

WŁAŚCIWOŚCI REOLOGICZNE, TEKSTURA ORAZ BARWA RICOTT DOSTĘPNYCH NA POLSKIM RYNKU*

Krzysztof Siemianowski¹, Dorota Mickiewicz², Anna Lis¹, Elżbieta Tońska³

¹Katedra Mleczarstwa i Zarządzania Jakością, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski

²Katedra Inżynierii i Aparatury Procesowej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
ul. M. Oczapowskiego 7, 10-957 Olsztyn

³Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
pl. Cieszyński 1, 10-726 Olsztyn
e-mail: krzysztof.siemianowski@uwm.edu.pl

Streszczenie. Celem badań była analiza właściwości reologicznych, tekstury oraz barwy ricott dostępnych na polskim rynku. Materiał badawczy stanowiły ricotty niedojrzewające pochodzące od czterech producentów, zakupione w handlu detalicznym na terenie Olsztyna. W badanych ricottach oznaczono zawartość suchej masy, białka ogółem, tłuszczu, laktozy, popiołu oraz zmierzono kwasowość czynną. Do badań reologicznych wykorzystano reometr rotacyjny, a pomiary prowadzono przy rosnącej szybkości ścinania w zakresie od 0,2 do 50 s⁻¹. W badaniach tekstury prowadzonych przy użyciu teksturometru wyznaczono twardość, adhezyjność, spójność, sprężystość i gumiaistość ricott. Przy użyciu spektrofotometru mierzono parametry barwy L*, a*, b*, a następnie wyznaczono nasycenie barwy C*. Między analizowanymi ricottami stwierdzono istotne różnice w składzie chemicznym oraz kwasowości czynnej. Lepkość ricott spadała ze wzrostem szybkości ścinania. W przypadku ricott od dwóch producentów zaobserwowano wzrost naprężenia ścinającego przy większych szybkościach ścinania. Stwierdzono istotnie dodatnią korelację liniową pomiędzy zawartością suchej masy i zawartością tłuszczu w suchej masie a naprężeniem ścinającym i lepkością przy maksymalnej szybkości ścinania. Między badanymi ricottami występowały istotne różnice w twardości, adhezyjności i gumiaistości. Produkty o większej adhezyjności charakteryzowały się większym stosunkiem zawartości tłuszczu do białka. Badane ricotty wykazywały istotne różnice w parametrach barwy L*, a*, b* i C*. Stwierdzono istotnie ujemną korelację liniową pomiędzy zawartością białka w suchej masie a parametrami a*, b*, C*, oraz istotnie dodatnią korelację liniową pomiędzy zawartością tłuszczu w suchej masie a parametrem a*.

* 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.

Słowa kluczowe: produkt mleczny, skład chemiczny, reologia, tekstura, barwa

WSTĘP

Ricotta jest prawdopodobnie najstarszym i najbardziej znanym produktem mleczarskim otrzymywanym z serwatki (Pizzillo i in. 2005). Surowiec do produkcji ricotty może stanowić serwatka uzyskiwana przy produkcji serów z mleka krowiego, bawolego, owczego i koziego, ale również mieszanina serwatki i mleka i/lub śmietanki. Produkcja ricotty polega na ogrzewaniu i zakwaszeniu surowca, celem denaturacji i agregacji białka, separacji wytrąconego koagulatu, wychłodzeniu i pakowaniu (Mucchetti i in. 2002). Produkcja ricotty jest uzasadnionym ekonomicznie kierunkiem przetwórstwa serwatki (Modler i Emmons 2001, El-Sheikh i in. 2010). Ricotta zawiera białko serwatkowe, które przewyższa pod względem wartości biologicznej białko całego jaja kurzego, stanowi bogate źródło wszystkich aminokwasów egzogennych oraz wykazuje liczne prozdrowotne właściwości, m.in. działanie antynowotworowe i immunomodulacyjne (Smithers 2008). W handlu ricotta dostępna jest głównie w postaci świeżej (niedojrzewającej), ale również jako produkt solony lub wędzony. Ricotta świeża charakteryzuje się lekko słodkim smakiem, mlecznym, śmietankowym zapachem oraz ziarnistą strukturą (Mucchetti i in. 2002). Ze względu na znaczną zawartość wody ricotta świeża ma stosunkowo małą wartość energetyczną (Kolanowski 2005). Kulinarne wykorzystanie ricotty obejmuje przygotowywanie deserów, ciast, potraw z makaronów, farszów do naleśników i pierożków, past do smarowania pieczywa (Pintado i in. 2001, Kolanowski 2005).

