

MACIEJ NASTAJ, BARTOSZ SOŁOWIEJ, WALDEMAR GUSTAW

WŁAŚCIWOŚCI FIZYKOCHEMICZNE BEZ WYSOKOBIAŁKOWYCH OTRZYMANYCH Z RÓŻNYCH PREPARATÓW BIAŁEK SERWATKOWYCH

Streszczenie

Celem pracy było określenie wpływu dodatku sacharozy i stężenia białka na właściwości fizykochemiczne napowietrzonych ciastek wysokobiałkowych (bez) otrzymanych z różnych preparatów białek serwatkowych: izolatu (WPI) oraz koncentratu (WPC).

Z preparatów białkowych przygotowano roztwory o stężeniu białka: 15 i 20 % (m/v). Roztwory białek ubijano w zlewce o pojemności 2000 ml w łaźni wodnej o temp. 70 °C za pomocą miksera Philips Essence przez 10 min. Po uzyskaniu maksymalnej objętości piany do układów dodawano sacharozę w postaci cukru pudru, w ilości: 5, 10 i 15 %, w celu ich utrwalenia. Następnie próbki ubijano przez kolejne 5 min. Piany przygotowane w ten sposób przenoszono do aluminiowych foremek o średnicy 50 mm i wysokości 14 mm i utrwalano w temp. 130 °C przez 30 min.

Właściwości reologiczne pian przed utrwaleniem termicznym badano przy użyciu reometru oscylacyjnego HAAKE RS 300 (ThermoHaake, Karlsruhe, Niemcy). Pomiarów granicy płynięcia dokonywano przy stałej prędkości ścinania wynoszącej 0,01 s⁻¹, z zastosowaniem modułu pomiarowego vane oraz układu dwóch płytek równoległych. Właściwości mechaniczne otrzymanych bez białkowych oznaczano przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Wielka Brytania). Określano twardość i kruchość, a w punktowym badaniu tekstury wyznaczano siłę potrzebną do dokonania 20-procentowej deformacji bez. Do pomiarów barwy bez białkowych w systemie CIE L*a*b* użyto urządzenia X-RiteColor® Premier 8200. Zmierzono parametry określające barwę, tj. L* – jasność oraz a* i b* – współrzędne punktu charakteryzujące barwę.

Przed utrwaleniem termicznym najlepszymi właściwościami reologicznymi cechowały się piany otrzymane z roztworów WPI, wykazując najwyższe wartości granicy płynięcia. Zwiększenie dodatku sacharozy spowodowało zmniejszenie wartości granicy płynięcia pian uzyskanych z preparatów WPI i WPC.

Właściwości mechaniczne bez białkowych były zależne od stężenia poszczególnych składników. Największą twardością cechowały się próbki sporządzone z WPI. W bezach z obu analizowanych preparatów, wzrost stężenia cukru spowodował zwiększenie twardości i zmniejszenie kruchości produktów.

Dr inż. M. Nastaj, dr inż. B. Sołowiej, Katedra Biotechnologii, Żywienia Człowieka i Towaroznawstwa Żywności, dr hab. W. Gustaw, prof. nadzw., Katedra Technologii Owoców, Warzyw i Grzybów, Wydz. Nauk o Żywności i Biotechnologii, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, ul. Skromna 8, 20-704 Lublin, Kontakt: mnasty@o2.pl

Stwierdzono przy tym zależność, że im większa była twardość, tym większa oporność na mechaniczne rozkruszanie. Największe wartości parametru L^* stwierdzono w bezach otrzymanych z WPI. Zarówno w bezach z WPI, jaki z WPC, zmniejszenie stężenia białka spowodowało zmniejszenie tej wartości. Większe stężenie cukru w badanych bezach spowodowało wzrost wartości parametrów barwy a^* i b^* , co oznacza, że analizowane próbki były bardziej zielone (mniej czerwone) i bardziej żółte (mniej niebieskie).

Słowa kluczowe: białka serwatkowe, piany, bezy, granica płynięcia, właściwości mechaniczne

Wprowadzenie

Białka są dość powszechnie używanymi składnikami funkcjonalnymi i służą do produkcji całej gamy produktów spożywczych. Szczególnie ich zdolność do pienienia przeważają nad innymi właściwościami funkcjonalnymi i zyskuje coraz większe zainteresowanie ze strony badaczy [27].

Pienienie jest procesem, który umożliwia wytwarzanie unikatowych struktur i tekstur produktów w technologii żywności [5]. Takim białkom, jak albumina jaja kurzego czy preparaty białek serwatkowych przypisuje się zdolność do tworzenia i stabilizacji pian spożywczych [3].

Piany są obecne w wielu produktach spożywczych, takich jak: ciasta, ciastka, nugaty, lody. Innym przykładem mogą być bezy i inne wyroby piekarnicze w formie stałej, do których produkcji piana jest wytwarzana jako etap procesu i w kolejnych fazach produkcyjnych poddawana dalszemu przetwarzaniu, zanim produkt finalny będzie gotowy do spożycia [20].

