

BARTOSZ SOŁOWIEJ, AGNIESZKA DYLEWSKA,  
MARTA TOMCZYŃSKA-MLEKO, STANISŁAW MLEKO

## WPLYW SKROBI MODYFIKOWANYCH NA TEKSTURĘ I TOPLIWOŚĆ ANALOGÓW SERÓW TOPIONYCH

### Streszczenie

Celem pracy było wyprodukowanie analogów serów topionych, w których kazeinę kwasową częściowo zastąpiono modyfikowaną skrobią z kukurydzy woskowej (CH20) lub skrobią modyfikowaną z tapioki (V60T i VA85T) oraz określenie tekstury i topliwości otrzymanych produktów. Teksturę analogów serów topionych oznaczono za pomocą analizatora tekstury TA-XT2i. Przy użyciu próbnika cylindrycznego o średnicy 15 mm wykonano profilową analizę tekstury (TPA), w której zmierzono przylegalność, spójność i sprężystość analogów serowych. Natomiast w teście przebijania analogów serów topionych zastosowano próbnik cylindryczny o średnicy 10 mm. Pomiary lepkości analogów wykonano za pomocą reometru rotacyjnego Brookfield DV II+ przy użyciu przystawki Helipath (F). Topliwość określono zmodyfikowanym testem Schreibera.

Zastosowanie skrobi modyfikowanych wpłynęło na teksturę i topliwość analogów serów topionych. Zwiększenie dodatku skrobi powodowało zwiększenie twardości oraz zmniejszenie topliwości w porównaniu z próbkami kontrolnymi. Nie zaobserwowano istotnych różnic w spójności i sprężystości pomiędzy próbkami kontrolnymi a próbkami zawierającymi modyfikowaną skrobię z kukurydzy woskowej CH20 oraz próbkami z dodatkiem skrobi modyfikowanych z tapioki (z wyjątkiem analogu z 5-procentowym dodatkiem skrobi modyfikowanej z tapioki VA85T). Zdecydowanie największą lepkością spośród wszystkich analogów charakteryzowały się próbki otrzymane z dodatkiem modyfikowanej skrobi z kukurydzy woskowej CH20, a w szczególności analogi z 3- i 4-procentową zawartością tej skrobi. Lepkość próbek z dodatkiem skrobi z tapioki VA85T zmniejszała się w miarę zwiększania w nich zawartości skrobi.

**Słowa kluczowe:** analog sera topionego, kazeina kwasowa, skrobia modyfikowana, tekstura, topliwość

### Wprowadzenie

Zwiększone spożycie produktów przetworzonych, w tym serów topionych, związane jest przede wszystkim ze zmianą nawyków żywieniowych konsumentów (m.in.

---

*Dr inż. B. Sołowiej, mgr inż. A. Dylewska, prof. dr hab. S. Mleko, Katedra Biotechnologii, Żywności Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, Wydz. Nauk o Żywności i Biotechnologii, ul. Skromna 8, dr M. Tomczyńska-Mleko, Instytut Genetyki, Hodowli i Biotechnologii Roślin, ul. Akademicka 15, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-950 Lublin.*

*Kontakt: bartosz.solowiej@up.lublin.pl*

z popularnością żywności typu „fast food”). Ponadto, sery topione są bardziej akceptowane przez młodych konsumentów ze względu na ich łagodniejszy smak w porównaniu z tradycyjnymi serami dojrzewającymi. W związku z różnorodnością zastosowań oraz możliwością modyfikacji właściwości funkcjonalnych sery topione należą do produktów mleczarskich o szerokim zastosowaniu [7, 28]. Preferencjom i zapotrzebowaniu konsumentów odpowiadają także analogi serowe [17]. Produkcja analogów serowych polega na zastąpieniu naturalnych serów preparatami białkowymi oraz tłuszczami pochodzącymi z mleka i z innych źródeł, zachowując przy tym smak produktu oryginalnego. Zmieniając skład i parametry procesu produkcyjnego można otrzymać produkt atrakcyjny pod względem konsumenckim, o pożądanej teksturze i cechach sensorycznych. Źródła białka stosowane w produkcji analogów serów topionych stanowią głównie kazeiniany, kazeina podpuszczkowa oraz kwasowa, a także preparaty białek serwatkowych [9, 12, 21, 22, 23, 24, 26, 27, 29]. Kazeina, poza kształtowaniem odpowiedniej struktury i konsystencji produktów, jest źródłem aminokwasów egzogennych i kwasu glutaminowego [16]. Tłuszcz mlekowy jest natomiast źródłem bioaktywnych składników, które intensyfikują metabolizm cholesterolu (kwas oleinowy n-9, WNKT n-6 i n-3 oraz fosfolipidy) i jednocześnie hamują syntezę cholesterolu endogennego w wątrobie człowieka [4]. Wyższe nienasycone kwasy tłuszczowe i kwas masłowy to najcenniejsze kwasy tłuszczowe w mleku o właściwościach prozdrowotnych [11]. Skrobia z kolei, jako szeroko dostępny składnik pożywienia człowieka, ma zastosowanie jako zagęstnik, środek stabilizujący i teksturotwórczy w przemyśle spożywczym. Otrzymywana jest głównie z kukurydzy, tapioki, ziemniaków, pszenicy i ryżu [8]. Skrobia jest poddawana różnorodnym modyfikacjom w celu polepszenia jej właściwości reologicznych [19] i w konsekwencji zyskuje nowe właściwości fizykochemiczne oraz funkcjonalne, jakich natywne skrobie nie mają [20].

Celem pracy było wyprodukowanie analogów serów topionych, w których kazeinę kwasową częściowo zastąpiono modyfikowaną skrobią z kukurydzy woskowej CH20 i skrobią modyfikowaną z tapioki oraz określenie tekstury i topliwości otrzymanych produktów.

