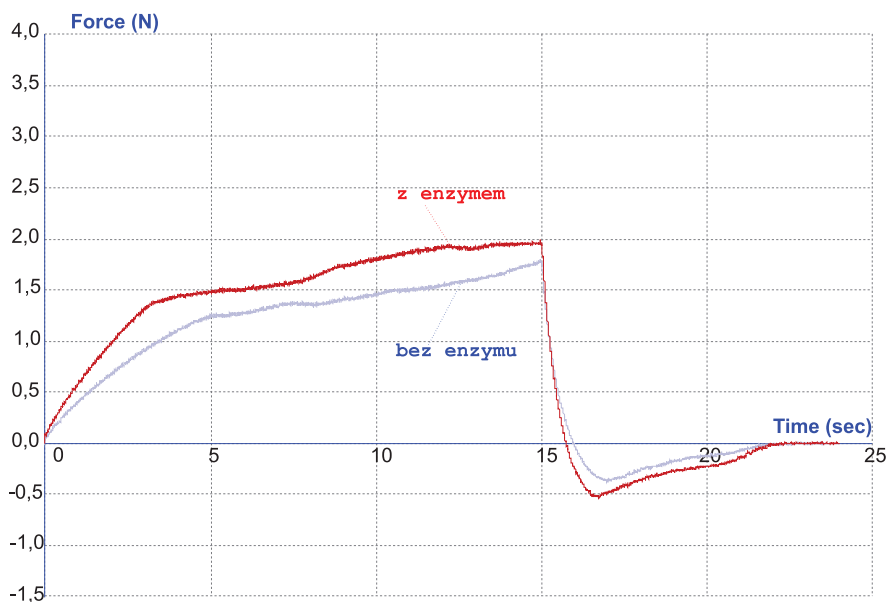
twardości i przylepności w porównaniu do wyrobów kontrolnych.

W przypadku wyrobów uzyskanych w zakładzie ZM-A siła penetracji (F1) wzrosła o 45,29% w stosunku do produktu kontrolnego. Największy, bo prawie 2-krotny wzrost siły penetracji odnotowano dla twarogów ZM-B – z 1,7923 N do 3,5194 N. Najmniejszy natomiast w przypadku serów twarogowych produkowanych w zakładzie ZM-C – jedynie

o 10,93%. Podobne tendencje odnotowano w przypadku określania siły przylepności (F2).

Porównując obrazy makrostruktury (foto 1-3) nie stwierdzono istotnego zróżnicowania pomiędzy wyrobami kontrolnymi i doświadczalnymi. Natomiast skaningowe zdjęcia (powiększenie 500x) wskazują na nieco zmienioną mikrostrukturę porównywanych serów twarogowych. Widoczne na nich elementy struktury dla twarogów uzyskanych z wykorzystaniem transglutaminazy wydają się być mniejsze i silniej z sobą połączone (foto 4).

Rysunek 3. Krzywa penetracji i przylepności twarogów wyprodukowanych w ZM-C



Dokonując profilowej oceny sensorycznej (wyniki oceny nie są prezentowane z uwagi na ich obszerność) stwierdzono występowanie większości przyjętych deskryptorów na zbliżonym poziomie dla serów twarogowych wytworzonych w tym samym zakładzie. Niemniej wyroby doświadczalne wykazywały mniejszy (o 1 do 2 punktów) wyciek serwatki, większą twardość i zwięzłość (od 0,5 do 2 pkt.). Dodatkowo wzrastały się odczucia smaku słodkiego (1-1,5 pkt.). Nie stwierdzono różnic w ocenie barwy

oraz deskryptorów charakteryzujących zapach twarogów.

Tak jak w przypadku serów podpuszczkowych można i należy oczekiwać, że dany rodzaj sera będzie spełniał określone (standardowe) cechy jakościowe niezależnie od producenta – tak w przypadku serów twarogowych należy docenić fakt, że twarogi wykazują bardzo zindywidualizowane cechy determinowane uwarunkowaniami technicznymi oraz modyfikacjami technologii u poszczególnych producentów. Pozwala to na wybór produktu o optymalnych dla konsumenta cechach.

Podsumowanie

Oczywistym jest, że każdy przetwórcza mleka zawsze będzie poszukiwał możliwości obniżania kosztów produkcji. Wydaje się, że zastosowanie transglu-

taminazy w wyrobie twarogów powinno pozwolić na spadek kosztochłonności produkcji. Osiągnąć to można na kilku płaszczyznach poprzez:

- zwiększenie retencji składników mleka (w tym przypadku białek serwatkowych) do produktu,
- obniżenie ładunku biologicznego zawartego w serwatce. Ma to bardzo istotne znaczenie dla producentów, którzy nie mają możliwości jej zagospodarowania (np. zagęszczania membranowego, produkcji partykułowanych białek serwatkowych, proszku bądź preparatów białkowych). Pełniejsze wykorzystanie składników mleka przekłada się na mniejsze obciążenie środowiska ściekami,
- jednoetapowe, tańsze od wieloetapowego, zagospodarowanie białek serwatkowych, a dodatkowo:

- stosując zmienne parametry procesu technologicznego oraz dodatku enzymu wydaje się być możliwym modelowanie niektórych cech reologicznych twarogów,
- obniżenie wycieku serwatki,
- zwiększenie wartości odżywczej twarogów.

Niniejsza praca ma charakter wstępny i należy oczekiwać, że wraz z liczbą i różnorodnością przeprowadzonych doświadczeń można będzie bardziej zoptymalizować proces produkcji kwasowych serów twarogowych z pełniejszym wykorzystaniem białek serwatkowych przy użyciu transglutaminazy.

dr inż. Krzysztof Bohdziewicz
Katedra Mleczarstwa
i Zarządzania Jakością
Wydział Nauki o Żywności
UWM w Olsztynie

SAPRONA®

Po zastosowaniu produktu SAPRONA osiąga się efekty:

SERY TWAROGOWE

- Znaczne zwiększenie wydatku
- Redukcja separacji serum
- Poprawa cech sensorycznych

JOGURTY

- Zwiększenie stabilności żelu
- Redukcja synerezy
- Zwiększenie kremistości
- Gładka i lśniąca powierzchnia

Wyłączny przedstawiciel i dystrybutor na Polskę



P.M.T. TRADING Sp. z o.o.

6 Sierpnia 15/17, 90-616 Łódź

tel. +48 42 633 00 11, tel/fax. +48 42 633 16 04, e-mail: trading@pmtsaprona.pl