

BARTOSZ SOŁOWIEJ

## WPLYW PREPARATÓW SERWATKOWYCH NA PRZYLEGALNOŚĆ ANALOGÓW SERÓW TOPIONYCH DO RÓŻNYCH MATERIAŁÓW OPAKOWANIOWYCH

### Streszczenie

Celem niniejszej pracy było otrzymanie analogów serów topionych, w których kazeinę kwasową częściowo zastąpiono preparatami serwatkowymi (sproszkowaną, zdemineralizowaną serwatką – DWP 50 i koncentratem białek serwatkowych – WPC 35), jak również określenie przylegalności (adhezyjności) ww. analogów do różnych materiałów opakowaniowych: stali nierdzewnej (SN), aluminium (AL), polimetakrylanu metylu (PMMA), poliamidu (PA), polichlorku winylu (PVC), politetrafluoroetyleny (PTFE). Przylegalność (adhezyjność) otrzymanych analogów serów topionych badano przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i. Adhezyjność wszystkich analogów zwiększała się wraz ze zwiększaniem zawartości białka w produkcie. Dodatek serwatki zdemineralizowanej (DWP 50) wpłynął na znaczne zwiększenie przylegalności (adhezyjności) analogów w porównaniu z produktami otrzymanymi z dodatkiem koncentratu białek serwatkowych (WPC 35) oraz analogów wzorcowych z samej kazeiny kwasowej. Analogi serowe wykazywały najmniejszą przylegalność do opakowań wykonanych z aluminium (AL) (próbki z dodatkiem WPC 35 oraz próbki z samej kazeiny) oraz politetrafluoroetyleny (PTFE) (próbki z dodatkiem preparatów serwatkowych). W stosunku do opakowań wykonanych z polichlorku winylu (PVC) największą przylegalnością charakteryzowały się wszystkie analogi z 2-procentowym dodatkiem preparatów białkowych. Najbardziej przylegalne (adhezyjne) w stosunku do wszystkich materiałów opakowaniowych były analogi serowe z dodatkiem serwatki zdemineralizowanej (DWP 50).

**Słowa kluczowe:** analogi serów topionych, kazeina kwasowa, preparaty serwatkowe, przylegalność, materiały opakowaniowe

### Wprowadzenie

Nowe technologie modyfikujące właściwości teksturalne i żywieniowe tradycyjnych serów topionych, aspekty ekonomiczne, a także rozwój sektora żywności wygodnej przyczyniły się do wzrostu zainteresowania analogami serów topionych. Charakteryzują się one m.in. obniżonymi kosztami produkcji, prostotą wytwarzania oraz mniej-

szą zawartością tłuszczu całkowitego, tłuszczów nasyconych, cholesterolu i kalorii [1]. Produkcja analogów serowych polega na substytucji naturalnych serów preparatami białkowymi i tłuszczami pochodzącymi z mleka lub innych źródeł z zachowaniem smaku produktu oryginalnego. Alternatywne źródła białka stanowią kazeiniany, kazeina kwasowa oraz podpuszczkowa, a także preparaty białek serwatkowych [13, 22, 23, 24]. Kazeina jest białkiem, które cechuje się bardzo dobrze zbilansowanym składem aminokwasowym, szczególnie pod względem aminokwasów egzogennych oraz kwasu glutaminowego [16]. Natomiast w przypadku białek serwatkowych należy zwrócić uwagę na ich znakomite właściwości odżywcze i funkcjonalne. W opinii FAO/WHO są białkami o najwyższej wartości biologicznej [15].

Na teksturę żywności składa się kilka parametrów: przylegalność (adhezyjność), twardość, spójność, sprężystość, kruchość, gumistość oraz żujność [26]. W zależności od przeznaczenia środków spożywczych występowanie tych cech może mieć charakter pożądaný lub niepożądaný. W przypadku serów topionych i ich analogów cechą niepożądaną jest przylegalność, zarówno na etapie produkcyjnym, jak i w gotowym wyrobie. Powoduje ona przyklejanie się masy serowej do powierzchni maszyn, a w konsekwencji wzrost kosztów wynikających z czyszczenia i eksploatacji linii produkcyjnych. W odczuciu konsumentów duża przylegalność serów jest wadą dyskwalifikującą je, gdyż uniemożliwia prawidłowe i całkowite oddzielenie od opakowania i noża w trakcie smarowania lub krojenia [24].

Oprócz składu chemicznego masy serowej na przylegalność (adhezyjność) wpływa materiał zastosowany do opakowania wyrobu końcowego. Dostosowanie opakowania do tekstury pozwala na zminimalizowanie występowania niepożądanych interakcji pomiędzy materiałem a żywnością. Dlatego też niezwykle istotne jest opracowanie innowacyjnych technologii oraz receptur pozwalających na uzyskanie produktu o właściwych cechach teksturalnych, jak i dobór odpowiedniego materiału opakowaniowego.