### **Material i metody badań**

W badaniach zastosowano:

- kazeinę kwasową (KK) (83,41 %), (ZPK, Murowana Goślina),
- skrobię modyfikowaną z kukurydzy odmiany woskowej Pregeflo CH20 (E-1422 – acetylowany adypinian diskrobiowy) (Roquette, Lestrem, Francja),
- skrobię modyfikowaną z tapioki – Farinex V60T (E-1442 – hydroksypropylofosforan diskrobiowy o dużej lepkości) (Avebe, Veendam, Holandia),
- skrobię modyfikowaną z tapioki – Farinex VA85T (E-1442 – hydroksypropylofosforan diskrobiowy o małej lepkości) (Avebe, Veendam, Holandia),

- bezwodny tłuszcz mleczny (BTM) (SM Mlekovita, Wysokie Mazowieckie),
- bezwodny kwaśny fosforan dwusodowy (topnik), kwas cytrynowy (P.P.H. POCH, Gliwice).

Zawartość białka w preparacie kazeiny kwasowej oznaczano metodą Kjeldahla [1].

#### *Proces produkcji analogu sera topionego*

Sporządzano zawiesiny skrobi modyfikowanych (CH20, V60T i VA85T) o 3-, 4- i 5-procentowej zawartości w wodzie destylowanej, przy użyciu mieszadła magnetycznego Heidolph MR 3002S (Schwabach, Niemcy). Następnie dodawano bezwodny tłuszcz mleczny (30 %) roztopiony w temp. 45 °C i kazeinę (10 % – stała ilość w każdego rodzaju wytwarzanym analogu sera). Mieszaninę umieszczano w pojemniku homogenizatora H 500 (Pol-Eko Aparatura, Wodzisław Śląski). Mieszano przez 2 min przy 10000 obr./min. Następnie dodawano roztwór bezwodnego kwaśnego fosforanu dwusodowego jako topnika (2 %), ustalano pH na poziomie 6,2 za pomocą kwasu cytrynowego przy użyciu pH-metru CP-315 (Elmetron, Zabrze) i zanurzano w łaźni wodnej o temp. 80 °C. Całość homogenizowano przez 10 min przy 10000 obr./min. Gotowe analogi sera topionego wylewano do zlewek o pojemności 50 ml w ilości 40 ml oraz na płytki Petriego na wysokość 4,8 mm. Produkt pozostawiano do ostygnięcia w temp. 20 ± 2 °C przez 30 min, a następnie przechowywano przez 24 h w temp. 5 °C. Po tym czasie próbki wyjmowano z chłodziarki na 1 h przed pomiarem, w celu doprowadzenia analogu sera do temp. 20 °C. Z uwagi na konsystencję próbek pomiarów tekstury dokonywano w zlewkach. W analogiczny sposób przygotowano próbki kontrolne (wzorcowe) z samej 13-, 14- i 15-procentowej kazeiny kwasowej.

#### *Test przebijania (puncture test)*

Pomiarów dokonywano za pomocą teksturometru TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Wielka Brytania). Otrzymane próbki (kształt cylindryczny, wymiary 40×40 mm) badano za pomocą próbnika cylindrycznego o Ø 10 mm, przy prędkości przesuwu głowicy 1 mm·s<sup>-1</sup> (okres przerw pomiędzy ruchami próbnika – 5 s), w temp. 20 °C. Uzyskane wyniki (z 3 pomiarów dla każdego z 3 powtórzeń) rejestrowano komputerowo w programie Texture Expert version 1.22. W punktowym badaniu tekstury określano siłę potrzebną do zagłębienia próbnika w próbkę analogu sera na 20 mm.

#### *Profilowa analiza tekstury (TPA)*

Pomiarów dokonywano za pomocą teksturometru TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Wielka Brytania). Otrzymane próbki (kształt cylindryczny, wymiary 40×40 mm) badano za pomocą próbnika cylindrycznego o Ø 15 mm, przy prędkości

przesuwu głowicy  $\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$  (stopień zanurzenia próbnika – 20 mm, okres przerw pomiędzy ruchami próbnika – 5 s), w temp. 20 °C. Uzyskane wyniki (z 3 pomiarów dla każdego z 6 powtórzeń) rejestrowano komputerowo w programie Texture Expert version 1.22. W profilowej analizie tekstury (TPA) określano przylegalność, spójność i sprężystość analogów serów topionych.

#### *Reometria rotacyjna*

Lepkość analogów serów topionych mierzono za pomocą reometru rotacyjnego Brookfield DV II+ (Stoughton, MA, USA) przy użyciu przystawki Helipath (F). Podczas pomiaru wrzeczono było zanurzane w badanej próbce. Próbki analogu sera badano w stałej temp. 20 °C, przy stałej prędkości wrzeczona  $V = 0,5 \text{ obr./min}$ . Wyniki (z 3 pomiarów dla każdego z 3 powtórzeń) rejestrowano komputerowo w programie Win Gather V 1,0.

#### *Pomiar topliwości (zmodyfikowany test Schreibera)*

Metoda polega na roztopieniu próbki analogu sera topionego w postaci krążka o średnicy 41 mm i wysokości 4,8 mm na płytce Petriego w kuchence mikrofalowej o mocy 300 W, poprzez 30-sekundowe ogrzewanie. Roztopioną próbkę przykładano do wzorca, zliczano punkty w 6 miejscach (A-F) oznaczonych na teście Schreibera, sumowano je i dzieląc przez 6 otrzymywano średnią topliwość [12]. Wykonano 3 pomiary dla każdego z 3 powtórzeń. Zakres skali testu Schreibera wynosi od 0 do 10 jednostek. Wynik powyżej 4 oznacza dobrą topliwość, natomiast poniżej 4 – nieodpowiednią.