Pomimo stosunkowo dużej popularności ricotty, literatura dotycząca właściwości fizycznych tego produktu mlecznego jest nieliczna. W związku z tym, celem podjętych badań była analiza właściwości reologicznych, tekstury oraz barwy ricott dostępnych na polskim rynku.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły ricotty niedojrzewające zakupione w handlu detalicznym na terenie Olsztyna. Ricotty pochodziły od czterech różnych producentów i zostały wyprodukowane we Włoszech. Analizom poddawano, odpowiednio dla każdego z producentów, produkty pochodzące z tej samej partii produkcyjnej. W celu zachowania poufności nazw producentów badanych ricott w doświadczeniu zakodowano je symbolami literowymi (A, B, C, D). Skład surowcowy badanych ricott zestawiono w tabeli 1.

W badanych ricottach oznaczono zawartość: suchej masy metodą suszenia w temp. 102°C (PN-EN ISO 5534:2005), białka ogółem metodą makro (PN-EN

ISO 8968-2:2004), tłuszczu metodą butyrometryczną (PN-A-86232:1973), laktozy metodą Bertranda (PN-A-86232:1973), popiołu całkowitego metodą spalania w piecu komorowym w temp. 550°C (Krełowska-Kułas 1993) oraz zmierzono kwasowość czynną (PN-A-86232:1973).

Tabela 1. Skład surowcowy badanych ricott według informacji podanych na opakowaniach produktów
Table 1. Composition of the analyzed ricotta based on label data

Ricotta	Skład surowcowy / Composition
Producent A Manufacturer A	serwatka z mleka, śmietanka, regulator kwasowości: kwas cytrynowy milk whey, centrifugation cream, acidity corrector: citric acid
Producent B Manufacturer B	serwatka (z mleka), mleko, sól, regulator kwasowości: kwas cytrynowy whey (from milk), milk, salt, acidity corrector: citric acid
Producent C Manufacturer C	pasteryzowana serwatka (z mleka), śmietanka i/lub śmietanka serwatkowa (z mleka), sól, regulatory kwasowości: kwas mlekowy, kwas cytrynowy pasteurized whey (milk), milk cream and/or whey cream (milk), salt, acidity correctors: lactic acid, citric acid
Producent D Manufacturer D	serwatka pasteryzowanego mleka krowiego, śmietanka, sól, regulator kwasowości: kwas mlekowy whey from pasteurized cow's milk, cream, salt, acidity corrector: lactic acid

Pomiary właściwości reologicznych ricott prowadzono przy użyciu reometru rotacyjnego RheolabQC (Anton Paar, Austria). Próbki umieszczano w elemencie pomiarowym reometru, który stanowił układ współosiowych cylindrów (typ CC27-SN19257, średnica wewnętrzna 26,657 mm, szerokości szczeliny 2,263 mm, długości szczeliny 40 mm). Pomiarów dokonywano przy rosnącej szybkości ścinania w zakresie od 0,2 do 50 s⁻¹, w temperaturze 23±1°C. Wyniki pomiarów były rejestrowane przez program Rheoplus. Na podstawie uzyskanych pomiarów wyznaczono krzywe lepkości oraz krzywe płynięcia.

