

ARNOLD REPS, MARIA WACHOWSKA, KRYSZYNA WIŚNIEWSKA

WPŁYW WYSOKICH CIŚNIEŃ NA PROCES DOJRZEWANIA SERA TYPU HOLENDERSKIEGO

Streszczenie

Sery edamskie bezpośrednio po soleniu oraz po 4, 6, 8 tygodniach dojrzewania poddawano działaniu ciśnienia 50 i 100 MPa / 30 min w temp. $18\pm 2^{\circ}\text{C}$. Sery ciśnieniowane oraz sery kontrolne analizowano bezpośrednio po soleniu oraz po 4, 6, 8 tygodniach dojrzewania. Wyniki analizy chemicznej tych serów wykazały prawidłowy przebieg procesu dojrzewania. Ciśnieniowanie wpłynęło na przyspieszenie procesu dojrzewania serów, o czym świadczył wzrost zawartości azotu rozpuszczalnego (w środowisku o pH 4,6) i azotu niebiałkowego, w porównaniu z serem kontrolnym. Ciśnienie nie wpłynęło na intensywność zmian zawartości azotu aminokwasowego w serze. W porównaniu z serem kontrolnym, ciśnieniowanie wyrobu (po soleniu) w 50 MPa zwiększało aktywność enzymów proteolitycznych w miarę przedłużania czasu dojrzewania sera, natomiast proces przeprowadzony w 100 MPa wpływał na obniżenie aktywności enzymów proteolitycznych. W ocenie sensorycznej potwierdzono wysoką jakość serów ciśnieniowanych. Odnaczały się one przede wszystkim bardziej elastyczną konsystencją od serów kontrolnych.

Słowa kluczowe: wysokie ciśnienie, proteoliza, ser edamski, dojrzewanie serów

Wprowadzenie

HP – (High Pressure) technologia wysokociśnieniowa jest nietermiczną metodą utrwalania i przetwarzania żywności, stosującą w temp. pokojowej ciśnienie rzędu 100-1000 MPa.

W 1992 r. Yokoyama [18] zaproponował wykorzystanie tej metody do skracania czasu dojrzewania serów. Stwierdził, że poddanie sera cheddar trzydniowemu ciśnieniu o wartości 50 MPa w temp. 25°C pozwoliło, bez zmiany cech sensorycznych, skrócić czas dojrzewania sera z 6 miesięcy do 3 dni.

Możliwość zastosowania tej metody w technologii serowarstwa wzbudziło duże zainteresowanie, albowiem stosując odpowiednie ciśnienia, można wpływać na liczbę mikroorganizmów oraz szybkość reakcji enzymatycznych w serze. Saldo i wsp.[11], działając na ser ciśnieniem 400 MPa, zaobserwowali przyspieszenie procesu dojrzewania sera, co najprawdopodobniej było wynikiem zwiększenia ilości i aktywności enzymów bakterii mlekowych.

Prof. dr hab. A. Reps, dr inż. M. Wachowska, dr inż. K. Wiśniewska, Katedra Biotechnologii Żywności, Wydział Nauki o Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie, ul. Heweliusza 1, 10-718 Olsztyn

Kolejnym powodem badania wpływu wysokiego ciśnienia na sery jest możliwość otrzymania produktów o korzystniejszych cechach smakowo-zapachowych i konsystencji. Messens i wsp. [4] po ciśnieniowaniu sera gouda, w zakresie 100–400 MPa przez 0,5–4h, stwierdzili, że ciśnienie powyżej 300 MPa może powodować rozerwanie sieci para-kazeiny, powodując przyspieszenie procesu proteolizy w serze. Kołakowski i wsp. [3] nie stwierdzili wpływu czterogodzinnego ciśnienia do 500 MPa na przebieg proteolizy w serze gouda. Natomiast Johnston i Darcy [2] ciśnieniując ser mozzarella, tylko w początkowym okresie dojrzewania zauważyli różnice w przebiegu procesu proteolizy między serem poddanym obróbce wysokociśnieniowej a kontrolnym. Podobnie Sendra i wsp. [14] intensywniejszą proteolizę, w porównaniu z serem kontrolnym, zaobserwowali w serze z ciśnieniowanego (50 MPa/4 h) mleka koziego.