Dla klienta opakowanie jest integralną i bardzo istotną częścią produktu, chroniącą go przed oddziaływaniami zewnętrznymi. Funkcje, jakie powinny spełniać opakowania stosowane w przemyśle spożywczym, a w szczególności w stosunku do serów topionych i ich analogów zostały szeroko opisane przez Tamime [27].

Stal nierdzewną zalicza się do materiałów specjalnych, charakteryzujących się zwiększoną odpornością na korozję oraz dobrymi właściwościami wytrzymałościowymi i mechanicznymi [5]. Ponadto cechuje ją połysk, ekologiczność oraz możliwość stosowania w środowisku agresywnym i odporność na wysokie temperatury. W założeniach systemu HACCP zawarte jest wymaganie, by w kontakcie z żywnością używać stali nierdzewnej [8].

Aluminium jako materiał opakowaniowy stosowane jest w postaci folii aluminiowej. Do zalet opakowań aluminiowych należą: szeroki zakres wytrzymałości ter-

micznej, mała masa oraz łatwość transportu. Porcjowane sery topione owijane są głównie w folię aluminiową z powłoką termozgrzewalną [8]. Typowa folia aluminiowa stosowana jako opakowanie serów topionych ma grubość 11 - 15  $\mu\text{m}$  i jest pokryta polimerem ochronnym oraz kopolimerem winylowym w postaci filmu. Film ten chroni folię aluminiową przed korozją spowodowaną solami i kwasami obecnymi w matrycy sera oraz przed migracją aluminium do środka sera [21].

Polimetakrylan metylu (PMMA), czyli szkło akrylowe, należy do polimerowych tworzyw sztucznych. Charakteryzuje się odpornością na warunki atmosferyczne oraz promieniowanie UV. Dzięki łatwości w kształtowaniu i obróbce mechanicznej PMMA ma szerokie zastosowanie [29].

Poliamid (PA) jest produktem reakcji kondensacji laktamów (związków zawierających w cząsteczce zarówno grupę aminową, jak i kwasową) lub kwasów dwukarboksylowych z dwuaminami [8]. Do głównych zalet PA należą m.in.: sztywność, twardość, wytrzymałość mechaniczna i trwałość, mała rozszerzalność cieplna, dobra obrabialność, odporność na ścieranie i uderzenia, zdolność do tłumienia drgań, szeroki zakres wytrzymałości temperaturowej (od  $-40$  do  $100$   $^{\circ}\text{C}$ ) oraz odporność na działanie tłuszczów. Wadą jest brak odporności na działanie kwasów i zasad oraz tendencja do absorbowania wody, która wpływa na zmianę właściwości tworzywa oraz wystąpienie wad wyrobu [18]. W przemyśle spożywczym stosuje się folie poliamidowe w postaci wielowarstwowych laminatów [8].

Polichlorek winylu (PVC) należy do polimerów charakteryzujących się niską przepuszczalnością gazów, dlatego też stosowany jest jako składnik między innymi folii wielowarstwowych [14]. Poprzez zmiękczenie polimeru plastyfikatorami można otrzymać opakowania w postaci: sztywnej, półsztywnej, giętkiej oraz w postaci orientowanej folii termokurczliwej [8].

Politetrafluoroetylen (PTFE, teflon) zaliczany jest do najbardziej stabilnych termicznie wysokosprawnych termoplastów (zakres pracy od  $-200$  do  $260$   $^{\circ}\text{C}$ ). Zaletami teflonu są: doskonała izolacyjność i mała przylegalność do ciał stałych. Dodatkowo charakteryzuje się odpornością na prawie wszystkie pierwiastki, związki chemiczne i rozpuszczalniki. Pod względem fizjologicznym teflon jest nieszkodliwy, dlatego został dopuszczony do bezpośredniego kontaktu z żywnością (według wytycznych UE i FDA). Jedynie jego stopy z węglem lub brązem, pomimo nieszkodliwości fizjologicznej, nie zostały dopuszczone do bezpośredniego kontaktu z artykułami spożywczymi [19].

Celem niniejszej pracy było otrzymanie analogów serów topionych, w których kazeinę kwasową częściowo zastąpiono różnymi preparatami serwatkowymi (sposz-kowaną, zdeminalizowaną serwatką i koncentratem białek serwatkowych), jak również zbadanie przylegalności (adhezyjności) ww. analogów do różnych materiałów

opakowaniowych, w tym: stali nierdzewnej, aluminium, poliamidu, polimetakrylanu metylu, polichlorku winylu i politetrafluoroetyleny.