#### *Analiza statystyczna*

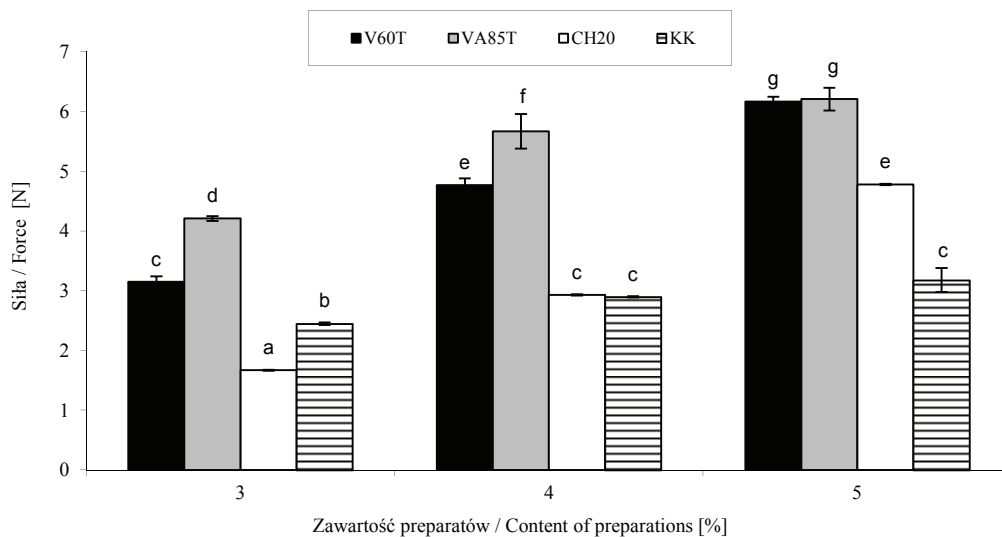
Otrzymane wyniki poddawano analizie statystycznej przy użyciu programu Statistica 10.0 PL (StatSoft Polska Sp z o. o., Kraków). W celu określenia wpływu rodzaju skrobi modyfikowanej i jej ilości na cechy tekstury i topliwość analogów serów topionych zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji (ANOVA) oraz test post-hoc Tukeya na poziomie istotności  $p < 0,05$ .

### **Wyniki i dyskusja**

Pierwszy etap badań miał na celu określenie cech tekstury analogów serów topionych za pomocą testu przebijania (*puncture test*), w którym określano twardość badanych próbek oraz analizy profilowej tekstury (TPA), za pomocą której określano przylegalność, spójność i sprężystość analogów serów topionych.

Na rys. 1. przedstawiono wpływ dodatku i rodzaju skrobi na twardość analogów serów topionych w odniesieniu do próbek kontrolnych (z samej kazeiny). W przypadku analogów serów topionych otrzymywanych z kazeiny i różnych rodzajów skrobi ich

twierdź zwiększała się wraz ze zwiększaniem dodatku skrobi. Największą twierdźą charakteryzowały się próbki z 5-procentowym dodatkiem skrobi VA85T (6,21 N) oraz V60T (6,17 N). Próbki z dodatkiem skrobi modyfikowanych były twierdsze niż próbki kontrolne otrzymane z samej kazeiny (KK), z wyjątkiem próbki z 3-procentowym dodatkiem skrobi CH20, w przypadku której siła potrzebna do przebicia wynosiła 1,67 N, tj. najmniej spośród badanych próbek ( $p < 0,05$ ). W przypadku analogów kontrolnych KK największą twierdźą charakteryzowały się próbki o zawartości kazeiny na poziomie 15 i 14 % (do przebicia próbek analogów sera topionego o ww. stężeniu potrzebna była siła odpowiednio: 3,18 N i 2,9 N).



a - g – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ) / differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ( $p < 0.05$ ).

Rys. 1. Wpływ rodzaju i dodatku skrobi na twierdź analogów serów topionych w porównaniu z twierdźą analogów wyprodukowanych z samej kazeiny.

Fig. 1. Effect of type and addition of starch on hardness of processed cheese analogues compared to hardness of analogues produced from casein only.

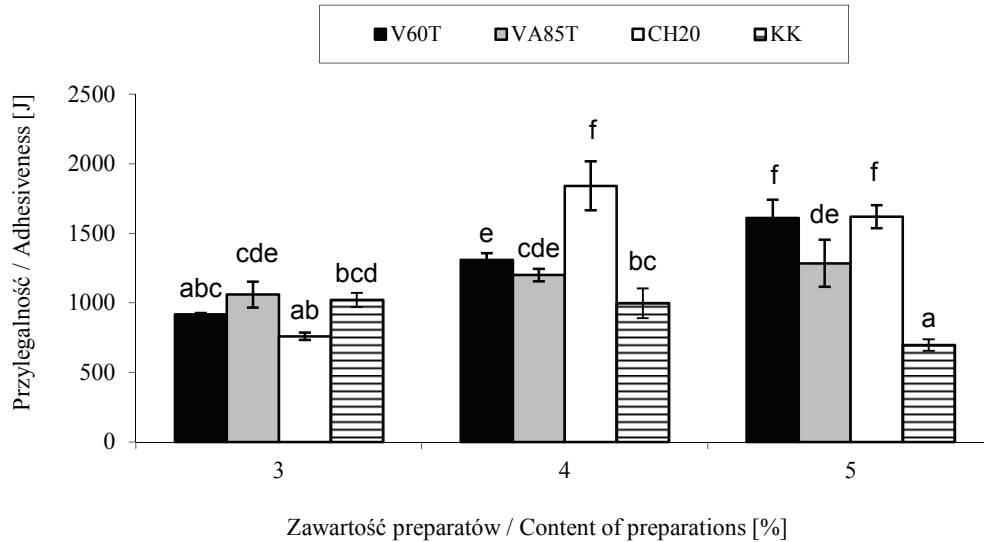
Mounsey i O’Riordan [15] analizowali imitacje serowe z 3-procentowym (m/m) dodatkiem skrobi pochodzących z kukurydzy natywnej i woskowej, pszenicy, ziemniaków oraz z ryżu i również otrzymali próbki zróżnicowane pod względem twierdźi. Dodatek natywnej skrobi z kukurydzy wpłynął na zwiększenie twierdźi próbek doświadczalnych (116,4 N) w porównaniu z próbką kontrolną (110,2 N). Z kolei imitacje zawierające skrobię z kukurydzy woskowej charakteryzowały się mniejszą twierdźą