Produkcja serów z wykorzystaniem wysokich ciśnień stwarza nowe perspektywy w ulepszaniu technologii, jednak opracowanie optymalnych parametrów wymaga dalszych badań.

Dlatego też celem podjętych badań było określenie wpływu ciśnienia 50 i 100 MPa na sery typu holenderskiego (edamskie), o różnym stopniu dojrzałości.

Materiał i metody badań

Ser edamski bezpośrednio po soleniu oraz o zróżnicowanym stopniu dojrzałości, tj. po 4, 6 i 8 tygodniach dojrzewania, powlekano warstwą polioctanu winylu, parafinowano, pakowano w osłonki barierowe, a następnie poddawano, w temp. $18 \pm 2^\circ\text{C}$, obróbce wysokociśnieniowej w 50 i 100 MPa/30 min – generator ciśnienia firmy UNIPRESS EQUIPMENT Warszawa. Kompresję i dekompresję uzyskiwano w czasie odpowiednio 40 i 20 s.

Sery po ciśnieniowaniu oraz ser kontrolny – niepoddany działaniu ciśnienia, dojrzewały w zakładzie mleczarskim, w którym zostały wyprodukowane.

Sery doświadczalne i kontrolne bezpośrednio po soleniu oraz po 4, 6 i 8 tygodniach dojrzewania poddawano analizie chemicznej i ocenie sensorycznej. Analiza chemiczna obejmowała oznaczanie zawartości: wody [9], azotu ogólnego [9], azotu rozpuszczalnego w wodnym ekstrakcie sera, azotu rozpuszczalnego w pH 4,6 [15], azotu niebiałkowego [13] oraz azotu aminokwasowego [16]. Oznaczano również kwasowość czynną [9] oraz aktywność proteolityczną enzymów w wodnym ekstrakcie sera wg zmodyfikowanej metody Anson [1] i Westhoff [17].

Wyniki i dyskusja

Na podstawie przeprowadzonych analiz (tab. 1) stwierdzono, że stopień dojrzałości sera poddanego ciśnieniowaniu oraz wysokość stosowanego ciśnienia nie miały znaczącego wpływu na zawartość wody w serach. We wszystkich serach doświadczalnych, jak i kontrolnych, zawartość wody była zgodna z normą jakościową [19].

Kwasowość czynna (pH) serów poddanych obróbce wysokociśnieniowej po soleniu obniżyła się nieznacznie. Jednak po 4 tygodniach dojrzewania w serach poddanych ciśnieniowaniu zaobserwowano szybszy wzrost pH niż w serze kontrolnym. Natomiast po 6 tygodniach dojrzewania wartości pH wszystkich serów były na zbliżonym poziomie. Ciśnieniowanie serów o zróżnicowanym stopniu dojrzałości również powodowało nieznaczny wzrost ich pH (tab. 1). Podobnie Messens i wsp. [4, 6] oraz Saldo i wsp. [11], badając wpływ ciśnienia na sery dojrzewające, zaobserwowali niższą niż w serach kontrolnych kwasowość serów ciśnieniowanych (a tym samym wyższe pH), co ma wpływ na intensywność degradacji białek sera.

Zawartość azotu ogólnego we wszystkich badanych serach była porównywalna i wynosiła 4,14-4,43% (tab.1).

W trakcie dojrzewania obserwowano wzrost zawartości badanych form związków azotowych tj. azotu rozpuszczalnego w środowisku o pH 4,6, azotu niebiałkowego i aminokwasowego, zarówno w serach kontrolnych, jak i poddanych wysokociśnieniowej obróbce, co świadczyło o prawidłowym przebiegu procesu ich dojrzewania.

W serach kontrolnych oraz ciśnieniowanych bezpośrednio po soleniu zawartość związków azotowych rozpuszczalnych w środowisku o pH 4,6 utrzymywała się na zbliżonym poziomie, lecz w miarę dojrzewania w serach poddanych obróbce wysokociśnieniowej obserwowano większy przyrost ich zawartości (rys. 1). Przykładowo zawartość azotu rozpuszczalnego w środowisku o pH 4,6 w serze ciśnieniowanym w 50 MPa, bezpośrednio po soleniu wynosiła 4,02% N_{og} , w serze ciśnieniowanym w 100 MPa – 3,87% N_{og} , a w serze kontrolnym – 4,11% N_{og} , natomiast po 8 tygodniach dojrzewania zawartość tego parametru w wymienionych serach wynosiła odpowiednio: 12,01; 12,36 i 9,52% N_{og} .