### **Material i metody badań**

W badaniach zastosowano:

- kazeinę kwasową (KK) o zawartości białka 85,68 % („Polsero” Sp. z o.o., Sokółów Podlaski),
- sproszkowaną serwatkę zdemineralizowaną w 50 % (DWP 50), o zawartości białka 12,75 % („Lacma” Sp. z o.o., Nadarzyn),
- koncentrat białek serwatkowych (WPC 35) o zawartości białka 33,86 % („Lakto-pol”, Warszawa),
- bezwodny tłuszcz mleczny (BTM) (SM „Mlekovita”, Wysokie Mazowieckie),
- bezwodny kwaśny fosforan dwusodowy, kwas cytrynowy i wodorotlenek sodu (P.P.H. POCH, Gliwice),
- materiały opakowaniowe: stal nierdzewna (SN), aluminium (Al), poliamid (PA), polimetakrylan metylu (PMMA), polichlorek winylu (PVC – winidur), politetrafluoroetylen (PTFE).

Zawartość białka oznaczano metodą Kjeldahla, stosując metody AOAC [2].

### *Proces produkcji analogów serów topionych*

Sporządzano roztwory preparatów białek serwatkowych (serwatki zdemineralizowanej oraz koncentratu białek serwatkowych) w wodzie destylowanej przy użyciu mieszadła (Heidolph MR 3002S, Schwabach, Niemcy). Roztwory te miały takie stężenie, aby otrzymany analog sera zawierał odpowiednio 1 % lub 2 % białek serwatkowych. Następnie dodawano roztopiony w temp. 45 °C bezwodny tłuszcz mleczny (30 %) i kazeinę kwasową (10 % – stała ilość w każdym rodzaju analogu serowego). Mieszaninę umieszczano w pojemniku homogenizatora (H 500 „Pol-Eko Aparatura”, Wodzisław Śląski) i mieszano przez 2 min przy 10000 obr./min. Następnie dodawano roztworu topnika (2 %), ustalano pH na poziomie 6,2 za pomocą wodorotlenku sodu lub kwasu cytrynowego przy użyciu pH-metru (CP-315, „Elmetron”, Zabrze) i zanurzano w łaźni wodnej w temp. 80 °C. Całość homogenizowano przez 10 min przy 10000 obr./min. Gotowe analogi serowe, w ilości po 40 ml, wylewano do zlewek o pojemności 50 ml. Produkt przechowywano w temperaturze pokojowej przez 30 min celem ostygnięcia, a następnie składowano przez 24 h w temp. 5 °C. Jako wzorców używano analogów otrzymanych z tych samych surowców (30 % bezwodnego tłuszczu mlecznego, 10 % kazeiny, 2 % topnika), jednak zamiast preparatów białek serwatkowych dodawano 1 lub 2 % kazeiny kwasowej. Proces ich produkcji przebiegał tak samo jak analogów z dodatkiem preparatów serwatkowych.

### *Pomiar przylegalności (adhezyjności) analogów serów topionych*

Pomiaru dokonywano za pomocą teksturometru TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Wielka Brytania). Próbki sera badano za pomocą sześciu próbników cylindrycznych o  $\varnothing$  15 mm, imitujących materiały opakowaniowe: stal nierdzewną (SN), aluminium (AL), poliamid (PA), polimetakrylan metylu (PMMA), polichlorek winylu (PVC), politetrafluoroetylen (PTFE) przy prędkości przesuwu głowicy 1 mm/s. Uzyskane wyniki (z 10 pomiarów dla każdego z 3 powtórzeń) rejestrowano komputerowo z wykorzystaniem programu Texture Expert version 1.22.

### *Analiza statystyczna*

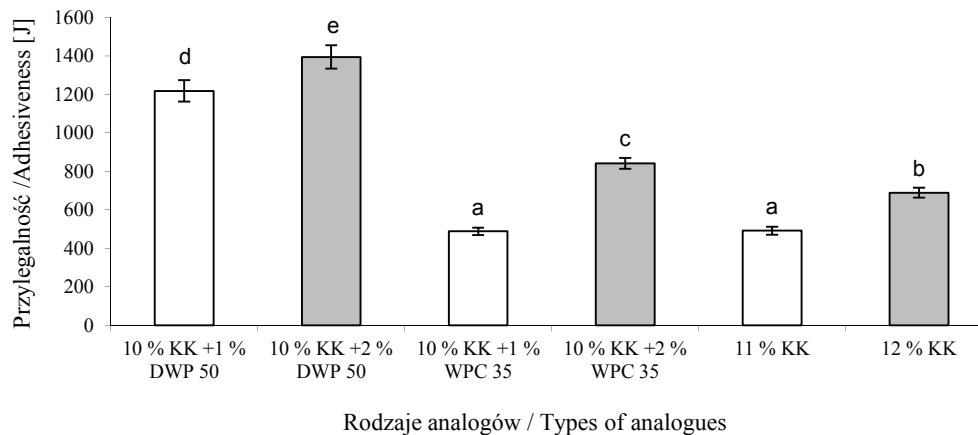
Otrzymane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu programu Statistica 7.0 PL. W celu określenia wpływu typu oraz zawartości preparatów białkowych na przylegalność (adhezyjność) analogów serów topionych do różnych materiałów opakowaniowych zastosowano dwuczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Porównanie wartości średnich wykonywano testem post-hoc Tukeya na poziomie istotności  $p \leq 0,05$ .