(75,2 N) w porównaniu z próbką kontrolną. Sołowiej i wsp. [24] badali teksturę analogów serów topionych z dodatkiem koncentratu białek serwatkowych i także stwierdzili większą twardość produktów zawierających koncentraty białek serwatkowych (WPC 35 i 65) w porównaniu z próbkami otrzymanymi z samej kazeiny kwasowej. Inne badania cech tekstury wykazały, że analogi z 1-procentowym dodatkiem serwatki zdemineralizowanej charakteryzowały się znacznie większą twardością niż próbki z samą kazeiną kwasową [25]. Mounsey i O’Riordan [14, 15] badali skrobie modyfikowane różnego pochodzenia botanicznego oraz skrobie natywne i stwierdzili, że na właściwości fizykochemiczne otrzymanych imitacji serowych wpływ miała m.in. zawartość amylozy, zdolność pęcznienia oraz zawartość skrobi. Wymienieni autorzy stwierdzili, że większa zawartość amylozy w skrobi wpływa na zwiększenie twardości produktu końcowego, co ma również związek z procesem jej retrogradacji. Autorzy niniejszej pracy potwierdzili te spostrzeżenia. Skrobia pochodząca z tapioki zawiera naturalnie więcej amylozy w stosunku do skrobi kukurydzianej woskowej, która jej nie zawiera. Tym samym dodatki preparatów VA85T oraz V60T spowodowały znaczne zwiększenie twardości analogów serów topionych w porównaniu z preparatem CH20.

Przylegalność wpływa na smarowność, a więc zdolność produktu do przylegania do noża oraz łatwości jego rozsmarowania [6]. W przypadku serów topionych, jak również ich analogów, cecha jaką jest przylegalność nie jest pożądana przez konsumentów, którzy preferują wyroby łatwo oddzielające się od opakowania [27].

Wykazano, że analogi z dodatkiem skrobi modyfikowanych na poziomie 4 i 5 % charakteryzowały się o wiele większą przylegalnością niż próbki kontrolne zawierające samą kazeinę kwasową, które wykazywały statystycznie niższe wartości przylegalności (rys. 2). Zwiększenie dodatku skrobi modyfikowanych powodowało zwiększenie przylegalności próbek. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic ( $p > 0,05$ ) pomiędzy przylegalnością analogów z 4- i 5-procentowym dodatkiem skrobi modyfikowanej z kukurydzy woskowej CH20 oraz analogów z 5-procentowym dodatkiem skrobi modyfikowanej z tapioki V60T (odpowiednio: 1840,7, 1619,0 i 1609,0 J). W przypadku analogów kontrolnych najmniejszą przylegalnością charakteryzowały się próbki o zawartości kazeiny kwasowej na poziomie 15 % (696,9 J) ( $p < 0,05$ ).

Thapa i Gupta [29] badali analogi serów topionych otrzymane na bazie kazeiny podpuszczkowej i dowiedli, że dodatek koncentratu białek serwatkowych również zwiększał ich przylegalność. We wcześniejszej pracy Sołowiej [27] analizował teksturę analogów serów topionych z dodatkiem preparatów serwatkowych i wykazał, że przylegalność badanych próbek zwiększała się w miarę zwiększania zawartości serwatki o zmniejszonej zawartości laktozy i serwatki zdemineralizowanej.



a - f – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ) / differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ( $p < 0.05$ ).

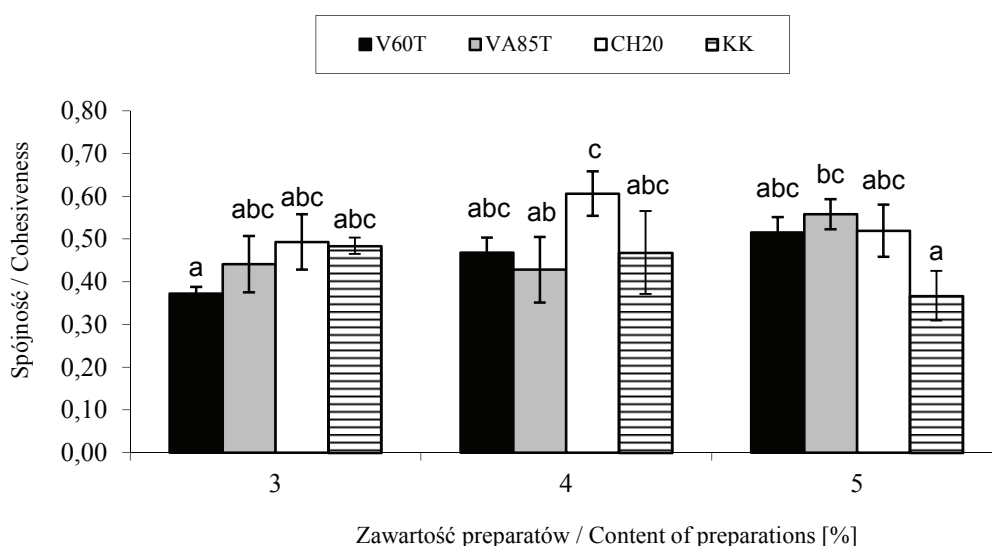
Rys. 2. Wpływ rodzaju i dodatku skrobi na przylegalność analogów serów topionych w porównaniu z przylegalnością analogów wyprodukowanych z samej kazeiny.

Fig. 2. Effect of type and addition of starch on adhesiveness of processed cheese analogues compared to adhesiveness of analogues produced from casein only.

Zmiany spójności w zależności od dodatku i rodzaju użytych skrobi w analogach serów topionych przedstawiono na rys. 3. Wykazano, że analogi z 4-procentowym dodatkiem skrobi modyfikowanej z kukurydzy woskowej CH20 charakteryzowały się największą spójnością (0,61), natomiast najmniejszą – analogi otrzymane z 3-procentowym dodatkiem skrobi modyfikowanej z tapioki V60T (0,37) ( $p < 0,05$ ). W przypadku próbek kontrolnych, najmniejszą spójnością charakteryzowały się analogi zawierające 15 % kazeiny kwasowej (0,37), lecz nie zaobserwowano istotnych różnic między wszystkimi próbkami kontrolnymi ( $p > 0,05$ ).