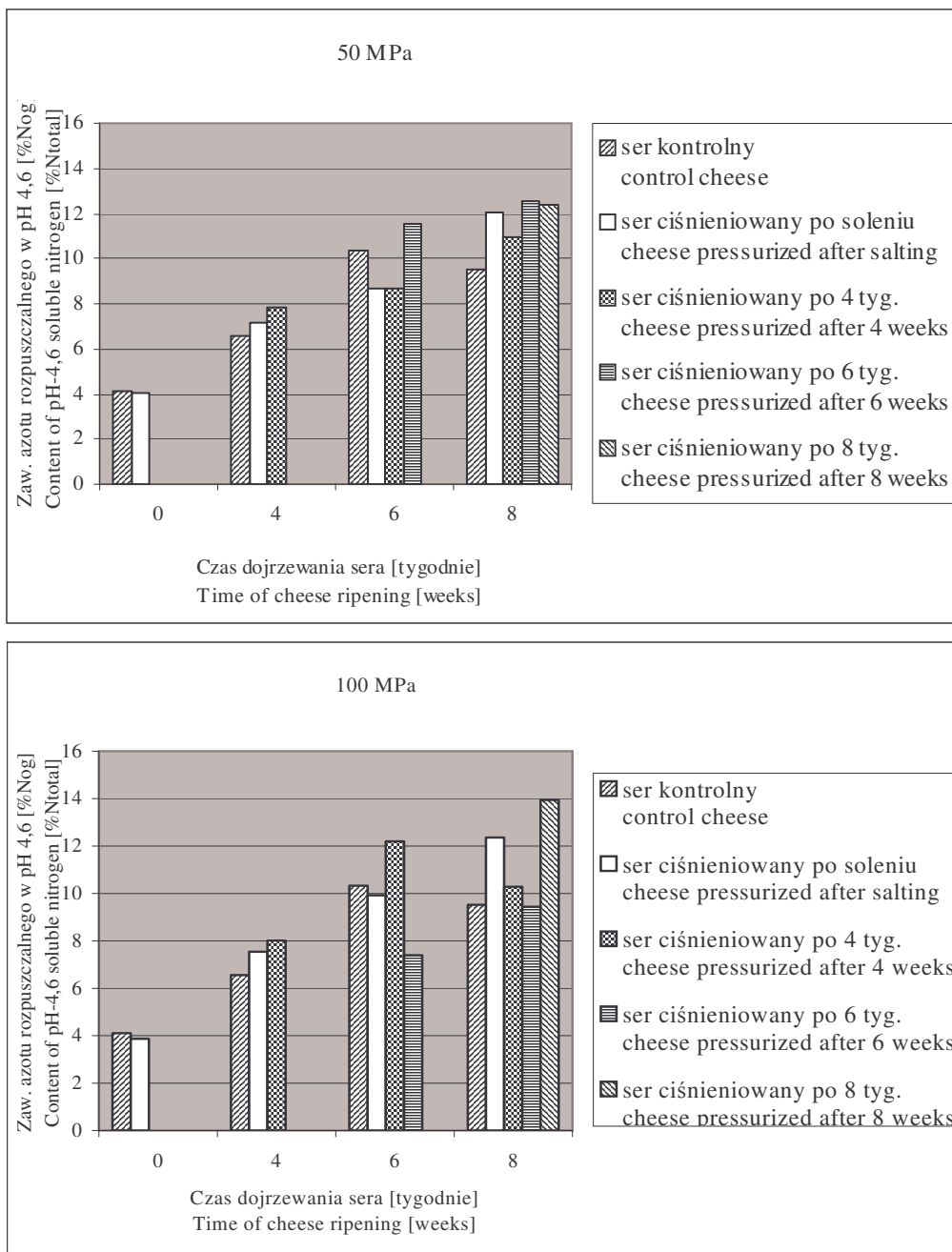
Ciśnieniowanie serów po 4 tygodniach dojrzewania, w porównaniu z serami kontrolnymi, spowodowało niewielki wzrost zawartości związków rozpuszczalnych w środowisku o pH 4,6. Natomiast znaczące różnice zawartości związków azotowych rozpuszczalnych w pH 4,6 stwierdzono w serach poddanych obróbce wysokociśnieniowej po 6 i 8 tygodniach dojrzewania – różnica zawartości wymienionej formy azotu po 8 tygodniach dojrzewania była o 3–4,5% N_{og} wyższa niż w serze kontrolnym. Podobne tendencje stwierdzili Messens i wsp. [8], badając wpływ ciśnienia 50 MPa/8 h na ser paillardin. Zawartość azotu rozpuszczalnego w środowisku o pH 4,6 w początkowym okresie dojrzewania w serze ciśnieniowanym i serze kontrolnym była zbliżona, jednak po 30 dniach dojrzewania w serze ciśnieniowanym zawartość azotu rozpuszczalnego w pH 4,6 była znacznie większa. Kołakowski i wsp. [3] także uzyskali wzrost zawartości azotu rozpuszczalnego w pH 4,6 w ciśnieniowanym (50 MPa/4 h) serze camembert. Natomiast wysokociśnieniowa obróbka sera gouda w 50 MPa i 225 MPa/4 h, w przeciwieństwie do ciśnieniowania w 400 MPa, nie spowodowała wzrostu zawartości omawianej formy azotu [4]. O'Reilly i wsp. [10] dowiedli,