Proces napowietrzania żywności może również wpływać korzystnie na poprawę właściwości odżywczych produktu poprzez zmianę jego przyswajalności. Korzyść wynikająca z napowietrzania żywności ma głównie związek z jej teksturą. W przypadku produktów płynnych, typu lody i musy, zyskują one nowe cechy, jak gładkość czy płynność. Produkty stałe z kolei nabierają cech lekkości i kruchości. Napowietrzanie produktów prowadzi również do nadania atrakcyjnych cech wizualnych takim produktom, jak: chleb, czekolada, piwo i wino. Napowietrzone produkty cechują się większą żuwalnością, a obecność pęcherzyków powietrza zapewnia bardziej równomierny rozkład smaku w produkcie. Proces napowietrzania zmienia charakter reologiczny produktów poprzez umożliwienie przejścia płynnych składników w stałe, co przyczynia się do nadania produktom spożywczym atrakcyjnych kształtów np. bez [5, 18].

Celem pracy było określenie wpływu dodatku sacharozy i stężenia białka na właściwości fizykochemiczne bez wysokobiałkowych otrzymanych z różnych preparatów białek serwatkowych.

Material i metody badań

Do badań użyto izolatu białek serwatkowych (WPI) i koncentratu białek serwatkowych (WPC 80) (Milei GMBH, Leutkirch, Niemcy) oraz sacharozy w postaci cukru

podu. Z preparatów białkowych przygotowano 15- i 20-procentowe (m/v) roztwory. Preparaty rozpuszczano w wodzie destylowanej przy użyciu mieszadła magnetycznego Heidolph MR 3002S (Schwabach, Niemcy). Następnie roztwory przechowywano w chłodziarce w temp. 7 °C przez około 15 h w celu zapewnienia odpowiedniego uwodnienia białek i doprowadzenia układów do stanu równowagi. Przed wytwarzaniem pian roztwory doprowadzono do temp. 20 °C i ponownie mieszano mieszadłem magnetycznym przez 1 h. Roztwór białek ubijano w zlewce o pojemności 2000 ml w łaźni wodnej o temp. 70 °C za pomocą miksera Philips Essence przez 10 min. Po uzyskaniu maksymalnej objętości piany dodawano sacharozę w celu utrwalenia układów, w ilości 5, 10 i 15 % i ubijano przez kolejne 5 min. Następnie piany przenoszono do aluminiowych foremek o średnicy 50 mm i wysokości 14 mm i utrwalało termicznie w piekarniku w temp. 130 °C przez 30 min. Po wypieczeniu bezy białkowe były konfekcjonowane i poddawane dalszym analizom.

Właściwości reologiczne pian przed utrwaleniem termicznym badano w reometrze oscylacyjnym HAAKE RS 300 (ThermoHaake, Karlsruhe, Niemcy). Pomiarów granicy płynięcia (τ_0) dokonywano przy stałej prędkości ścinania wynoszącej $0,01 \text{ s}^{-1}$ z zastosowaniem modułu pomiarowego vane oraz układu dwóch płytek równoległych. Każdą próbkę piany analizowano w trzech powtórzeniach. Uzyskane wyniki rejestrowano komputerowo, wykorzystując program RheoWin Pro (ThermoHaake, Karlsruhe, Niemcy).

Właściwości mechaniczne bez białkowych mierzono przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Wielka Brytania). Oznaczano cechy mechaniczne: twardość i kruchość (próbniakiem cylindrycznym o średnicy 75 mm, z prędkością przesuwu głowicy 1 mm/s i 50-procentową deformacją) oraz w punktowym teście przebijania określano siłę potrzebną do dokonania 20-procentowej deformacji (próbniakiem cylindrycznym o średnicy 6 mm, z prędkością przesuwu głowicy 1 mm/s). Na każdej z analizowanych próbek wykonano 6 równoległych pomiarów. Uzyskane wyniki rejestrowano w programie Texture Expert 1.22.

Barwę bez białkowych mierzono w systemie CIE $L^*a^*b^*$ przy użyciu urządzenia X-RiteColor® Premier 8200 zaopatrzonego w filtr UV o długości 400 nm. Pomiarów wykonywano z zastosowaniem standardowego wzorca bieli. Określano L^* – jasność oraz a^* i b^* – współrzędne punktu charakteryzujące barwę. Uzyskane wyniki rejestrowano za pomocą oprogramowania X-RiteColor® Master. Na każdej próbce wykonano 10 równoległych pomiarów.