Pomiary tekstury wykonywano teksturometrem TEXTURE ANALYSER TA.XT plus (Stable Micro Systems, Wielka Brytania). Próbki ricott o temperaturze 20±1°C badano, stosując próbnik cylindryczny o średnicy 25 mm (P/25), który dwukrotnie zagłębiał się z prędkością przesuwu 1 mm·s⁻¹ na głębokość 20 mm, z fazą relaksacji między zagłębieniami trwającą 30 s. Wyniki pomiarów były rejestrowane i analizowane przez program Texture Exponent 32. Na podstawie uzyskanych krzywych pomiarowych określono następujące cechy tekstury: twardość, adhezyjność, spójność, sprężystość i gumiałość.

Barwę ricott mierzono wykorzystując spektrofotometr CM-3500d (Konica Minolta, Japonia). Pomiary prowadzono, stosując system barw CIE L*a*b*, iluminant D₆₅, obserwator 10°, geometrię pomiaru d/8 oraz otwór pomiarowy 8 mm. Pomiary realizowano po uprzedniej kalibracji aparatu na wzorcu bieli (L* = 96,79, a* = -0,08, b* = -0,16) oraz wzorcu czerni (L* = 0,02, a* = -0,03, b* = -0,01). Wyniki pomiarów były rejestrowane i analizowane przez program

CM-S100w SpectraMagic™ NX. Określono parametry barwy L*, a* oraz b*. Nasycenie barwy (C*) obliczono według równania (Pathare i in. 2013):

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (1)$$

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie przy użyciu programu Statistica 12 (StatSoft, Polska). Obliczono wartości średnie, odchylenia standardowe oraz korelację liniową. Wyniki poddano jednoczynnikowej analizie wariancji (ANOVA). Istotność różnic badano przy $p = 0,05$, wykorzystując test Tukeya (HSD).

WYNIKI I DYSKUSJA

Skład chemiczny oraz kwasowość czynną analizowanych ricott zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Skład chemiczny oraz kwasowość czynna badanych ricott
Table 2. Chemical composition and active acidity of the analyzed ricotta

Ricotta	Sucha masa Dry matter (%)	Białko ogółem Total protein (% s.m, d.m)	Tłuszcz Fat (% s.m, d.m.)	Laktoza Lactose (% s.m, d.m.)	Popiół Ash (% s.m, d.m.)	Kwasowość czynna Active acidity (pH)
Producent A	30,78 ^d	28,80 ^b	43,05 ^b	18,51 ^d	4,52 ^b	6,01 ^c
Manufacturer A	± 0,03	± 0,27	± 0,94	± 0,03	± 0,03	± 0,01
Producent B	20,00 ^b	39,78 ^c	35,62 ^a	16,30 ^b	6,69 ^c	6,00 ^c
Manufacturer B	± 0,06	± 0,43	± 1,25	± 0,12	± 0,05	± 0,01
Producent C	27,08 ^c	27,76 ^a	42,01 ^b	17,56 ^c	6,92 ^d	5,92 ^b
Manufacturer C	± 0,06	± 0,19	± 0,92	± 0,10	± 0,09	± 0,01
Producent D	19,17 ^a	46,82 ^d	33,92 ^a	13,14 ^a	2,60 ^a	5,88 ^a
Manufacturer D	± 0,06	± 0,48	± 0,00	± 0,08	± 0,05	± 0,01

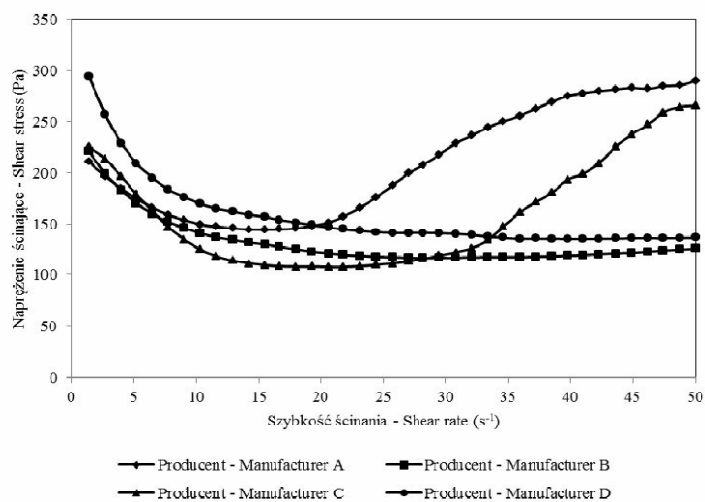
wartość średnia ± odchylenie standardowe (n = 4); wartości średnie oznaczone w tej samej kolumnie inną literą różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean value ± standard deviation (n = 4); mean values designated by different letters and placed in the same column differ statistically significantly ($p < 0.05$)