Tabela 1

Analiza chemiczna sera.

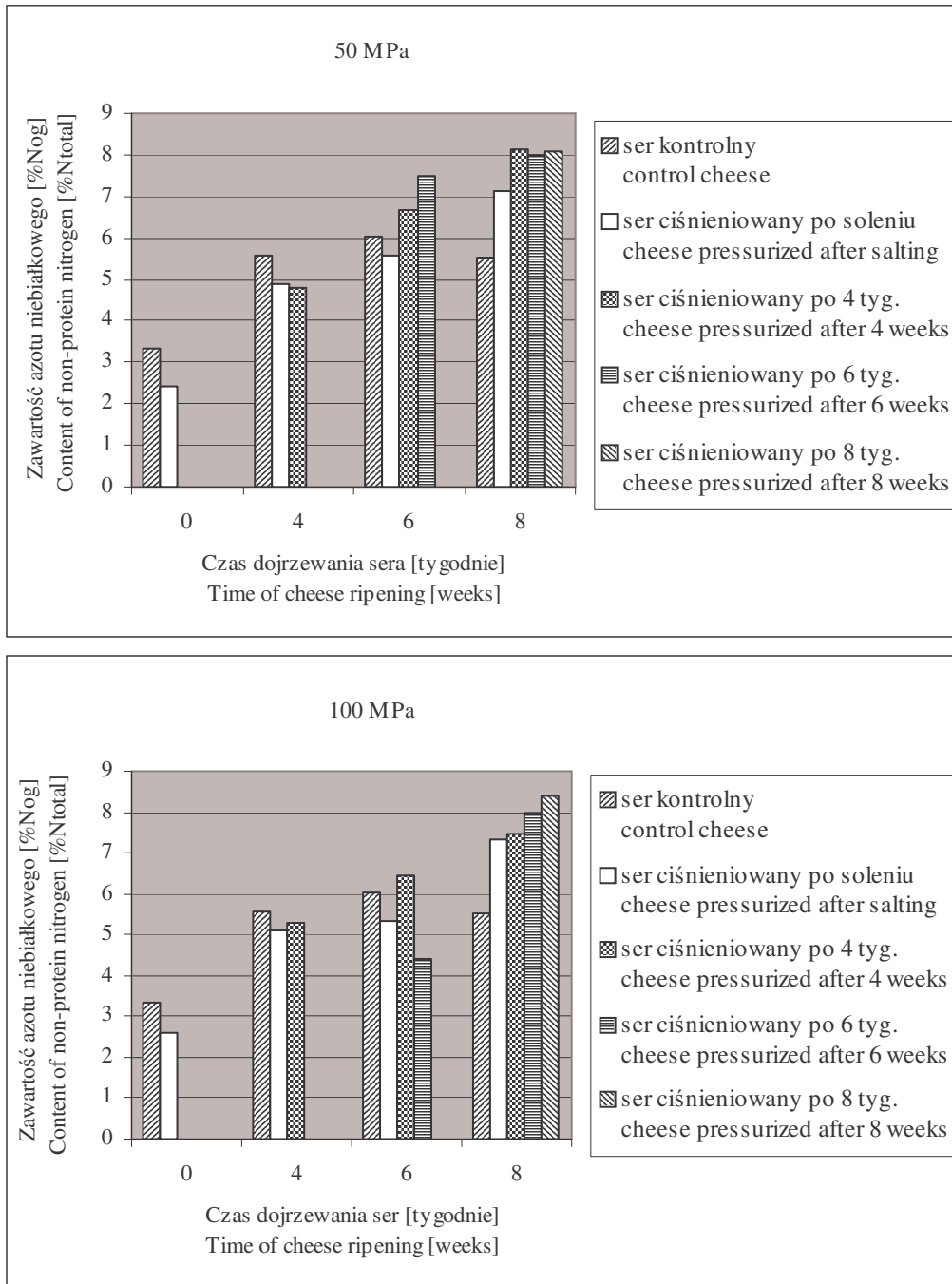
Chemical analysis of cheese.