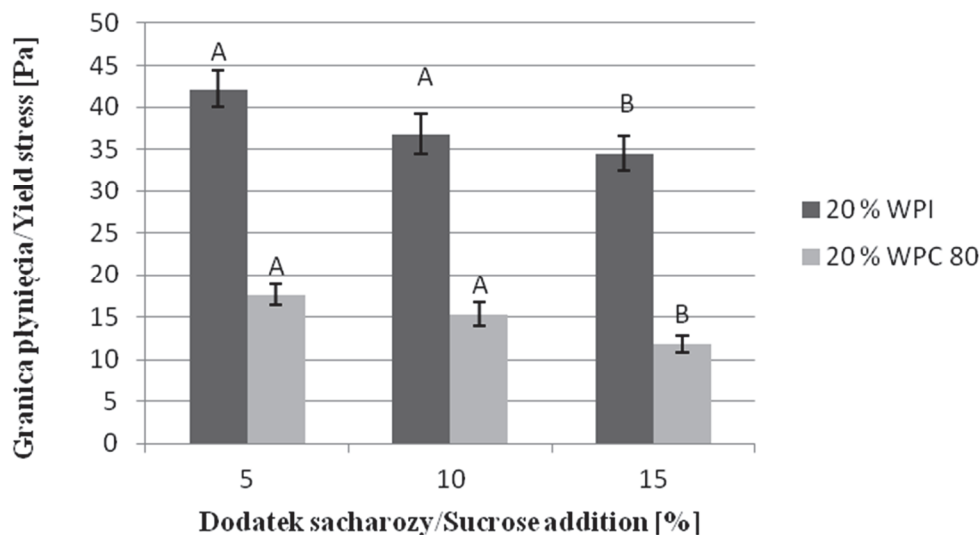
Uzyskane wyniki analizowano statystycznie przy użyciu oprogramowania Statistical Analysis System (SAS Enterprise Guide 3.0.3.414). Istotne różnice między wartościami średnimi weryfikowano metodą ANOVA z zastosowaniem analizy wariancji i testu Studenta-Newmana-Keulsa.

Wyniki i dyskusja

Na rys. 1. przedstawiono wartości granicy płynięcia (τ_0) pian otrzymanych z 20-procentowych roztworów badanych preparatów przed utrwaleniem termicznym. Największe wartości τ_0 stwierdzono w pianach uzyskanych z WPI o stężeniu 20 %, natomiast przy niższych (15 %) stężeniach (dane nie zamieszczone) wartości te ulegały zmniejszeniu. Wiąże się to prawdopodobnie ze zwiększaniem ilości powierzchniowo aktywnego materiału i większej ilości białkowych powłok międzyfazowych [20]. Mleko i wsp. [16] zwiększali stężenie białka i stwierdzili poprawę właściwości reologicznych pian albuminowych przeznaczonych do produkcji *angel food cake* (rodzaj ciasta biszkoptowego wytworzonego z udziałem samych białek), co było odzwierciedlone wyższymi wartościami modułu zachowawczego G' .

Inni badacze podkreślają również znaczenie czystości preparatu i obecności różnych składników dodanych do układu, np. cukrów [17]. Generalnie właściwości pianotwórcze białek ulegają zmianie, gdy są one obecne w mieszaninie z innymi składnikami niebiałkowymi. [26]. Na różnice w wartościach τ_0 wpływ może mieć różna zawartość laktozy obecnej w dyspersjach badanych preparatów. W przypadku koncentratu WPC 80 jest ona największa, z kolei roztwór izolatu białek serwatkowych WPI cechuje się najmniejszą zawartością tego cukru. Luck i wsp. [14] zaobserwowali, że wzrost zawartości laktozy w roztworze WPI prowadził do zmniejszenia wartości τ_0 uzyskanych pian.

Zwiększenie dodatku sacharozy w układzie spowodowało zmniejszenie wartości granicy płynięcia pian uzyskanych z obu badanych preparatów. Według Davisa i Foegedinga [6] dodatek sacharozy do roztworu WPI i spolimeryzowanego WPI powoduje obniżenie wartości τ_0 . Raikos i wsp. [22] stwierdzili, że wzrost stężenia sacharozy w roztworze albuminy powodował obniżenie wartości τ_0 , co można przypisać wzrostowi lepkości roztworu wywołanej dodatkiem sacharozy, która uniemożliwia wprowadzenie większej ilości powietrza do spienianego roztworu podczas ubijania. W obecności sacharozy dochodzi również do zmniejszenia fazy frakcji powietrznej w pianie w porównaniu z próbką wzorcową bez dodatku cukru. Według Lau i Dickinsona [13] dodatek cukru do napowietrzanego roztworu albuminy powoduje wzrost lepkości fazy ciągłej, co jest zjawiskiem niekorzystnym dla wprowadzania powietrza oraz gwałtownej dyfuzji i rozfałdowywania się białek w pobliżu granicy faz. Antipova i wsp. [2] stwierdzili, że adsorpcja białek globularnych zmniejsza się w obecności cukrów, prawdopodobnie z uwagi na tworzenie się wiązań wodorowych pomiędzy cząstkami białek i cukrami, co przyczynia się do obniżenia hydrofobowości białek globularnych i obniżenia ich aktywności powierzchniowej. Cząsteczki białek, które biorą udział w tworzeniu się wiązań wodorowych z cukrem mają tendencję do pozostawiania w fazie ciągłej i nie adsorbują się na granicy faz [22].