Między badanymi ricottami od poszczególnych producentów stwierdzono istotne ($p < 0,05$) różnice w zawartości suchej masy oraz pod względem udziału białka ogółem, laktozy i popiołu w suchej masie. Analizowane ricotty zawierały średnio od 19,17 do 30,78% suchej masy, od 27,76 do 46,82% białka ogółem w suchej masie, od 13,14 do 18,51% laktozy w suchej masie oraz od 2,60 do 6,92% popiołu w suchej masie. Najmniejsza spośród badanych produktów zawartość laktozy oraz popiołu w suchej masie w przypadku ricotty od producenta D może wskazywać na wykorzystanie do jej produkcji surowca poddanego ultrafiltracji (Jayaprakasha i Yoon 2005). Zawartość tłuszczu w suchej masie badanych ricott kształtowała się średnio od 33,92

do 43,05%, przy czym ricotty od producentów A i C wykazywały istotnie ($p < 0,05$) większy udział tłuszczu w suchej masie w porównaniu z ricottami od producentów B i D. Zawartość tłuszczu w suchej masie analizowanych produktów wrosła wraz ze wzrostem zawartości suchej masy w ich składzie. Jasińska i Skryplonek (2015) sugerują, że w ricocie zawartość tłuszczu jest powiązana z zawartością wody i wzrasta ze spadkiem jej zawartości. Wartość pH badanych ricott wynosiła średnio od 5,88 do 6,01. Ricotty od producentów A i B nie różniły się istotnie ($p > 0,05$) pod względem kwasowości czynnej, przy czym była ona istotnie ($p < 0,05$) mniejsza w porównaniu z ricottami od producentów C i D. Dość znaczne zróżnicowanie składu chemicznego i pH ricott dostępnych w handlu detalicznym na rynku brazylijskim wykazano w badaniach Esper i in. (2007), w których produkty piętnastu różnych marek zawierały średnio od 22,92 do 37,78% suchej masy, od 25,21 do 50,53% białka ogółem w suchej masie, od 25,70 do 69,54% tłuszczu w suchej masie, od 1,32 do 13,53% popiołu w suchej masie oraz wykazywały pH z przedziału od 4,95 do 6,26.