Mounsey i O’Riordan [15] stwierdzili, że imitacje serowe z dodatkiem skrobi pochodzącej z kukurydzy natywnej i woskowej, pszenicy oraz z ziemniaków charakteryzowały się istotnie mniejszą spójnością w porównaniu z próbkami kontrolnymi niezawierającymi skrobi ( $p \leq 0,05$ ), prawdopodobnie ze względu na mniejszą zawartość białka. Tylko imitacje z dodatkiem skrobi pochodzącej z ryżu nie wykazywały istotnych różnic w spójności w porównaniu z próbkami kontrolnymi. Bhaskaracharya i Shah [2] odnotowali z kolei statystycznie istotną, dodatnią korelację pomiędzy zawartością białka i spójnością serów mozzarella. Mounsey i O’Riordan [15] zasugerowali,

że w przeciwieństwie do sieci para-kazeiny, której wiązania między- i wewnątrzcząsteczkowe są przerywane i tworzone na nowo wskutek powtarzanego naprężania, napęczniałe cząsteczki skrobi nie przyczynią się do zwiększenia spójności imitacji serowych. Wymienieni autorzy stwierdzili również, że duże cząsteczki skrobi (20 - 50 nm) w połączeniu ze zdolnością pęcznienia skrobi kukurydzianej i ziemniaczanej mogły wpłynąć na przerwanie matrycy imitacji serowych i następnie rozpad białkowych wiązań w próbkach. W niniejszej pracy nie zaobserwowano istotnych różnic ( $p > 0.05$ ) w spójności pomiędzy próbkami kontrolnymi a próbkami zawierającymi skrobię kukurydzianą woskową CH20 oraz próbkami z dodatkiem skrobi modyfikowanych z tapioki (z wyjątkiem analogu z 5-procentowym dodatkiem skrobi modyfikowanej z tapioki VA85T).



a - c – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ) / differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ( $p < 0.05$ ).

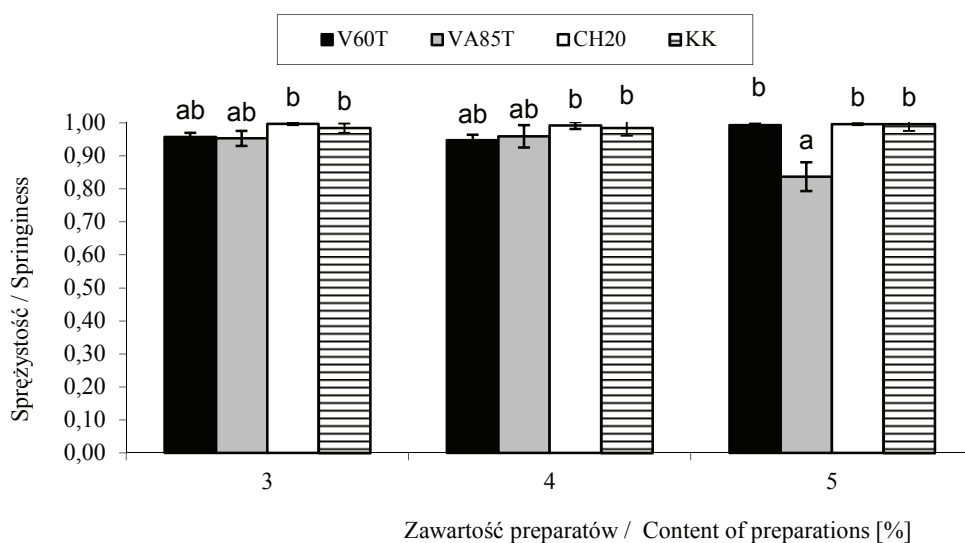
Rys. 3. Wpływ rodzaju i dodatku skrobi na spójność analogów serów topionych w porównaniu ze spójnością analogów wyprodukowanych z samej kazeiny.

Fig. 3. Effect of type and addition of starch on cohesiveness of processed cheese analogues compared to cohesiveness of analogues produced from casein only.

Na rys. 4. przedstawiono wpływ rodzaju i dodatku skrobi, a także zawartości samej kazeiny na sprężystość analogów serów topionych. Wszystkie badane próbki z dodatkiem skrobi modyfikowanych oraz próbki kontrolne charakteryzowały się bardzo wysoką sprężystością w granicach od 0,837 do 0,997. Jedynie analogi



z 5-procentowym dodatkiem skrobi modyfikowanej z tapioki VA85T charakteryzowały się mniejszą sprężystością w stosunku do analogów wzorcowych (0,837) ( $p < 0,05$ ). W badaniach własnych dotyczących zastosowania preparatów serwatkowych do produkcji analogów serów topionych na bazie kazeiny kwasowej stwierdzono, że sprężystość nie zależała od zawartości białka w produkcie i była cechą niezależną od twardości czy innych cech tekstury [27].



a - b – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ) / differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ( $p < 0,05$ ).

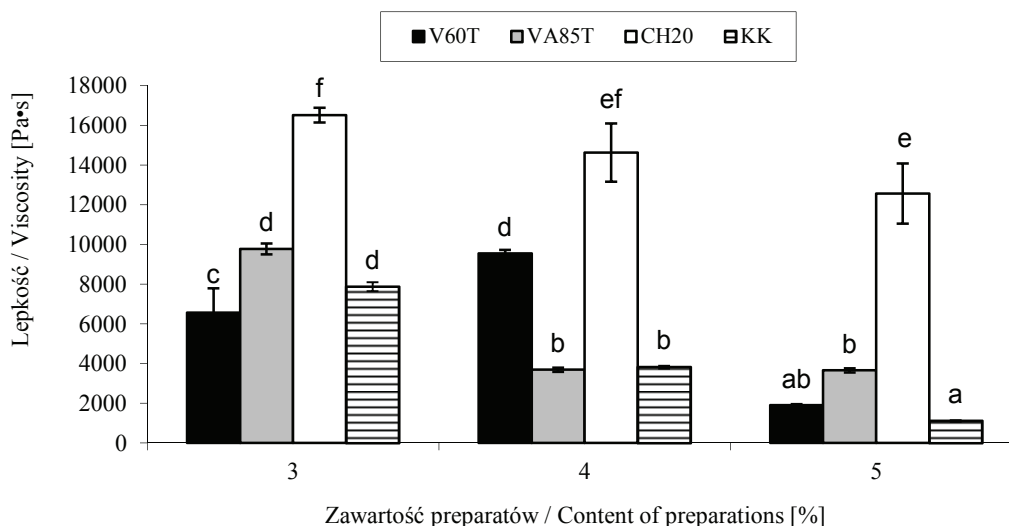
Rys. 4. Wpływ rodzaju i dodatku skrobi na sprężystość analogów serów topionych w porównaniu ze sprężystością analogów wyprodukowanych z samej kazeiny.