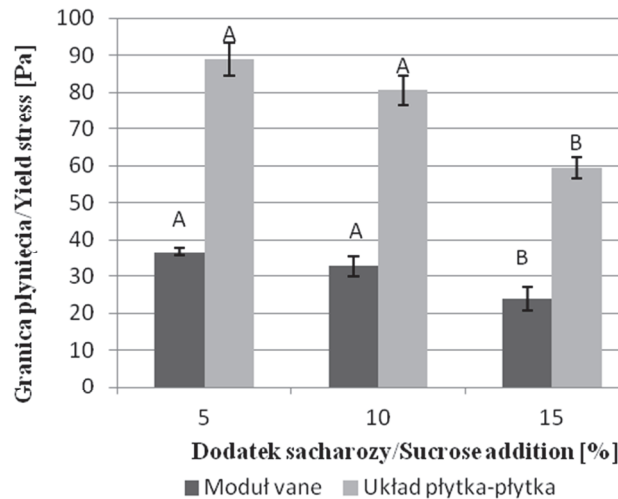
Objaśnienie: / Explanatory note:

różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami w przypadku tego samego preparatu białkowego są statystycznie istotne ($p < 0,05$) / differences among mean values denoted using different letters for the same protein preparation are statistically significant ($p < 0.05$).

Rys. 1. Wpływ rodzaju preparatu oraz zróżnicowanego dodatku sacharozy na wartość granicy płynięcia pian uzyskanych z 20-procentowych roztworów białek przed utwaleniem termicznym.

Fig. 1. Effect of whey protein preparation type and varying sugar addition on yield stress values of protein foams obtained from 20 % protein solutions prior to thermal treatment.

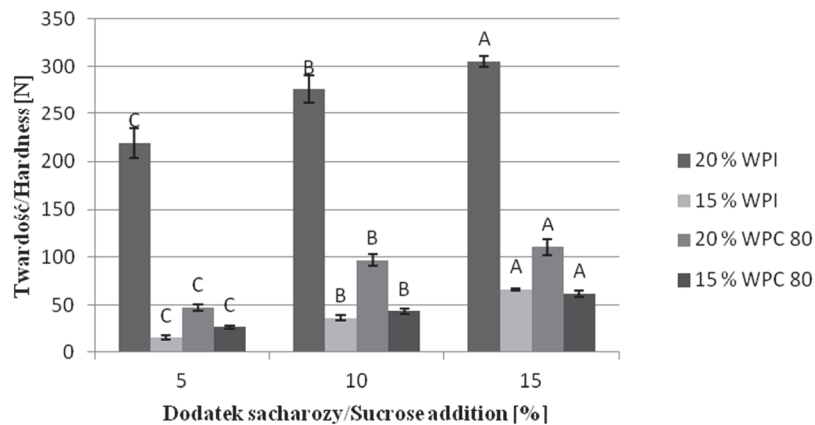
Po przeanalizowaniu wartości granicy płynięcia pian zmierzonych dwiema metodami (rys. 2) można zauważyć, że wszystkie próbki osiągnęły wyższe wartości τ_0 przy zastosowaniu metody w układzie płytek równoległych w porównaniu z modułem vane. Według Pernella i wsp. [21] metoda badania granicy płynięcia pian z użyciem modułu vane jest tą, w której piana zostaje swobodnie ułożona w cylindrze, zatem ściskanie próbki podczas pomiaru nie następuje. W przypadku metody płytek równoległych próbka piany jest intensywnie ściszana podczas pomiaru, co, być może, powoduje niszczenie jej struktury i wpływa na różnicę pomiędzy wartościami granicy płynięcia mierzonej tymi metodami. Możliwe jest, że zmiany we właściwościach reologicznych i granicy płynięcia pian odzwierciedlają czułość metody na procesy wywołujące niestabilność piany (odciek grawitacyjny, dysproporcjonowanie) mających charakter lokalny, które nie zostają stwierdzone przez zmianę właściwości roztworu.



Objaśnienie jak pod rys. 1. / Explanatory note as in Fig. 1.

Rys. 2. Porównanie wartości granicy płynięcia pian otrzymanych z 15-procentowego roztworu WPI przed utwaleniem termicznym, zmierzonych za pomocą modułu vane i układu płytek równoległych.

Fig. 2. The comparison of yield stress values measured with vane tool and parallel plates method for the foams obtained from the 15 % protein before thermal treatment.

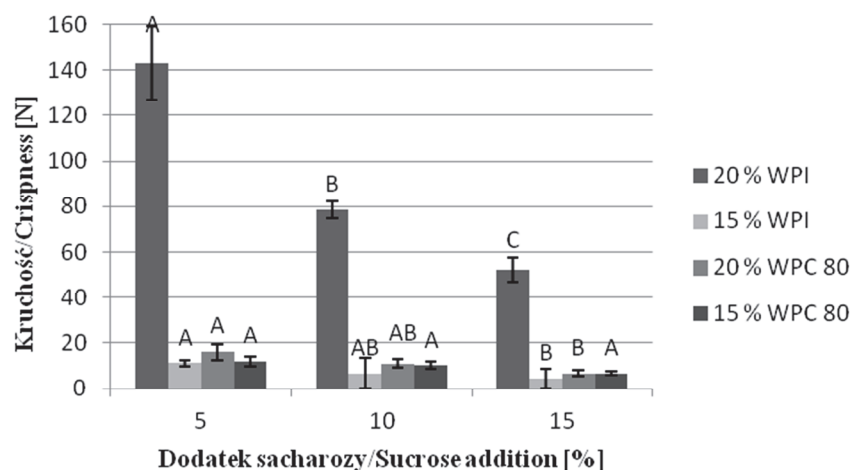


Objaśnienie jak pod rys. 1. / Explanatory note as in Fig. 1.