### **Wyniki i dyskusja**

Przylegalność (adhezyjność) można zdefiniować jako siłę potrzebną do pokonania sił występujących pomiędzy żywnością a materiałem będącym z nią w ścisłym kontakcie [26]. Siła ta zależy od lepkości i właściwości lepkosprężystych badanych substancji, a także wzajemnych oddziaływań sił kohezji i adhezji [20]. Można ją określać również jako wielkość przyciągania do powierzchni. Im mniejsze wartości liczbowe przyjmuje układ, tym próbka charakteryzuje się mniejszą przylegalnością. Jako przykład można podać ciecze, które cechuje adhezja bliska zeru [10]. W aspekcie sensorycznym adhezyjność jest to stopień przylegalności przeżuwanej masy do podniebienia [9] lub też siła potrzebna do usunięcia pokarmu z powierzchni jamy ustnej w trakcie jej spożywania [25, 26].

Na rys. 1 - 6 przedstawiono wartości przylegalności (adhezyjności) analogów serów topionych do różnych materiałów opakowaniowych. Stwierdzono, że wraz ze zwiększaniem zawartości białka w serze wzrastała jego adhezyjność. Największą przylegalnością spośród badanych analogów serów topionych, w stosunku do wszystkich materiałów opakowaniowych, charakteryzowały się próbki otrzymane z 10-procentowej kazeiny kwasowej (KK) z 2-procentowym dodatkiem serwatki zdemineralizowanej (DWP 50), natomiast najmniejszą: analogi serowe wykonane z 10-procentowej kazeiny z 1-procentowym dodatkiem koncentratu białek serwatkowych (WPC 35) oraz analogi wzorcowe otrzymane z samej kazeiny (11 % KK).

Wykazano, że oprócz zawartości białka na przylegalność analogów istotny wpływ miał także rodzaj materiału opakowaniowego.

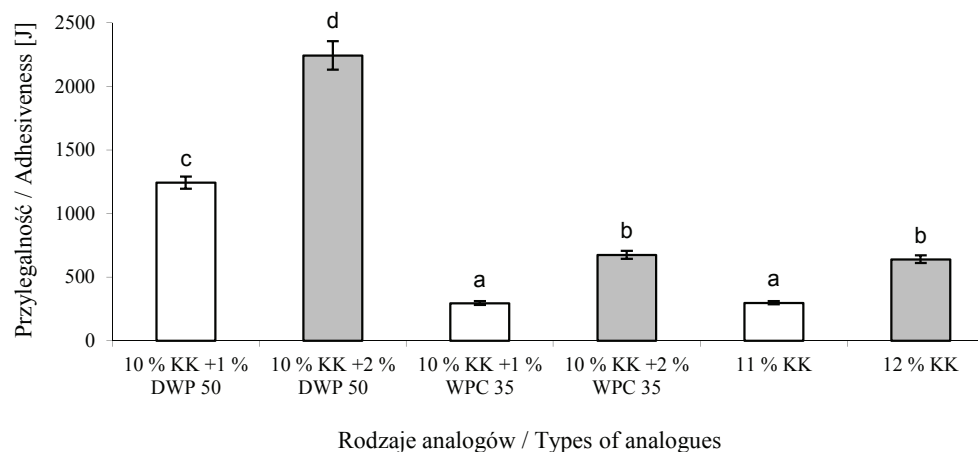


Objaśnienia: / Explanatory notes:

a - e – 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 zawartości i typu preparatu białkowego na przyległość analogów serów topionych do opakowań ze stali nierdzewnej.

Fig. 1. Effect of content and type of protein preparations on adhesiveness of processed cheese analogues to stainless steel packagings.

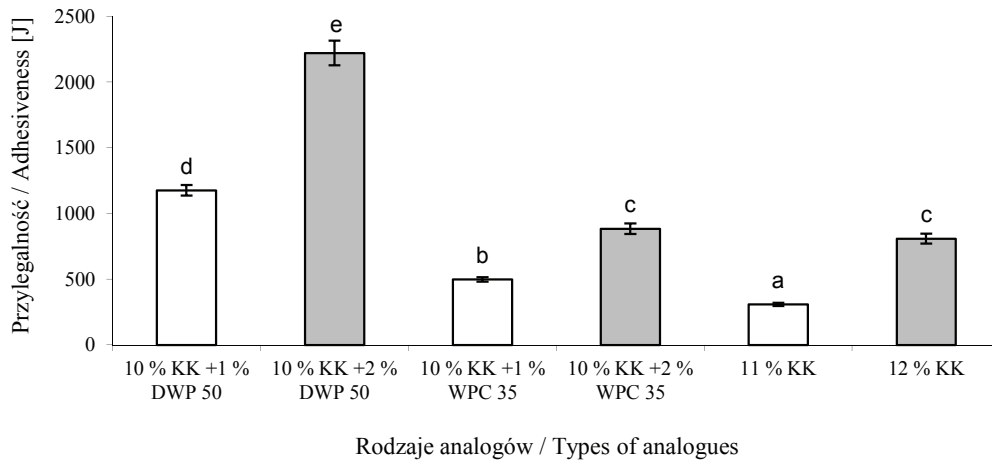


Objaśnienia: / Explanatory notes:

a - d – 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 zawartości i typu preparatu białkowego na przyległość analogów serów topionych do opakowań aluminiowych.