Fig. 4. Effect of type and addition of starch on springiness of processed cheese analogues compared to springiness of analogues produced from casein only.

Drugi etap badań miał na celu określenie lepkości i topliwości analogów serów topionych za pomocą reometrii rotacyjnej oraz zmodyfikowanego testu Schreibera.

Na rys. 5. przedstawiono wpływ rodzaju i dodatku skrobi, a także zawartości samej kazeiny na lepkość analogów serów topionych. Zdecydowanie największą lepkością spośród wszystkich analogów charakteryzowały się próbki otrzymane z dodatkiem skrobi modyfikowanej z kukurydzy woskowej CH20, a w szczególności analogi o 3-procentowym dodatku skrobi (16526 Pa·s) i 4-jej procentowym dodatku (14633 Pa·s) ( $p < 0,05$ ). W przypadku próbek z dodatkiem skrobi z tapioki VA85T lepkość zmniejszała się w miarę zwiększania się zawartości skrobi ( $p < 0,05$ ). Próbkę kontrolną nie-

zawierające skrobi wykazywały mniejszą lepkość wraz ze zwiększaniem się zawartości kazeiny kwasowej ( $p < 0,05$ ).



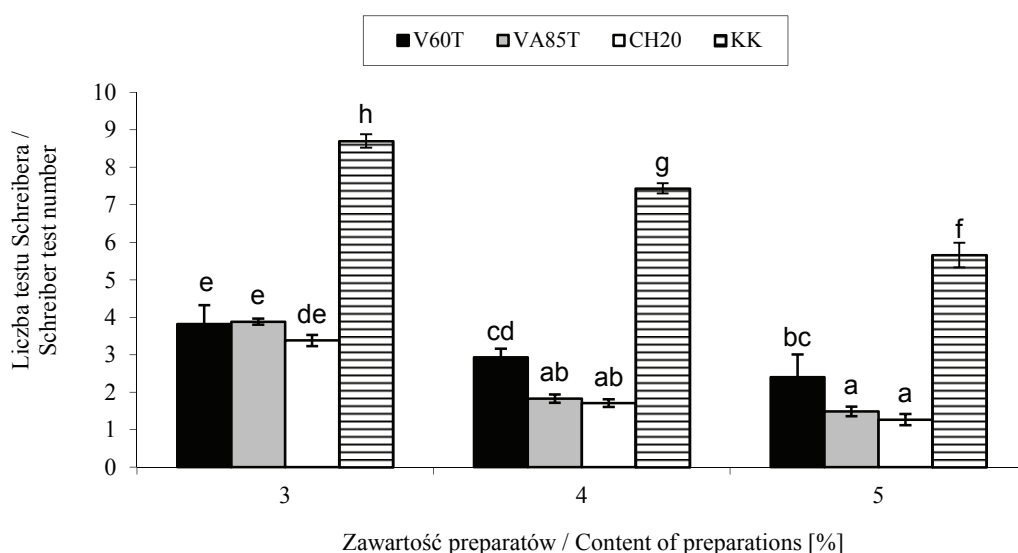
a - f – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ) / differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ( $p < 0,05$ ).

Rys. 5. Wpływ rodzaju i dodatku skrobi na lepkość analogów serów topionych w porównaniu z lepkością analogów wyprodukowanych z samej kazeiny.

Fig. 5. Effect of type and addition of starch on viscosity of processed cheese analogues compared to viscosity of analogues produced from casein only.

W badaniach przeprowadzonych przez Plutę i wsp. [18], dotyczących wpływu hydrokoloidów na otrzymywanie serów topionych, zastosowanie 3 % skrobi modyfikowanej E-1450 (sól sodowa oktenylobursztynianu skrobiowego – N-Creamer) spowodowało znaczne zwiększenie lepkości w porównaniu z próbkami kontrolnymi sporządzonymi bez dodatku ww. skrobi. Mounsey i O’Riordan [14] badali właściwości reologiczne imitacji serowych zawierających 3 % wstępnie skleikowanych skrobi pochodzących z kukurydzy, pszenicy, ziemniaków i ryżu i zauważyli, że dyspersje skrobi z ryżu czy kukurydzy woskowej w połączeniu z kazeiną charakteryzowały się najwyższymi wartościami lepkości po ogrzewaniu do temp. 80 °C w porównaniu z kazeiną podpuszczkową ogrzewaną bez dodatku skrobi czy w połączeniu ze skrobią innego pochodzenia. Autorzy sugerują, że prawdopodobnie w czasie przetwarzania wstępnie skleikowana skrobia konkurowała z kazeiną podpuszczkową o wodę, przyczyniając się do osłabienia hydratacji kazeiny i w konsekwencji powodowała konwersję do bardziej

rozpuszczalnego parakazeinianu sodowo-fosforanowego. To z kolei mogło wpłynąć na osłabienie zdolności białka do emulgacji tłuszczu, skutkując większymi, mniej zemulgowanymi cząsteczkami tłuszczu i mniej uwodnioną matrycą białkową. Doublier i wsp. [5] dowiedli, że dodatek kazeinianu sodu do skrobi pochodzącej z tapioki zmniejszał lepkość otrzymanej mieszaniny w porównaniu ze skrobią ziemniaczaną oraz skrobią pochodzącą z pszenicy. Uważają oni, że może być to związane z różnicami termodynamicznymi. Lelievre i Husbands [10] stwierdzili natomiast zwiększenie lepkości otrzymanej mieszaniny po dodaniu kazeinianu sodu w przypadku skleikowanej skrobi kukurydzianej. Prawdopodobnie kazeinian sodu zmienił objętość pęcznienia skrobi, wpływając w ten sposób na właściwości reologiczne końcowego produktu.