Rys. 3. Wpływ rodzaju preparatu, jego stężenia oraz dodatku sacharozy na twardość otrzymanych bez białkowych.

Fig. 3. Effect of type of whey protein preparation, its concentration and sucrose addition on hardness of protein meringues produced.

Na podstawie wyników badań właściwości mechanicznych bez białkowych stwierdzono, że twardość (rys. 3) i kruchość (rys. 4) badanych układów zależały od rodzaju preparatu, stężenia białka oraz ilości sacharozy. Największą twardością charakteryzowały się bezy wytworzone z roztworu WPI o 20-procentowej zawartości białka. Mniejszą twardością cechowały się bezy, do produkcji których użyto 20-procentowych roztworów WPC. Zastosowanie do produkcji bez 15-procentowych roztworów obu badanych preparatów (WPI i WPC 80) skutkowało znacznym zmniejszeniem twardości w porównaniu z układami zawierającymi 20 % białka. W przypadku analizowanych preparatów białkowych, bez względu na ich rodzaj i stężenie, wzrost dodatku sacharozy wpływał na zwiększenie twardości bez białkowych.



Objaśnienie jak pod rys. 1. / Explanatory note as in Fig. 1.

Rys. 4. Wpływ rodzaju preparatu, jego stężenia oraz dodatku sacharozy na kruchość otrzymanych bez białkowych.

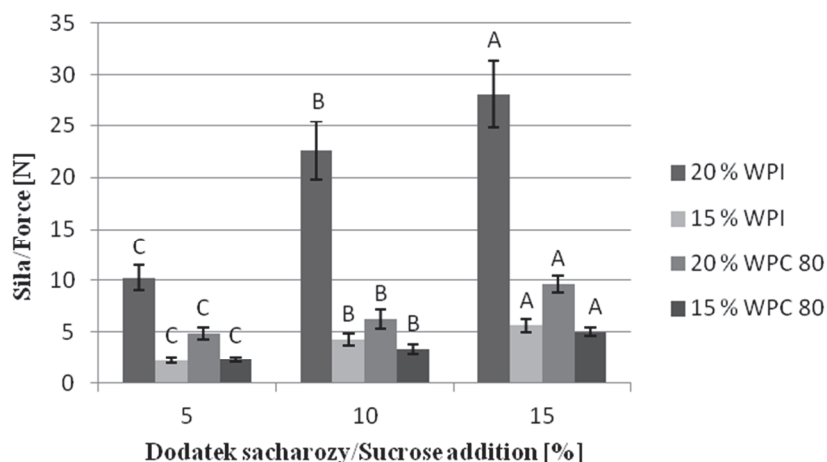
Fig. 4. Effect of type of whey protein preparation, its concentration, and sucrose addition on crispness of protein meringues produced.

Największą odpornością na rozkruszanie (najmniejszą kruchością) charakteryzowały się bezy zawierające 20 % białka, wykonane z roztworu WPI. W przypadku bez wykonanych z 15-procentowego roztworu WPI oraz układów zawierających 15 i 20 % białka otrzymanych z roztworów WPC 80 stwierdzono znaczne wzrosty kruchości. Najmniejszą odpornością na rozkruszanie (największą kruchością) charakteryzowały się układy z 15-procentową zawartością białka wytworzone z roztworu WPI. W przypadku wszystkich analizowanych układów zwiększanie stosunku sacharozy do białka wpływało na modyfikacje kruchości badanych bez.

W literaturze często używa się terminu kruchość. Określenie to może być mylące, ponieważ większe wartości tej cechy oznaczają, że występuje większa wartość siły, przy której zaobserwowano wystąpienie pierwszego pikę na krzywej ściskania, co świadczy o większej odporności próbki na wystąpienie tej cechy, czyli kruchości. Można zakładać, że próbki o większej twardości były mniej elastyczne i siła ściskająca powodowała, że przy mniejszych jej wartościach pewne drobne fragmenty ich struktury ulegały zniszczeniu, co powodowało powstanie pikę. W przypadku próbek o mniejszej twardości, a większej elastyczności, podczas ściskania naprężenia ulegają szybciej relaksacji, nie powodując zniszczenia drobnych fragmentów struktury. Na podstawie przeprowadzonych badań właściwości mechanicznych bez białkowych stwierdzono następującą zależność: im większa była twardość bez, tym większą wykazywały odporność na rozkruszenie (mniejszą kruchość).