Ser The cheese	Czas dojrzewania [tygodnie] Time of ripening [weeks]	Kwasowość czynna [pH] Acidity [pH]	Zawartość wody [%] Water content [%]	Zawartość N _{og} [%] N Total content [%]
kontrolny control	po soleniu after salting	5,34	41,50	4,21
	4	5,49	40,93	4,26
	6	5,53	39,45	4,17
	8	5,52	40,41	4,29
ciśnieniowany w 50 MPa pressurized at 50 MPa	Ser ciśnieniowany po soleniu Cheese pressurized after salting			
	po soleniu after salting	5,31	40,01	4,31
	4	5,53	39,36	4,43
	6	5,54	39,82	4,43
	8	5,52	39,15	4,15
	Ser ciśnieniowany po 4 tygodniach dojrzewania Cheese pressurized after 4 weeks ripening			
	4	5,49	40,04	4,35
	6	5,52	39,68	4,20
	8	5,57	39,84	4,18
	Ser ciśnieniowany po 6 tygodniach dojrzewania Cheese pressurized after 6 weeks ripening			
	6	5,56	40,56	4,18
	8	5,55	40,21	4,23
	Ser ciśnieniowany po 8 tygodniach dojrzewania Cheese pressurized after 8 weeks ripening			
8	5,54	40,96	4,19	
ciśnieniowany w 100 MPa pressurized at 100 MPa	Ser ciśnieniowany po soleniu Cheese pressurized after salting			
	po soleniu after salting	5,34	39,95	4,33
	4	5,53	39,76	4,38
	6	5,52	39,58	4,29
	8	5,52	40,46	4,43
	Ser ciśnieniowany po 4 tygodniach dojrzewania Cheese pressurized after 4 weeks ripening			
	4	5,48	40,30	4,26
	6	5,52	40,50	4,26
	8	5,52	40,37	4,28
	Ser ciśnieniowany po 6 tygodniach dojrzewania Cheese pressurized after 6 weeks ripening			
	6	5,54	39,96	4,32
	8	5,54	40,79	4,33
	Ser ciśnieniowany po 8 tygodniach dojrzewania Cheese pressurized after 8 weeks ripening			
8	5,57	39,97	4,14	