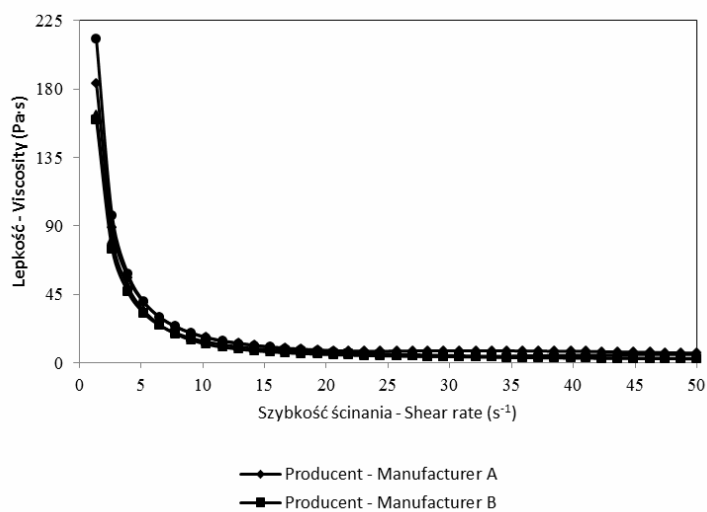
Właściwości reologiczne analizowanych ricott charakteryzują krzywe płynięcia oraz krzywe lepkości, przedstawione odpowiednio na rysunkach 1 i 2. Położenie oraz przebieg wymienionych krzywych wskazują na występowanie różnic we właściwościach reologicznych badanych ricott. Zaobserwowano, że naprężenie ścinające oraz lepkość ricott od producentów B i D spadały wraz ze wzrostem szybkości ścinania. W przypadku ricott od producentów A i C spadek naprężenia ścinającego i lepkości towarzyszył wzrostowi szybkości ścinania do wartości odpowiednio ok. 17 i 22 s^{-1} , natomiast po przekroczeniu tych wartości szybkości ścinania obserwowano wzrost naprężenia ścinającego i dalszy spadek lepkości. Geng i in. (2008) zaobserwowali wzrost naprężenia ścinającego oraz spadek lepkości przy wzrastającej szybkości ścinania w przypadku śmietankowego serka twarogowego. Przy maksymalnej zadanej szybkości ścinania największe średnie wartości naprężenia ścinającego oraz lepkości wykazywała ricotta od producenta A (odpowiednio 290,00 Pa oraz 6,30 Pa·s), natomiast najmniejsze ricotta od producenta B (odpowiednio 125,53 Pa oraz 2,51 Pa·s). Sheikh i in. (2010) wykazali, że zastosowanie dodatku odtłuszczonego proszku mlecznego w produkcji ricotty z koncentratu białek serwatkowych zwiększa lepkość produktu.

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono związek pomiędzy składem chemicznym a właściwościami reologicznymi analizowanych ricott. Wykazano istotnie ($p < 0,05$) dodatnią korelację liniową pomiędzy zawartością suchej masy i zawartością tłuszczu w suchej masie a naprężeniem ścinającym (odpowiednio $r = 0,98$ oraz $0,98$) i lepkością (odpowiednio $r = 0,99$ oraz $0,97$) mierzonymi przy szybkości ścinania 50 s^{-1} .



Rys. 1. Krzywe płynięcia badanych ricott (n = 8)

Fig. 1. Flow curves of the analyzed ricotta (n = 8)



Rys. 2. Krzywe lepkości badanych ricott (n = 8)

Fig. 2. Viscosity curves of the analyzed ricotta (n = 8)

Parametry tekstury analizowanych ricott zestawiono w tabeli 3. Stwierdzono, że ricotta od producenta D w porównaniu z ricottami od producentów A, B i C charakteryzowała się istotnie ($p < 0,05$) większą twardością (4,58 wobec 2,73-3,09 N), gumiaistością (1,98 wobec 1,19-1,42 N) oraz mniejszą adhezyjnością (-9,60 wobec

od $-15,09$ do $-16,72$ N·s). Między badanymi ricottami nie występowały istotne ($p > 0,05$) różnice pod względem spójności ($0,41$ - $0,46$) i sprężystości ($0,73$ - $0,81$). Porównywalnym zakresem wartości twardości ($2,32$ - $5,68$ N) charakteryzowały się w dniu nabycia ricotty pochodzące od czterech różnych producentów zakupione na rynku polskim w badaniach Jasińskiej i Skryplonek (2015), przy czym w pracy tej wykazano istotne różnice pod względem tego parametru między analizowanymi produktami. Pizzillo i in (2005) mniejszą adhezyjność ricotty uzyskanej z serwatki z mleka kóz lokalnej rasy wiązą z większym średnim stosunkiem zawartości tłuszczu do białka w produkcji. Nie potwierdzają tego wyniki naszych badań, gdyż ricotty od producentów A, B i C wykazujące większą adhezyjność charakteryzowały się stosunkiem zawartości tłuszczu do białka wynoszącym od $0,90$ do $1,51$, natomiast ricotta od producenta D wykazująca mniejszą adhezyjność miała stosunek tłuszczu do białka wynoszący $0,72$. Wyraźnie większa gumistość ricotty od producenta D w porównaniu z ricottami od producentów A, B i C wynikała z większej twardości tego produktu, gdyż wszystkie badane ricotty miały zbliżoną spójność. Według Borba i in. (2014) dodatek mleka odtłuszczonego zmniejsza zawartość tłuszczu w suchej masie, co sprzyja zwiększeniu twardości, gumistości i elastyczności produktu, natomiast dodatek mleka pełnego, zwiększając zawartość tłuszczu w suchej masie, korzystnie wpływa na teksturę ricotty.