Podczas testu przebijania największą siłę potrzebną do przebicia powierzchni analizowanych bez białkowych zarejestrowano w odniesieniu do układów zawierających 20 % białka pochodzącego z WPI. Mniejszymi wartościami siły cechowały się układy zawierające 20 % białka, które wykonano z roztworu WPC 80. Najmniejsze wartości siły zarejestrowano w przypadku bez zawierających 15 % białka WPI, jak i WPC 80. Badane układy charakteryzowały się porównywalnymi wartościami siły. W przypadku wszystkich analizowanych bez białkowych, otrzymanych z roztworów WPI i WPC 80 stwierdzono, że wzrost dodatku sacharozy w układach powodował wzrost wartości siły potrzebnej do ich przebicia (rys. 5).

Pernell i wsp. [20] porównywali właściwości mechaniczne ciasta anielskiego (*angel food cake*) wykonanego ze sproszkowanej albuminy oraz WPI i stwierdzili, że tekstura próbek w dużym stopniu zależała od rodzaju zastosowanych białek. Ciasta wykonane z preparatu WPI cechowały się większą zdolnością do opadania podczas wypieku. Foegeding i wsp. [7] stwierdzili również, że właściwości mechaniczne bez białkowych są zależne od stosunku ilości cukru do białka oraz poziomu odwodnienia i obróbki termicznej podczas wypieku. McGee i wsp. [15] zaobserwowali, że ilość dodanego cukru miała istotny wpływ na końcowe parametry bez białkowych, jak: lekkość, twardość i stabilność. Według Labensky'ego i House'a [12] bezy miękkie zawierają mniej lub tyle samo cukru, co białka. Z kolei bezy twarde zawierają dwukrotnie więcej cukru niż białka. Terminy: beza twarda i miękka określają właściwości reologiczne pian i są używane jako wyznaczniki oceny jakości w technologii żywności [7]. Preparaty białek są składnikami, które determinują właściwości mechaniczne wielu produktów mleczarskich. Gustaw i wsp. [11] stwierdzili poprawę twardości jogurtów otrzymanych ze zwiększonym dodatkiem preparatów białek serwatkowych. Podobne tendencje zaobserwowali Sołowiej i wsp. [24] i Sołowiej [25] po przeanalizowaniu twardości analogów serów topionych oraz analogów wysokobiałkowych o obniżonej zawartości tłuszczu.



Objaśnienie jak pod rys. 1. / Explanatory note as in Fig. 1.

Rys. 5. Wpływ rodzaju preparatu, jego stężenia oraz dodatku sacharozy na wartość siły penetracji otrzymanych bezbiałkowych.

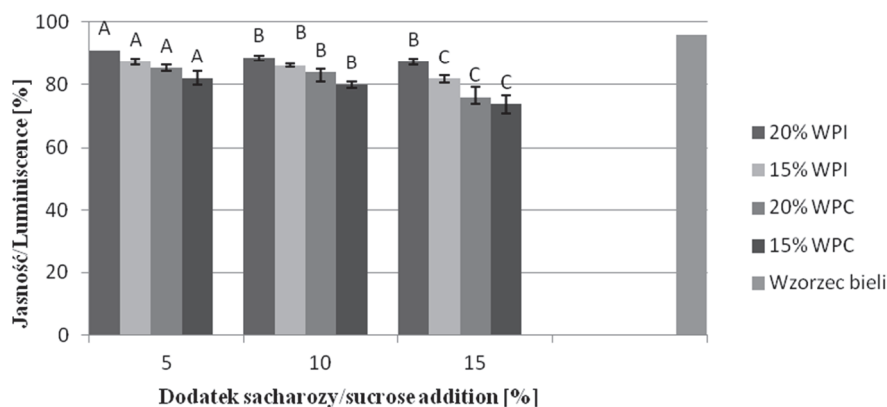
Fig. 5. Effect of type of whey protein preparation, its concentration, and sucrose addition on penetration force value of protein meringues produced.

Allais i wsp. [1], po przebadaniu tekstury ciastek francuskich złożonych z białka jaja kurzego, mąki i cukru stwierdzili, że zmniejszenie zawartości białka w układzie powodowało zmniejszenie twardości ciastek podczas profilowej analizy tekstury. Gallagher i wsp. [9] uzyskali biszkopty o mniejszej twardości w przypadku zmniejszenia w nich udziału cukru i zastąpienia go słodzikami – raftylozą. Badacze określili korelację pomiędzy zawartością cukru w biszkoptych i teksturą produktu gotowego. Podobne zależności zostały zaobserwowane przez Olingera i Valesco [19], którzy również badali teksturę ciastek o zmniejszonej zawartości cukru, zastępowanego polioliami. Bullock i wsp. [4] analizowali wpływ zmniejszenia zawartości cukru na twardość ciastek i efekt zastąpienia cukru acesulfamem-K. W przypadku zastosowania acesulfamu-K twardość ciastek była mniejsza niż twardość próbki kontrolnej, zawierającej cukier. Według Frye'a i Setsera [8] zmniejszenie zawartości cukru w biszkoptych wpływało na ich strukturę i właściwości sensoryczne. Ronda i wsp. [23] stwierdzili, że biszkopty zawierające mniejszą ilość cukru, zastąpionego polialkoholami, cechowały się mniejszą twardością skórki od próbek kontrolnych powstałych z udziałem cukru. Według Gomeza i wsp. [10] dodatek karagenu, mączki chleba świętojańskiego czy pektyny istotnie wpływał na parametry tekstury uzyskanych produktów. Ciastka z dodatkiem tych hydrokoloidów charakteryzowały się większymi wartościami twardości w porównaniu z próbkami kontrolnymi, które nie zawierały tych dodatków. Dodatek spowodował również zmniejszenie ilości powietrza zatrzymanego w ich strukturze, co spowodowało wzrost ich gęstości i przełożyło się również na zwiększenie twardości [10].