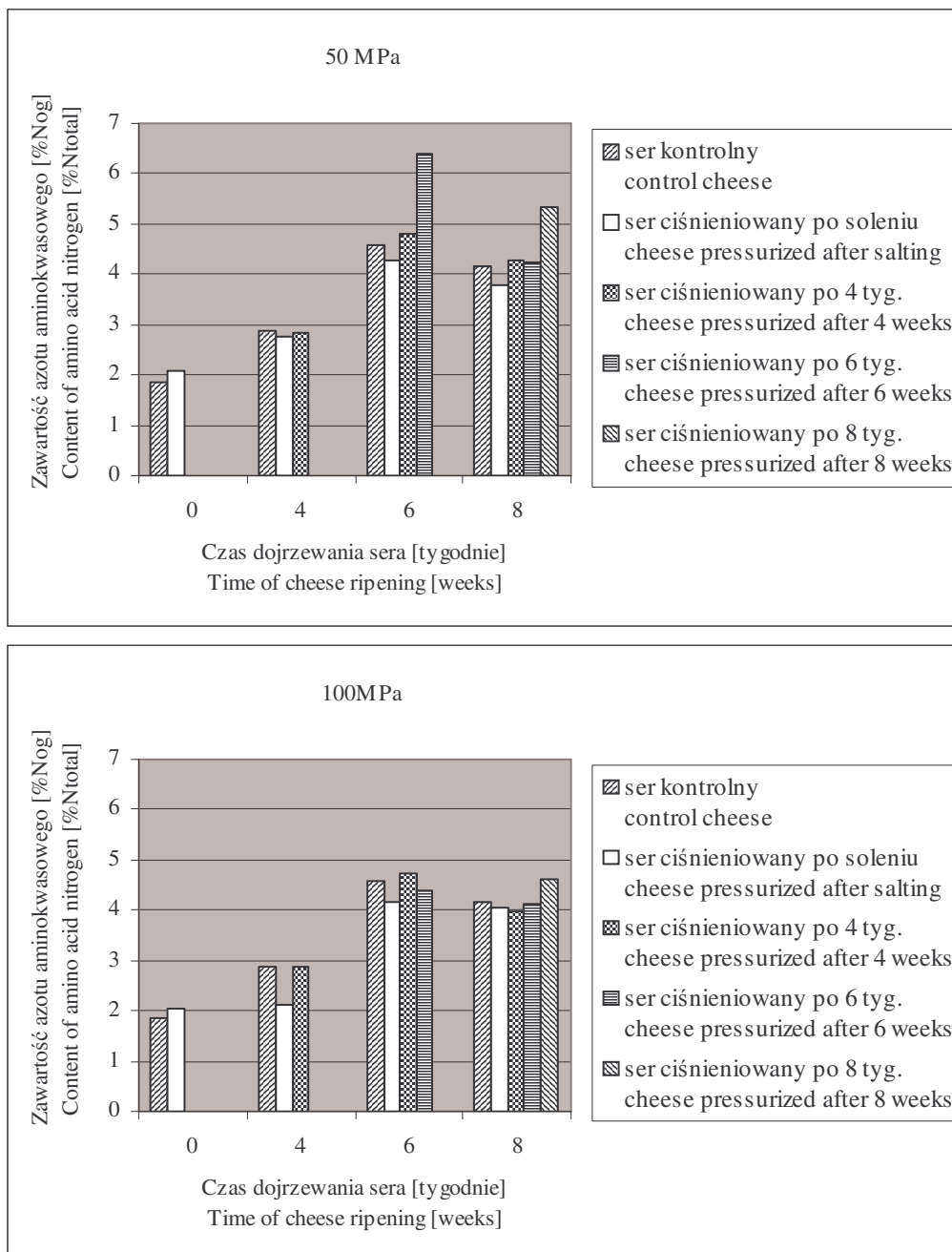
Rys. 1. Wpływ wysokiego ciśnienia na zawartość azotu rozpuszczalnego w środowisku o pH 4,6 w serach edamskich.

Fig. 1. Effect of high pressure on the content of pH 4.6-soluble nitrogen in Edam cheese samples.



Rys. 2. Wpływ wysokiego ciśnienia na zawartość azotu niebiałkowego w serach edamskich.

Fig. 2. Effect of high pressure on the content of non-protein nitrogen in Edam cheese samples.



Rys. 3. Wpływ wysokiego ciśnienia na zawartość azotu aminokwasowego w serach edamskich.
Fig. 3. Effect of high pressure on the content of amino acid nitrogen in Edam cheese samples.

że po ciśnieniowaniu sera cheddar w 50 MPa/72 h/25°C zawartość w nim azotu rozpuszczalnego w pH 4,6 była większa niż w serze kontrolnym, jednak w miarę procesu dojrzewania różnice te ulegały zmniejszeniu.

Zawartość azotu niebiałkowego w serach po soleniu poddanych ciśnieniu 50 MPa i 100 MPa zmniejszyła się, jednak w miarę dojrzewania sera wzrosła (rys. 2). Obserwowane zmniejszenie zawartości azotu niebiałkowego w serach może być wynikiem wzmożonego przenikania do wnętrza komórek bakteryjnych krótkołańcuchowych peptydów i aminokwasów, co również stwierdzili inni badacze [11]. W serach ciśnieniowanych w trakcie dojrzewania, po 8 tygodniach składowania, zawartość azotu niebiałkowego była znacznie większa niż w serze kontrolnym. Przykładowo zawartość azotu niebiałkowego w serze ciśnieniowanym w 50 MPa wynosiła 8,07% N_{og}, w 100 MPa - 8,40% N_{og}, a w serze kontrolnym 5,54% N_{og}. Również Kołakowski i wsp. [3] wykazali wzrost zawartości azotu niebiałkowego w serze camembert poddanym ciśnieniu 50 MPa/4 h.