Tabela 3. Parametry tekstury badanych Ricott
Table 3. Texture parameters of the analyzed ricotta

Ricotta	Twardość Hardness (N)	Adhezyjność Adhesiveness (N·s)	Spójność Cohesiveness	Sprężystość Springiness	Gumistość Gumminess (N)
Producent A	$3,09^b$	$-15,09^b$	$0,46^a$	$0,81^a$	$1,42^a$
Manufacturer A	$\pm 0,14$	$\pm 1,13$	$\pm 0,02$	$\pm 0,07$	$\pm 0,10$
Producent B	$2,98^{ab}$	$-16,49^b$	$0,41^a$	$0,74^a$	$1,23^a$
Manufacturer B	$\pm 0,14$	$\pm 3,39$	$\pm 0,04$	$\pm 0,04$	$\pm 0,16$
Producent C	$2,73^a$	$-16,72^b$	$0,43^a$	$0,73^a$	$1,19^a$
Manufacturer C	$\pm 0,05$	$\pm 1,63$	$\pm 0,01$	$\pm 0,02$	$\pm 0,03$
Producent D	$4,58^c$	$-9,60^a$	$0,43^a$	$0,76^a$	$1,98^b$
Manufacturer D	$\pm 0,19$	$\pm 0,83$	$\pm 0,03$	$\pm 0,04$	$\pm 0,17$

wartość średnia \pm odchylenie standardowe ($n = 4$); wartości średnie oznaczone w tej samej kolumnie inną literą różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean value \pm standard deviation ($n = 4$); mean values designated by different letters and placed in the same column differ statistically significantly ($p < 0,05$)

Parametry barwy analizowanych ricott w przeprowadzonym doświadczeniu zestawiono w tabeli 4. Ricotty od producentów A i C wykazywały, w porównaniu do ricott od producentów B i D, istotnie ($p < 0,05$) większe wartości parametru L^* określającego jasność. Wartości średnie parametru L^* wynosiły w przypadku ricott

od producentów A i C odpowiednio 85,59 i 85,77, natomiast dla ricott od producentów B i D odpowiednio 84,16 i 84,57. Między badanymi ricottami stwierdzono istotne ($p < 0,05$) różnice w wartościach parametru a^* , określającego udział barwy zielonej (wartości ujemne) lub czerwonej (wartości dodatnie), oraz parametru b^* , charakteryzującego udział barwy niebieskiej (wartości ujemne) lub żółtej (wartości dodatnie). W przypadku wszystkich badanych ricott parametr a^* przyjmował wartości ujemne z zakresu od $-1,12$ do $-0,65$, natomiast parametr b^* wartości dodatnie z przedziału od $6,54$ do $8,24$. Badane ricotty różniły się istotnie ($p < 0,05$) w nasyceniu barwy, a średnie wartości parametru C^* wynosiły od $6,63$ dla ricotty od producenta D do $8,27$ dla ricotty od producenta C. Analogicznie jak w naszych badaniach, a więc ujemnymi wartościami parametru a^* i dodatnimi wartościami parametru b^* charakteryzowała się ricotta uzyskana z mieszaniny serwatki z mleka koziego i krowiego oraz pełnego mleka koziego i krowiego w pracy Borba i in. (2014). W badaniach Pizzillo i in. (2005) ricotty uzyskane z serwatki z mleka koziego wykazywały dodatnie wartości parametrów barwy a^* i b^* .