Na podstawie przeprowadzonej analizy barwy można stwierdzić, że jasność L^* oraz parametry barwy a^* i b^* bez białkowych były zależne od rodzaju preparatu, stężenia białka oraz zawartości sacharozy w badanym układzie.

Największą jasnością (rys. 6) cechowały się układy wykonane z roztworów WPI. Bezy wykonane z roztworów WPC 80 charakteryzowały się mniejszą jasnością. W przypadku wszystkich analizowanych układów wytworzonych z WPI i WPC, zmniejszenie stężenia białka z 20 do 15 % powodowało zmniejszenie jasności analizowanych produktów. Zmniejszenie parametru L^* stwierdzono również w przypadku wszystkich analizowanych próbek wraz ze wzrostem udziału sacharozy. Najmniejszą jasnością charakteryzowały się bezy zawierające 15 % białka, uzyskane z roztworu WPC 80 z dodatkiem 15 % sacharozy.

W przypadku parametru barwy a^* (rys. 7) największymi wartościami cechowały się bezy o zawartości 15 i 20 % białka, otrzymane z roztworów WPI i WPC 80 z 15-procentowym dodatkiem sacharozy. Zmniejszanie dodatku sacharozy w analizowanych bezach powodowało zmniejszenie wartości parametru barwy a^* w przypadku wszystkich analizowanych produktów.



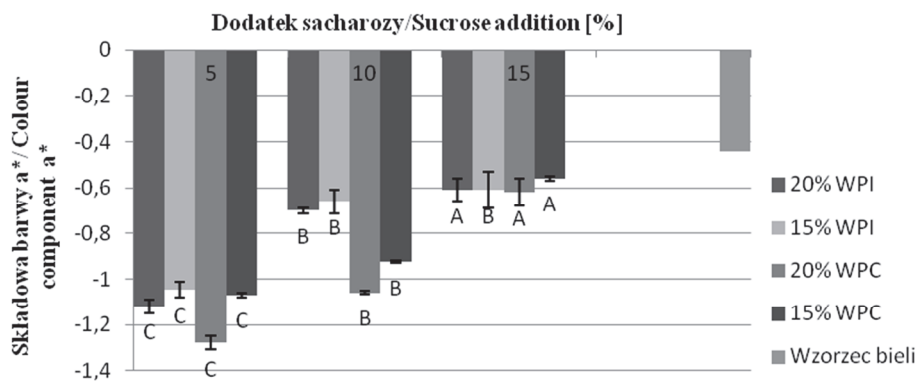
Objaśnienie jak pod rys. 1. / Explanatory note as in Fig. 1.

Rys. 6. Wpływ rodzaju preparatu białek serwatkowych, jego stężenia oraz dodatku sacharozy na jasność bez białkowych.

Fig. 6. Effect of type of whey protein preparation, its concentration, and sucrose addition on luminiscent of protein meringues produced.

Bezy zawierające 20 i 15 % białka, uzyskane z roztworów WPI i WPC 80, w których dodatek sacharozy wynosił 5 %, cechowały się najmniejszymi wartościami parametru a^* . We wszystkich analizowanych próbkach wzrost dodatku sacharozy prowadził do wzrostu wartości tego parametru. W praktyce oznacza to, że zwiększony udział

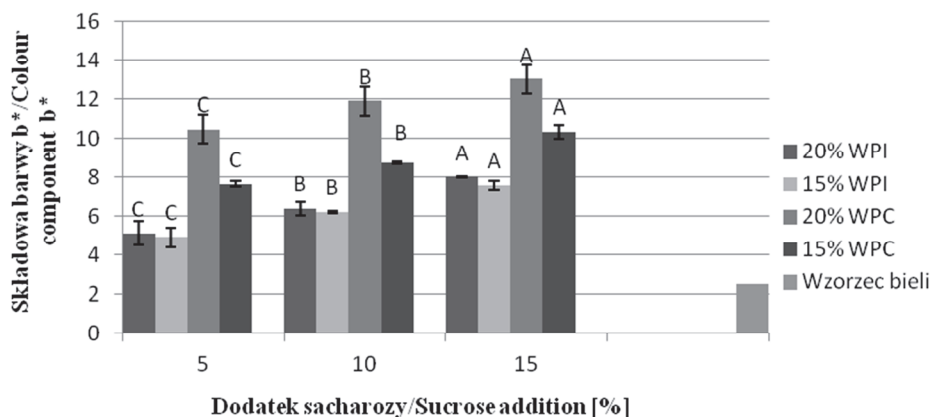
sacharozy powodował otrzymanie produktów o barwie bardziej zielonej (lub mniej czerwonej).