Podobnie, jak w badaniach Saldo i wsp. [12], nie stwierdzono wpływu ciśnienia 50 MPa i 100 MPa na zawartość azotu aminokwasowego w serach, bez względu na okres dojrzewania, w którym sery były poddane ciśnieniowaniu (rys. 3).

Analizując wpływ ciśnienia na aktywność enzymów proteolitycznych zaobserwowano, że ciśnieniowanie sera po soleniu w 50 MPa zwiększało aktywność enzymów w miarę przedłużania czasu dojrzewania sera. Wysokociśnieniowa obróbka sera o różnym stopniu dojrzałości, w porównaniu z serem kontrolnym, obniżała aktywność enzymów. W serach poddanych działaniu 100 MPa aktywność proteolityczna enzymów była niższa od aktywności enzymów w produkcie kontrolnym (tab. 2). Wysoka aktywność proteolityczna ekstraktu z sera po soleniu wyrażona w jednostkach aktywności wg Westhoff jest najprawdopodobniej wynikiem aktywności proteolitycznej preparatu koagulującego i aktywności enzymów rodzimych bakterii mlekowych, których największa liczba jest w początkowym okresie dojrzewania.

Na podstawie przeprowadzonej oceny sensorycznej stwierdzono, że sery ciśnieniowane w 50 MPa i 100 MPa, bez względu na okres dojrzewania, w którym poddano je obróbce wysokociśnieniowej, miały smak i zapach łagodny, typowy dla sera edamskiego, a ich konsystencja była bardziej elastyczna niż serów kontrolnych, co potwierdzają badania innych autorów [7, 11]. Oceniający podkreślili, że smak i zapach serów ciśnieniowanych po 6 i 8 tygodniach dojrzewania był bardziej intensywny.

Wnioski

1. We wszystkich badanych serach zawartość wody odpowiadała wartościom normatywnym.
2. Wysokociśnieniowa obróbka sera nieznacznie wpłynęła na kwasowość czynną serów (pH).
3. Zmiany zawartości badanych form związków azotowych tj. azotu rozpuszczalnego w środowisku o pH 4,6, niebiałkowego i aminokwasowego w serach poddanych obróbce wysokociśnieniowej oraz kontrolnych świadczyły o prawidłowym przebiegu procesu ich dojrzewania.
4. Okociśnieniowa obróbka sera w 50 MPa i 100 MPa spowodowała, w porównaniu z serem kontrolnym, wzrost zawartości azotu rozpuszczalnego w środowisku o pH

- 4,6 i niebiałkowego, co świadczy o przyspieszeniu procesu dojrzewania, jednak nie miała wpływu na zawartość azotu aminokwasowego.
5. Okociśnieniowa obróbka sera w 50 MPa zwiększała aktywność enzymów proteolitycznych w serze.
 6. Na intensywność proteolizy w serach miał wpływ stopień dojrzałości sera poddanego obróbce wysokociśnieniowej.
 7. Ocena sensoryczna potwierdziła wyższą jakość serów poddanych obróbce wysokociśnieniowej, w porównaniu z serami kontrolnymi, a cechą szczególnie wyróżniającą była bardziej elastyczna konsystencja.
 8. Potwierdzono, że obróbka wysokociśnieniowa sera może mieć praktyczne znaczenie w technologii serowarstwa.

Praca naukowa finansowana ze środków Komitetu Badań Naukowych w latach 2003-2006 jako projekt badawczy.