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono zależność pomiędzy składem chemicznym a parametrami barwy analizowanych ricott. Wykazano istotnie ($p < 0,05$) ujemną korelację liniową pomiędzy zawartością białka w suchej masie a parametrami a^* ($r = -0,98$), b^* ($r = -0,99$) i C^* ($r = -0,99$), oraz istotnie dodatnią korelację liniową pomiędzy zawartością tłuszczu w suchej masie a parametrem a^* ($r = 0,96$).

Tabela 4. Parametry barwy badanych Ricott

Table 4. Colour parameters of the analyzed ricotta

Ricotta	L*	a*	b*	C*
Producent A	85,59 ^c	-0,75 ^c	7,93 ^c	7,96 ^c
Manufacturer A	±0,17	±0,02	±0,08	±0,08
Producent B	84,16 ^a	-1,03 ^b	7,19 ^b	7,26 ^b
Manufacturer B	±0,22	±0,04	±0,05	±0,05
Producent C	85,77 ^c	-0,65 ^d	8,24 ^d	8,27 ^d
Manufacturer C	±0,20	±0,03	±0,05	±0,05
Producent D	84,57 ^b	-1,12 ^a	6,54 ^a	6,63 ^a
Manufacturer D	±0,15	±0,04	±0,07	±0,07

wartość średnia ± odchylenie standardowe ($n = 9$); wartości średnie oznaczone w tej samej kolumnie inną literą różnią się statystycznie istotnie ($p < 0,05$) / mean value ± standard deviation ($n = 9$); mean values designated by different letters and placed in the same column differ statistically significantly ($p < 0.05$)

WNIOSKI

1. Badane ricotty wykazywały istotne różnice w zawartości suchej masy, białka ogółem w suchej masie, tłuszczu w suchej masie, laktozy w suchej masie, popiołu w suchej masie oraz kwasowości czynnej.

2. Lepkość ricott spadała ze wzrostem szybkości ścinania. W przypadku dwóch produktów zaobserwowano wzrost naprężenia ścinającego przy większej szybkości ścinania. Stwierdzono istotnie dodatnią korelację liniową pomiędzy zawartością suchej masy i zawartością tłuszczu w suchej masie a naprężeniem ścinającym i lepkością ricott przy szybkości ścinania 50 s^{-1} .

3. Między badanymi ricottami występowały istotne różnice w twardości, adhezyjności i gumniastości, natomiast nie stwierdzono różnic w spójności i sprężystości. Produkty wykazujące większą adhezyjność charakteryzowały się większym stosunkiem zawartości tłuszczu do białka.

4. Badane ricotty wykazywały istotne różnice pod względem parametrów barwy L^* , a^* , b^* i C^* . Stwierdzono istotnie ujemną korelację liniową pomiędzy zawartością białka w suchej masie a parametrami a^* , b^* , C^* , oraz istotnie dodatnią korelację liniową pomiędzy zawartością tłuszczu w suchej masie a parametrem a^* .

PIŚMIENNICTWO

- Borba K.K.S., Silva F.A., Madruga M.S., Queiroga R.C.R.E., Souza E.L., Magnani M., 2014. The effect of storage on nutritional, textural and sensory characteristics of creamy ricotta made from whey as well as cow's milk and goat's milk. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 49(5), 1279-1286.
- El-Sheikh M., Farrag A., Zaghoul A., 2010. Ricotta cheese from whey protein concentrate. *J. Am. Sci.*, 6(8), 321-325.
- Esper L.M.R., Bonets P.A., Kuaye A.Y., 2007. Avaliação das características físico-químicas de ricotas comercializadas no município de Campinas-SP e da conformidade das informações nutricionais declaradas nos rótulos. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, 66(3), 299-304.
- Geng X., Ipsen R., Liot F., 2008. Rheological properties of cold and hot filled model cream cheese. *Ann. Trans. Nordic Rheol. Soc.*, 16, 217-223.
- Jasińska M., Skryplonek K., 2015. Charakterystyka wybranych cech jakościowych serów ricotta w czasie chłodniczego przechowywania. *TPJ*, 2(43), 80-91.
- Jayaprakasha H.M., Yoon Y.C., 2005. Production of functional whey protein concentrate by monitoring the process of ultrafiltration. *Asian Australas. J. Anim. Sci.*, 18(3), 433-438.
- Kolanowski W., 2005. Serwujemy sery. *Przegl. Gastronom.*, 4, 10.
- Królowska-Kułas M., 1993. Badanie jakości produktów spożywczych. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Modler H.W., Emmons D.B., 2001. The use of continuous ricotta processing to reduce ingredient cost in 'further processed' cheese products. *Int. Dairy J.*, 11(4-7), 517-523.
- Mucchetti G., Carminati D., Pirisi A., 2002. Ricotta fresca vaccina ed ovina: osservazioni sulle tecniche di produzione e sul prodotto. *Latte*, 27(2), 154-166.