Fig. 2. Effect of content and type of protein preparations on adhesiveness of processed cheese analogues to aluminum packagings.

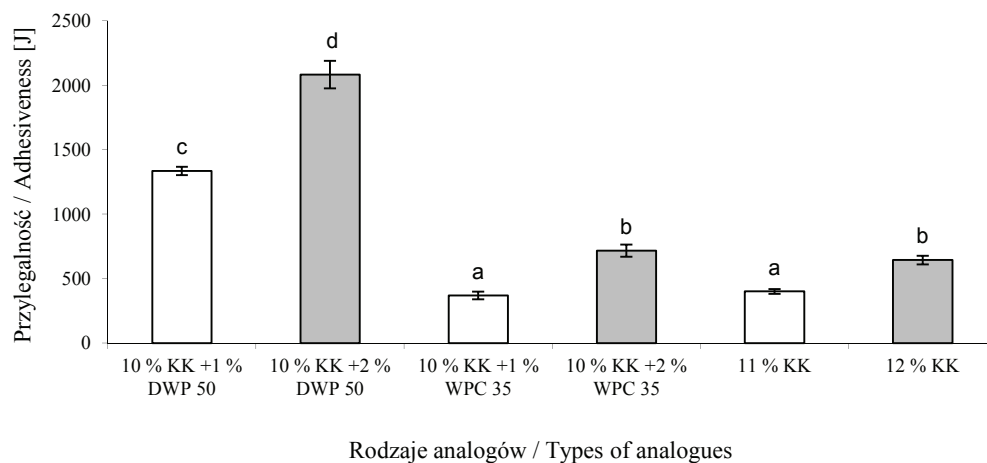


Objaśnienia: / Explanatory notes:

a - e – 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 zawartości i typu preparatu białkowego na przyległość analogów serów topionych do opakowań poliamidowych.

Fig. 3. Effect of content and type of protein preparations on adhesiveness of processed cheese analogues to polyamide packagings.

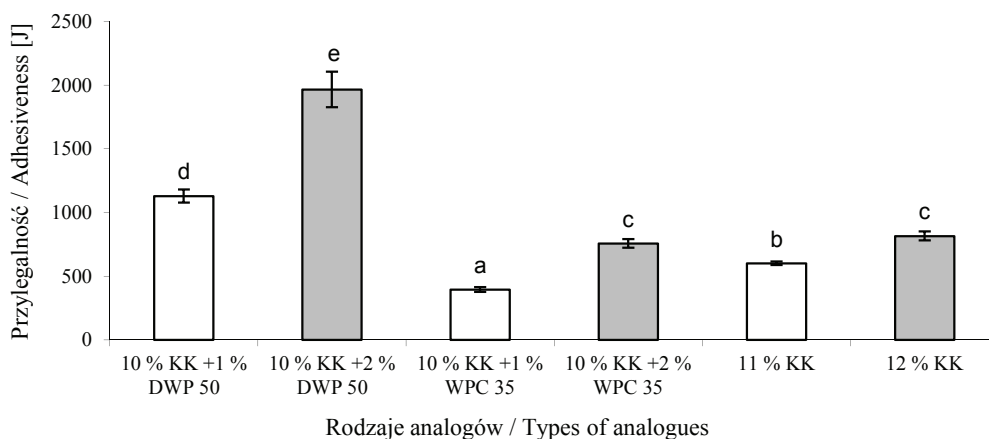


Objaśnienie jak pod rys. 2. / Explanatory note as in Fig. 2.

Rys. 4. Wpływ zawartości i typu preparatu białkowego na przyległość analogów serów topionych do opakowań z polimetakrylanu metylu.

Fig. 4. Effect of content and type of protein preparations on adhesiveness of processed cheese analogues to polymethyl methacrylate packagings.

W grupie produktów o 11-procentowej zawartości białka materiałami najmniej adhezyjnymi w przypadku analogów z dodatkiem serwatki zdemineralizowanej (DWP 50) były politetrafluoroetylen (PTFE) (1129,1 J) (rys. 5) oraz poliamid (PA) (1175,8 J) (rys. 3), natomiast najbardziej adhezyjnymi były: polimetakrylan metylu (PMMA) (1335,9 J) (rys. 4) oraz polichlorek winylu (PVC) (1335,9 J) (rys. 6). W stosunku do próbek z dodatkiem koncentratu białek serwatkowych (WPC 35), materiałem najmniej adhezyjnym było okazało się aluminium (Al) (296 J) (rys. 2), natomiast najbardziej adhezyjnymi były: poliamid (PA) (497,9 J) (rys. 3) oraz stal nierdzewna (SN) (489 J) (rys. 1). W przypadku analogów wzorcowych otrzymanych z samej kazeiny najmniej adhezyjnymi materiałami były: aluminium (Al) (297,8 J) (rys. 2) oraz poliamid (PA) (307,8 J) (rys. 3), natomiast materiałem najbardziej adhezyjnym – politetrafluoroetylen (PTFE) (601,4 J) (rys. 5).