A - h – różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami są statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ) / differences among mean values denoted using different letters are statistically significant ( $p < 0,05$ ).

Rys 6. Wpływ rodzaju i dodatku skrobi na topliwość analogów serów topionych w porównaniu z topliwością analogów wyprodukowanych z samej kazeiny.

Fig. 6. Effect of type and addition of starch on meltability of processed cheese analogues compared to meltability of analogues produced from casein only.

W przypadku badanych analogów wraz ze zwiększaniem się zawartości kazeiny zmniejszała się ich topliwość. Dodatek skrobi modyfikowanych, jak również zwiększenie ich dodatku w gotowym produkcie, powodowały znaczne zmniejszanie topliwości w porównaniu z próbkami kontrolnymi (rys. 6). Próbki kontrolne wykazywały znacznie większe wartości topliwości w porównaniu z próbkami ze skrobią ( $p < 0,05$ ).

Największą topliwością charakteryzowały się próbki z 13-procentowym dodatkiem kazeiny kwasowej (8,7). Spośród próbek zawierających skrobię modyfikowaną, największą topliwością charakteryzowały się analogi otrzymane z 3-procentowym dodatkiem skrobi z tapioki VA85T i V60T (odpowiednio: 3,9 i 3,8) oraz skrobi modyfikowanej z kukurydzy woskowej CH20 (3,4) ( $p < 0,05$ ).

Chevanan i wsp. [3] stwierdzili, że topliwość sera jest odwrotnie proporcjonalna do jego twardości. Ser o mniejszej twardości charakteryzował się większą topliwością, co potwierdzają przeprowadzone badania (rys. 1 i 6). Topliwość poszczególnych imitacji serowych zawierających różnego rodzaju skrobię w badaniach Mounsey i O’Riordan [15] zmniejszała się w sposób następujący: imitacje z dodatkiem skrobi kukurydzianej > ziemniaków > kukurydzy woskowej > pszenicy > ryżu. Stan uwodnienia matrycy białkowej ma istotne znaczenie w kontroli topliwości imitacji serowych [30]. Unieruchomienie wody przez ziarna skrobi lub skleikowaną skrobię może prowadzić do odwodnienia matrycy białkowej, powodując zwiększenie hydrofobowych interakcji białko-białko, a w konsekwencji zmniejszenie topliwości [14], co ma potwierdzenie w niniejszej pracy. W innych badaniach dotyczących właściwości struktury i topliwości imitacji serowych zawierających 3 % skrobi pszennej (m/m) Mounsey i O’Riordan [13] otrzymali statystycznie mniejsze wartości topliwości w porównaniu z próbkami kontrolnymi ( $p \leq 0,05$ ). Stwierdzili również, że zwiększenie dodatku skrobi do poziomu 7 - 9 % (m/m) nie skutkowało dalszymi istotnymi zmianami topliwości imitacji serowych. Jednak produkty z 5-procentowym dodatkiem skrobi pszennej charakteryzowały się mniejszą topliwością niż inne produkty zawierające skrobię.

## Wnioski

1. Zastosowanie skrobi różnego pochodzenia botanicznego oraz o odmiennym typie modyfikacji chemicznej miało zróżnicowany wpływ na teksturę i topliwość analogów serów topionych.
2. W przypadku badanych analogów zwiększenie dodatku skrobi powodowało zwiększenie twardości oraz zmniejszenie topliwości w porównaniu z próbkami kontrolnymi.
3. Nie zaobserwowano istotnych różnic w spójności i sprężystości pomiędzy próbkami kontrolnymi a próbkami zawierającymi skrobię kukurydzianą woskową CH20 oraz próbkami z dodatkiem skrobi modyfikowanych z tapioki (z wyjątkiem analogu z 5-procentowym dodatkiem skrobi modyfikowanej z tapioki VA85T).
4. Zdecydowanie największą lepkością spośród wszystkich analogów charakteryzowały się próbki otrzymane z dodatkiem skrobi modyfikowanej z kukurydzy woskowej CH20, a w szczególności analogi o 3- i 4-procentowej zawartości skrobi. W przypadku próbek z dodatkiem skrobi z tapioki VA85T lepkość zmniejszała się w miarę zwiększania się zawartości skrobi.