- Pathare P.B., Opara U.L., Al-Said F.A., 2013. Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review. *Food Bioprocess Technol.*, 6(1), 36-60.
- Pintado M.E., Macedo A.C., Malcata F.X., 2001. Review: technology, chemistry and microbiology of whey cheeses. *Food Sci. Tech. Int.*, 7(2), 105-116.
- Pizzillo M., Claps S., Cifuni G.F., Fedele V., Rubino R., 2005. Effect of goat breed on the sensory, chemical and nutritional characteristics of ricotta cheese. *Livest. Prod. Sci.*, 94(1-2), 33-40.
- 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 8968-2:2004. Mleko. Oznaczanie zawartości azotu. Część 2: Metoda z zastosowaniem bloku do mineralizacji. Metoda makro.
- Smithers G.W., 2008. Whey and whey proteins – From ‘gutter-to-gold’. *Int. Dairy J.*, 18(7), 695-704.

RHEOLOGICAL PROPERTIES, TEXTURE AND COLOR OF RICOTTA AVAILABLE ON THE POLISH MARKET

Krzysztof Siemianowski¹, Dorota Mickiewicz², Anna Lis¹, Elżbieta Tońska³

¹Department of Dairy Science and Quality Management, University of Warmia and Mazury

²Department of Process Engineering and Equipment, University of Warmia and Mazury
M. Oczapowskiego 7 street, 10-957 Olsztyn, Poland

³Department of Commodity Science and Food Analysis, University of Warmia and Mazury
Cieszyński Square 1, 10-726 Olsztyn, Poland
e-mail: krzysztof.siemianowski@uwm.edu.pl

Abstract. The aim of this study was to analyze the rheological properties, texture and color of ricotta available on the Polish market. The experiment was performed on fresh (unripened) ricotta supplied by four manufacturers, purchased in retail in the city of Olsztyn, Poland. Ricotta samples were analyzed to determine their content of dry matter, total protein, fat, lactose and ash. Active acidity was also measured. The rheological properties of ricotta were determined with the use of a rotary rheometer. Measurements were carried out at increasing shear rates, from 0.2 to 50 s⁻¹. Texture, including hardness, adhesiveness, cohesiveness, springiness and gumminess, was evaluated with a texture analyzer. Color parameters L*, a*, b* were measured with a spectrophotometer, and chroma (C*) was determined. The evaluated ricotta products were characterized by significant differences in chemical composition and active acidity. Their viscosity decreased with increasing shear rates. In ricotta from two manufacturers, shear stress increased at higher shear rates. A significant positive linear correlation was found between dry matter content and fat in dry matter content vs. shear stress and viscosity at the maximum shear rate. Significant differences in hardness, adhesiveness and gumminess were noted between the analyzed ricotta samples. The products characterized by higher adhesiveness had a higher protein to fat ratio. Significant differences were also observed between the analyzed products with regard to the values of color parameters L*, a*, b* and C*. A significant negative linear correlation was found between protein in dry matter content vs. color parameters a*, b* and C*, whereas a significant positive linear correlation was noted between fat in dry matter content and parameter a*.

Keywords: dairy product, chemical composition, rheology, texture, colour