Objaśnienie jak pod rys. 3. / Explanatory note as in Fig. 3.

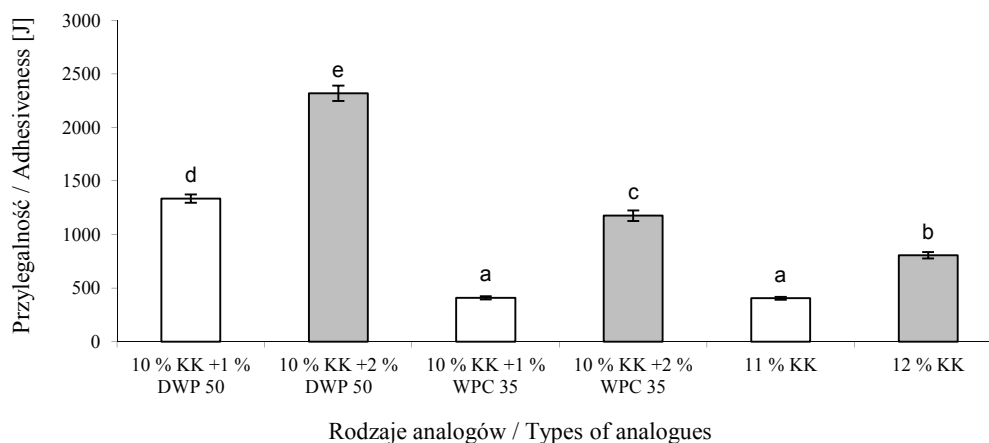
Rys. 5. Wpływ zawartości i typu preparatu białkowego na przylegalność analogów serów topionych do opakowań z politetrafluoroetylenem.

Fig. 5. Effect of content and type of protein preparations on adhesiveness of processed cheese analogues to polytetrafluoroethylene packagings.

W grupie analogów serów topionych o 12-procentowej zawartości białka materiałem najmniej adhezyjnym w przypadku próbek z dodatkiem serwatki zdemineralizowanej (DWP 50) była stal nierdzewna (1395 J) (rys. 1), natomiast najbardziej adhezyjnymi były: polichlorek winylu (PVC) (2321,4 J) (rys. 6), aluminium (Al) (2243,1 J) (rys. 2) oraz poliamid (PA) (2220,9 J) (rys. 3). Odnośnie do analogów z dodatkiem koncentratu białek serwatkowych (WPC 35) materiałem najmniej adhezyjnym, podobnie jak w przypadku 1-procentowego dodatku WPC 35, było aluminium (Al) (635 J)



(rys. 2), natomiast materiałem najbardziej adhezyjnym okazał się polichlorek winylu (PVC) (1176,9 J) (rys. 6). W przypadku analogów wzorcowych otrzymanych z samej kazeiny najmniej adhezyjnymi materiałami były: aluminium (Al) (641 J) (rys. 2) oraz polimetakrylan metylu (PMMA) (645,3 J) (rys. 4), natomiast najbardziej adhezyjnymi: politetrafluoroetylen (PTFE) (815,8 J) (rys. 5), poliamid (PA) (807,5 J) (rys. 3) oraz polichlorek winylu (PVC) (806,5 J) (rys. 6)



Objaśnienie jak pod rys. 3. / Explanatory note as in Fig. 3.

Rys. 6. Wpływ zawartości i typu preparatu białkowego na przyległość analogów serów topionych do opakowań z polichloru winylu.

Fig. 6. Effect of content and type of protein preparations on adhesiveness of processed cheese analogues to polyvinyl chloride packagings.

W zależności od rodzaju sera stosuje się różne materiały opakowaniowe. Sery o dużej lepkości, przeznaczone do smarowania, pakuje się w szklane pojemniki lub w tworzywa termoplastyczne, nadające im różne kształty. Popularne są również sery uformowane w batony. Do ich kształtowania i pakowania używa się maszyn stosowanych w przemyśle mięsny. Folia poliamidowa jest napełniana produktem, a następnie zamykana za pomocą klipsów. Sery do smarowania pakuje się także w tuby wykonane z metalu czy też z tworzyw sztucznych. Sery porcjowane i plasterkowane pakuje się próżniowo lub w atmosferze modyfikowanej w opakowania foliowe z tworzyw sztucznych [7, 12].