Literatura

- [1] Anson M.L.: The estimation of pepsin, trypsin, papain and cathepsin with hemoglobin. *J. Gen. Physiol.*, 1938, **22**, 79-81.
- [2] Johnston D.E., Darcy P.C.: The effect of high pressure treatment on immature mozzarella cheese. *Milchwissenschaft*, 2000, **55**, 617-620.
- [3] Kołakowski P., Rejs A., Babuchowski A.: Characteristics of pressurized ripened cheeses. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 1998, **3**, 473-482.
- [4] Messens W., Dewettinck K., van Camp J., Huyghebaert A.: High pressure brining of gouda cheese and its effect on the cheese serum. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 1998, **31**, 552-558.
- [5] Messens W., Estepar-Garcia J., Dewettinck K., Huyghebaert A.: Proteolysis of high pressure-treated gouda cheese. *Int. Dairy J.*, 1999, **9**, 775-782.
- [6] Messens W., Foubert I., Dewettinck K., Huyghebaert A.: Proteolysis of high-pressure-treated smear-ripened cheese. *Milchwissenschaft*, 2000, **55**, 328-332.
- [7] Messens W., van de Walle D., Arevalo J., Dewettinck K., Huyghebaert A.: Rheological properties of high-pressure-treated gouda cheese. *Int. Dairy J.*, 2000, **10**, 359-367.
- [8] Messens W., Foubert I., Dewettinck K., Huyghebaert A.: Proteolysis of a high-pressure-treated mould-ripened cheese. *Milchwissenschaft*, 2001, **56**, 201-203.
- [9] Official methods of analysis AOAC 15th edition. 1990.
- [10] O'Reilly C.E., O'Connor P.M., Murphy P.M., Kelly A.L., Beresford T.P.: The effect of exposure to pressure of 50 MPa on cheddar cheese ripening. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2000, **1**, 109-117.
- [11] Saldo J., Sendra E., Guamis B.: High hydrostatic pressure for accelerating ripening of goat's milk cheese: proteolysis and texture. *J. Food Sci.*, 2000, **4**, 636-639.
- [12] Saldo J., McSweeney P.L.H., Sendra A.L., Guamis B.: Proteolysis in caprine milk cheese treated by high pressure to accelerate cheese ripening. *Int. Dairy J.*, 2002, **12**, 35-44.
- [13] Schober R., Niclaus W., Christ W.: Anwendung der „Finger-Abdruck-Methode“ auf die kennzeichnung von käsesorten durch ihre proteolytischen inhaltsstoffe. *Milchwissenschaft*, 1961, **16**, 140-148.
- [14] Sendra E., Saldo J., Capellas M., Guamis B.: Decrease of free amino acids in high-pressure treated cheese. *High Pressure Res.*, 2000, **19**, 33-36.

- [15] Sode-Mogensen T.: Determination of the degree of proteolytic decomposition in cheese with special reference to the formal titration. Meddelande. 21, Fran. Stans Majesiforsh. Alnarp-Akarp, 1948.
- [16] Stadhouders I.: De eiwhydrolyse tijdens de kaasrijping. De enzymen die het eiwit in kaas hydrolyseren. Ned. Melk. Zuiveltijdschr., 1960, **142**, 82.
- [17] Westhoff D.C., Cowman R.A., Speck M.L.: Isolation and partial characterization of a particulate proteinase from a slow acid producing mutant of *Streptococcus lactis*. J. Dairy Sci., 1971, **54**, 1253-1258.
- [18] Yokoyama H., Sawamura N., Motobaya-shi N., USA Patent US005 180 59 6A, 1993.
- [19] Zbiór norm zakładowych – mleko i przetwory mleczarskie: Oficyna wydawnicza „Hoża” Warszawa, 1993.

EFFECT OF HIGH PRESSURES ON THE PROCESS OF HOLLAND TYPE CHEESE RIPENING

S u m m a r y

Samples of Edam cheese directly after salting and Edam cheese after 4, 6, 8 weeks of ripening were subjected to pressurization at a pressure of 50 MPa and 100 MPa for 30 min at temp 18 ± 2 °C. Both the pressurized and the control cheese samples were analysed directly after salting and after 4, 6, 8 weeks of ripening. Based on a chemical analysis, the ripening process was regular in pressurized and control cheeses. The pressurization had an effect on the acceleration of the cheese ripening process, which was exhibited by an increase in the content of the pH 4.6-soluble and non-protein nitrogen in comparison to the control cheese. The pressurization did not influence the amino acid nitrogen content. In comparison to the control cheese the process of pressurization of cheese at 50 MPa after salting caused an increase in the activity of proteolytic enzymes during the ripening period, while pressurization at 100 MPa decreased the activity of these enzymes. Based on a sensory analysis, the quality of pressurized cheese was highly evaluated. The pressurized cheeses had more flexible consistency than the control cheeses.

Key words: high pressure, Edam cheese, proteolysis, cheese ripening 