### Literatura

- [1] Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis (16<sup>th</sup> Ed.). Gaithersburg, Maryland, 1997.
- [2] Bhaskaracharya R.K., Shah N.P.: Textural evaluation of commercial Mozzarella cheeses. *Aust. J. Dairy Technol.*, 1999, **54** (1), 36-40.
- [3] Chevanan N., Muthukumarappan K., Upreti P., Metzger L.E.: Effect of calcium and phosphorus, residual lactose and salt-to-moisture ratio on textural properties of Cheddar cheese during ripening. *J. Texture Stud.*, 2006, **37**, 711-730.
- [4] Cichosz G., Czeczot H.: Rzekomo niezdrowe tłuszcze zwierzęce. *Pol. Merk. Lek.*, 2011, **31** (185), 318-322.
- [5] Doublier J.L., Marzin C., Visdeloup S., Lefebvre J.: Effect of sodium caseinate on the pasting behaviour of starch from different origins. *Carbohydr. Polym.*, 1994, **25** (3), 228-229.
- [6] Glibowski P.: Wpływ olejów roślinnych na teksturę bezwodnego tłuszczu mlecznego. *Acta Agrophysica*, 2007, **9** (3), 603-612.
- [7] Kapoor R., Metzger L.E.: Process cheese: Technological aspects – a review. *Compreh. Rev. Food Sci. Food Safety*, 2008, **7** (2), 194-214.
- [8] Krysińska P., Gałkowska D., Fortuna T.: Charakterystyka układów skrobi modyfikowanych uzyskanych z kukurydzy woskowej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2008, **5** (60), 9-23.
- [9] Lee S.K., Anema S., Klostermeyer H.: The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 2004, **39** (7), 763-771.
- [10] Lelievre J., Husbands J.: Effect of sodium caseinate on the rheological properties of starch pastes. *Starch-Stärke*, 1989, **41** (6), 236-238.
- [11] Lipiński K., Stasiewicz M., Rafałowski R., Kaliniewicz J., Purwin C.: Wpływ sezonu produkcji mleka na profil kwasów tłuszczowych tłuszczu mlekowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **1** (80), 72-80.
- [12] Mleko S., Foegeding E.A.: Physical properties of rennet casein gels and processed cheese analogs containing whey proteins. *Milchwissenschaft*, 2000, **55** (9), 513-516.
- [13] Mounsey J.S., O’Riordan E.D.: Alteration of imitation cheese structure and melting behavior with wheat starch. *Eur. Food Res. Technol.*, 2008, **226**, 1013-1019.
- [14] Mounsey J.S., O’Riordan E.D.: Modification of imitation cheese structure and rheology using pre-gelatinised starches. *Eur. Food Res. Technol.*, 2008, **226**, 1039-1046.
- [15] Mounsey J.S., O’Riordan E.D.: Characteristic of imitation cheese containing native starches. *J. Food Sci.*, 2001, **66** (4), 586-591.
- [16] Nastaj M.: Czym jest mleko? *Kulturystyka i Fitness*, 2009, **4**, 122-125.
- [17] Noronha N., Duggan E., Ziegler G.R., O’Riordan E.D., O’Sullivan M.: Inclusion of starch in imitation cheese: its influence on water mobility and cheese functionality. *Food Hydrocoll.* 2008, **22** (8), 1612-1621.
- [18] Pluta A., Ziarno M., Smolińska A.: Możliwość zastosowania hydrokoloidów w produkcji serów topionych. *Przem. Spoż.*, 2000, **5**, 57-59.
- [19] Schube V., Kaliszan E., Ratusz K.: Skrobie modyfikowane we wsadach owocowych, majonezach, dresingach. *Przem. Spoż.*, 2003, **3**, 22-26.
- [20] Sitkiewicz I., Denech S.: Właściwości reologiczne oraz retrogradacja wybranych skrobi modyfikowanych kukurydzy woskowej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2006, **1** (46), 143-151.
- [21] Sołowiej B.: Wpływ  $\kappa$ -karagenu na właściwości fizykochemiczne analogów serów topionych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **2** (81), 107-118.
- [22] Sołowiej B.: Ocena właściwości reologicznych analogów serów topionych o zmniejszonej zawartości tłuszczu. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2012, **1** (80), 60-71.

- [23] Sołowiej B.: Textural, rheological and melting properties of acid casein reduced-fat processed cheese analogues. *Milchwissenschaft*, 2012, **67** (1), 9-13.
- [24] Sołowiej B., Mleko S., Gustaw W., Udeh K.: Effect of whey protein concentrates on texture, meltability and microstructure of acid casein processed cheese analogs. *Milchwissenschaft*, 2010, **65** (2), 169-173.
- [25] Sołowiej B.: Wpływ procesu homogenizacji na właściwości tekstury i topliwość analogów serów topionych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2009, **6** (67), 16-26.
- [26] Sołowiej B., Mleko S., Gustaw W.: Physicochemical properties of acid casein processed cheese analogs obtained with different whey products. *Milchwissenschaft*, 2008, **63** (3), 299-302.
- [27] Sołowiej B.: Analiza tekstury analogów serów topionych z dodatkiem preparatów serwatkowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **5** (54), 292-300.
- [28] Tamime A.Y.: Processed cheese and analogues: An overview. In: *Processed Cheese and Analogues*. Oxford, UK, 2011.
- [29] Thapa T.B., Gupta V.K.: Rheology of processed cheese foods with added whey protein concentrates. *Indian J. Dairy Sci.*, 1992, **45**, 88-92.
- [30] Zhou N., Mulvaney S.J.: The effect of milk fat, the ratio of casein to water, and temperature on the viscoelastic properties of rennet casein gels. *J. Dairy Sci.*, 1998, **81** (10), 2561-2571.

## EFFECT OF MODIFIED STARCHES ON TEXTURE AND MELTABILITY OF PROCESSED CHEESE ANALOGUES

### Summary

The objective of this study was to manufacture processed cheese analogues, in which acid casein was partially replaced by a modified waxy maize starch (CH20) or a modified tapioca starch (V60T and VA85T), and to determine the texture and meltability of the products manufactured. The texture of processed cheese analogues was analysed using a TA-XT2i Texture Analyser. With a cylindrical sampler of 15 mm diameter, a Texture Profile Analysis (TPA) was performed and the adhesiveness, cohesiveness, and springiness of processed cheese analogues were measured. In the puncture test used to analyze the processed cheese analogues, a 10 mm dia cylindrical sampler was applied. The viscosity of the processed cheese analogues was measured using a Brookfield DV II+ rotational viscometer with a Helipath Stand (F). The meltability of the processed cheese analogues was determined using a modified Schreiber test.

The application of modified starches impacted the textural properties and meltability of processed cheese analogues. The addition of an increased amount of starch caused the hardness to increase and the meltability to decrease compared to the control samples. No significant differences were reported in the cohesiveness and springiness of the control samples, samples containing the modified waxy-maize starch CH20, and samples with the addition of the modified tapioca starch (except for the analogue with the added 5 % of the modified tapioca starch VA85T). The samples obtained with the addition of the modified waxy-maize starch CH20 were characterized by definitely the highest viscosity of all the analogues, in particular the analogues containing 3 and 4 % of that starch. The viscosity of the samples with the addition of VA85T tapioca starch decreased along with the increasing content of starch therein.

**Key words:** processed cheese analogue, acid casein, modified starch, texture, meltability 