Bowland i Foegeding [4] wykazali, że za cechy reologiczne serów topionych odpowiedzialna jest głównie kazeina. Thapa i Gupta [28] w badaniach dotyczących analogów serów topionych z dodatkiem koncentratu białek serwatkowych (WPC) dowiedli, że wraz ze zwiększeniem zawartości WPC w produkcie zwiększała się również ich

przylegalność. Również dodatek izolatu białek serwatkowych powodował nie tylko zwiększenie adhezji do próbnika teksturometru, ale także do opakowań plastikowych, w których Gustaw i Mleko [11] przeprowadzali badania profilowej analizy tekstury (TPA). W badaniach własnych [24] stwierdzono, że częściowa substytucja kazeiny kwasowej niskobiałkowymi preparatami serwatkowymi prowadzi również do zwiększenia przylegalności analogów serów topionych. Piska i Štětina [17] stwierdzili natomiast, że sery topione zawierające bardziej dojrzały ser charakteryzowały się większą przylegalnością. Ponadto autorzy wykazali, że na adhezję serów topionych wpływa także szybkość chłodzenia. Sery poddane wolnemu chłodzeniu (próbki, które osiągały temp. 20 °C po około 50 h) charakteryzowały się znacznie większą przylegalnością niż próbki poddane szybkiemu chłodzeniu (20 °C w czasie krótszym niż 1 h oraz temp. 5 °C w ciągu 2 h). Berridge i Scurlock [3] badali stopień przylegalności kazeiny podpuszczkowej, w trakcie produkcji sera, do powierzchni maszyn pokrytych różnymi materiałami. Wykazali, że najlepszy materiał stanowi politetrafluoroetylen (PTFE), który ze względu na bardzo niski współczynnik tarcia charakteryzował się najmniejszą adhezją. Childs i wsp. [6], po badaniu przylegalności sera do ostrza wykonanego ze stali nierdzewnej, stwierdzili, że na adhezję, oprócz właściwości lepkościowych produktu, wpływa energia powierzchniowa materiału.

### Wnioski

1. Przylegalność (adhezja) wszystkich analogów serów topionych do opakowań zwiększała się wraz ze zwiększaniem zawartości białka w produkcie.
2. Dodatek serwatki zdemineralizowanej (DWP 50) spowodował znaczne zwiększenie przylegalności analogów do opakowań w porównaniu z produktami otrzymanymi z dodatkiem koncentratu białek serwatkowych (WPC 35) oraz analogów wzorcowych z samej kazeiny kwasowej.
3. Analogi serowe wykazywały najmniejszą przylegalność do opakowań wykonanych z aluminium (Al) (próbki z dodatkiem WPC 35 oraz próbki z samej kazeiny) oraz politetrafluoroetylen (PTFE) (tylko próbki z dodatkiem preparatów serwatkowych). Największą przylegalność wykazywały wszystkie analogi z 2-procentowym dodatkiem preparatów białkowych do opakowań wykonanych z polichlorku winylu (PVC).
4. Najbardziej przylegalne (adhezyjne) w stosunku do wszystkich materiałów opakowaniowych były analogi serowe z dodatkiem serwatki zdemineralizowanej (DWP 50).

### Literatura

- [1] Aljewicz M., Cichosz G., Kowalska M.: Produkty seropodobne, analogi serów topionych i dojrzewających. *Zywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2011, **5 (78)**, 16-25.

- [2] Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis (14<sup>th</sup> Ed.). Arlington, VA, 1984.
- [3] Berridge N.J., Scurlock P.G.: Adhesion of coagulating protein (casein) to various surfaces. *J. Dairy Sci.*, 1976, **59** (8), 1401-1407.
- [4] Bowland E.L., Foegeding E.A.: Factors determining large-strain (fracture) rheological properties of model processed cheese. *J. Dairy Sci.*, 1999, **82**, 1851-1859.
- [5] Brzozowski A.: Korozja stali nierdzewnych - krótka charakterystyka. *STAL Metale & Nowe Technologie*, 2010, **1-2**, 32-34.
- [6] Childs J.L., Daubert C.R., Stefanski L., Foegeding E.A.: Factors regulating cheese shreddability. *J. Dairy Sci.*, **90** (5), 2163-2174.
- [7] Cichosz G.: *Technologia serów topionych*. Oficyna Wyd. „Hoża”, Warszawa 2000.
- [8] Czerniawski B., Michniewicz J.: *Opakowania żywności*, Agro Food Technology, Czeladź 1998.
- [9] Foegeding E.A., Drake M.A.: Invited review: Sensory and mechanical properties of cheese texture. *J. Dairy Sci.*, 2007, **90** (4), 1611-1624.
- [10] Glibowski P.: Wpływ olejów roślinnych na teksturę bezwodnego tłuszczu mlecznego. *Acta Agrophysica*, 2007, **9** (3), 603-612.
- [11] Gustaw W., Mleko S.: The effect of polysaccharides and sodium chloride on physical properties of processed cheese analogs containing whey proteins. *Milchwissenschaft*, 2007, **62** (1), 59-62.
- [12] Kołożyn-Krajewska D., Sikora T.: *Towaroznawstwo żywności*. WSiP, Warszawa 2004.
- [13] Lee S.K., Anema S., Klostermeyer H.: The influence of moisture content on the rheological properties of processed cheese spreads. *Inter. J. Food Sci. Technol.*, 2004, **39** (7), 763-771.
- [14] Michalska-Pozoga I.: *Barierowość materiałów polimerowych. Metody i techniki badań*. TEKA Komisji Budowy i Eksploatacji Maszyn, Elektrotechniki, Budownictwa. PAN, Lublin 2008.
- [15] Nastaj M., Szwajgier D., Czernecki T.: Wpływ wersenianu sodu na właściwości reologiczne pian otrzymanych z różnych preparatów białek serwatkowych. W: *Jakość i prozdrowotne cechy żywności*. Red. M. Wojtatowicz, J. Kawa-Rygielska, Wyd. Nauk. UP we Wrocławiu, Wrocław 2011, ss. 131-139.
- [16] Nastaj M.: Czym jest mleko? *Kulturystyka i Fitness*, 2009, **4**, 122-125.
- [17] Piska I., Štětina J.: Influence of cheese ripening and rate of cooling of the processed cheese mixture on rheological properties of processed cheese. *J. Food Eng.*, 2004, **61**, 551-555.
- [18] PA - Poliamid [online]. *Plastech* [dostęp 09.07.2012]. Dostępna w internecie: [http://www.plastech.pl/plastechopedia/wyswietl\\_27/PA](http://www.plastech.pl/plastechopedia/wyswietl_27/PA).
- [19] PTFE - Teflon. [online]. *Profilex* [dostęp 09.07.2012]. Dostępna w internecie: <http://www.profilex.com/ptfe.php>.
- [20] Rahman M.S., Al-Farsi S.A.: Instrumental texture profile analysis (TPA) of date flesh as a function of moisture content. *J. Food Eng.*, 2005, **66**, 505-511.
- [21] Schär W., Bosset J.O.: Chemical and physico-chemical changes in processed cheese and ready-made fondue during storage. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 2002, **35**, 15-20.
- [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., Mleko S., Gustaw W., Udeh K.O.: Effect of whey protein concentrates on texture, meltability and microstructure of acid casein processed cheese analogs. *Milchwissenschaft*, 2010, **65** (2), 299-302.
- [24] Sołowiej B.: Analiza tekstury analogów serów topionych z dodatkiem preparatów serwatkowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2007, **5** (54), 292-300.
- [25] Surówka K.: *Tekstura żywności i metody jej badania*. *Przem. Spoż.* 2002, **10**, 12-17.
- [26] Szcześniak A.S.: Texture is a sensory property. *Food Qual. Prefer.*, 2002, **13**, 215-225.

- [27] Tamime A.Y.: Processed cheese and analogues: An overview. In: Processed Cheese and Analogues. Oxford, UK, 2011.
- [28] Thapa T.B., Gupta V.K.: Rheology of processed cheese foods with added whey protein concentrates. *Indian J. Dairy Sci.*, 1992, **45**, 88-92.
- [29] Tworzywa PMMA – plexi. [online]. Eskade-system [dostęp 09.07.2012]. Dostępna w internecie: <http://www.plexi.eskade.pl/>.

## EFFECT OF WHEY PREPARATIONS ON ADHESIVENESS OF PROCESSED CHEESE ANALOGUES TO DIFFERENT PACKAGING MATERIALS

### S u m m a r y

The objective of this study was to produce processed cheese analogues, in which acid casein was partially replaced by different whey preparations ('DWP 50' demineralised whey powder, 'WPC 35' whey protein concentrate), as well as to assess the adhesiveness of the above mentioned analogues to different packaging materials: stainless steel (SS), aluminum (AL), polymethyl methacrylate (PMMA), polyamide (PA), polyvinyl chloride (PVC), and polytetrafluoroethylene (PTFE)). The adhesiveness of processed cheese analogues was measured using a TA-XT2i Texture Analyser. The adhesiveness of all the processed cheese analogues studied increased along with the increase in the content of protein level in the product. The addition of demineralised whey powder (DWP 50) caused the adhesiveness of processed cheese analogues to significantly increase compared to the products produced with the addition of whey protein concentrate (WPC 35) and to the model analogues made from acid casein only. The cheese analogues showed the lowest adhesiveness to the packaging materials made of aluminium (AL) (the samples with WPC 35 added and the samples made of acid casein only) and to the polytetrafluoroethylene (PTFE) packagings (the samples produced with the whey preparations added). As regards the packagings made of polyvinyl chloride (PVC), all the cheese samples produced with the addition of 2 % of the protein preparations showed the highest adhesiveness to this material. The cheese analogues with the demineralised whey powder (DWP 50) added were the most adhesive to all the packaging materials tested.

**Key words:** processed cheese analogues, acid casein, whey preparations, adhesiveness, packaging materials ☒