Objaśnienie jak pod rys. 1. / Explanatory note as in Fig. 1.

Rys. 7. Wpływ rodzaju preparatu, jego stężenia oraz dodatku sacharozy na składową barwy a* otrzymanych bez białkowych.

Fig. 7. Effect of type of whey protein preparation, its concentration, and sucrose addition on a* colour component of protein meringues produced.



Objaśnienie: / Explanatory note:

różnice pomiędzy wartościami średnimi oznaczonymi różnymi literami dla tego samego preparatu białkowego są statystycznie istotne ($p < 0,05$) / differences among mean values denoted using different letters for the same protein preparation are statistically significant ($p < 0.05$).

Rys. 8. Wpływ rodzaju preparatu, jego stężenia oraz dodatku sacharozy na składową barwy b* otrzymanych bez białkowych.

Fig. 8. Effect of type of whey protein preparation, its concentration, and sucrose addition on b* colour component of protein meringues produced.

Analiza wartości parametru barwy b^* (rys. 8) dowiodła, że największymi wartościami cechowały się bezy otrzymane z preparatu WPC 80. Układy otrzymane z preparatu WPI charakteryzowały się mniejszymi wartościami parametru b^* . W przypadku bez uzyskanych z obu analizowanych preparatów białkowych, zmniejszenie stężenia białka w układzie z 20 do 15 % powodowało zmniejszenie wartości parametru b^* . W przypadku WPI zmniejszenie wartości parametru b^* nie było tak znaczne, jak w bezach otrzymanych z preparatu WPC 80. Zwiększanie dodatku sacharozy w bezach powodowało wzrost wartości parametru b^* w przypadku wszystkich analizowanych próbek bez białkowych. W praktyce oznacza to, że otrzymane bezy białkowe charakteryzowały się barwą bardziej żółtą (lub mniej niebieską).

Obserwowane różnice w parametrach barwy bez białkowych otrzymanych z WPI i WPC 80 mogą wynikać z różnicy w składzie pomiędzy badanymi preparatami. Mniejsze wartości jasności L^* oraz większe wartości parametru b^* (barwa bardziej żółta lub mniej niebieska), stwierdzone w przypadku bez białkowych otrzymanych z WPC 80 mogą wynikać z tego, że koncentrat białek serwatkowych WPC 80, w porównaniu z WPI, zawiera więcej laktozy. Ten cukier o charakterze redukującym bierze udział w reakcji Maillarda i może być istotnym determinantem wpływającym na parametry barwy badanych bez białkowych.

Ronda i wsp. [23] analizowali barwę biszkoptów wytworzonych z udziałem innych składników słodzących niż cukier. Biszkopty te były jaśniejsze od biszkoptów kontrolnych zawierających sacharozę, na co wskazywały wartości parametru L^* . Mniejsza jasność biszkoptów mogła być tłumaczona reakcją Maillarda. Allais i wsp. [1], którzy analizowali barwę francuskich ciastek złożonych z białka jaja kurzego, mąki i cukru stwierdzili, że wartości parametru barwy b^* ciastek były większe w przypadku zastosowania wyższych stężeń białek (ciastka były bardziej żółte lub mniej niebieskie). Ciastka o mniejszych stężeniach białek charakteryzowały się mniejszymi wartościami parametrów L^* i a^* . Stwierdzono zmniejszenie wartości L^* , a^* i b^* wraz ze zmniejszaniem stężenia białka w ciastkach z 20 do 15.

Otrzymane produkty mogą stanowić atrakcyjną przekąskę wysokobiałkową dla osób aktywnych. W przeciwieństwie do tradycyjnych odżywek białkowych nie wymagają żadnego przygotowania i wykazują długi okres przydatności do spożycia.

Wnioski

1. Rodzaj zastosowanego preparatu białkowego (WPI lub WPC 80), jego stężenie oraz ilość sacharozy w istotnym stopniu determinowały właściwości mechaniczne oraz parametry barwy bez białkowych. Znajomość wpływu poszczególnych składników pozwoli na sterowanie teksturą i barwą wyrobu gotowego.
2. W przypadku otrzymanych pian przed ich termicznym utwaleniem, zwiększenie zawartości białka i zmniejszony dodatek sacharozy w układach prowadził do po-

- prawy ich właściwości reologicznych, co objawiało się wzrostem wartości granicy płynięcia.
3. W przypadku obu preparatów zwiększenie dodatku sacharozy spowodowało wzrost twardości i zmniejszenie kruchości bez białkowych. Na podstawie właściwości mechanicznych stwierdzono następującą zależność: im większa twardość, tym większa odporność na rozkruszenie (mniejsza kruchość) analizowanych bez.
 4. Zaproponowana technologia otrzymywania bez wysokobiałkowych o obniżonej zawartości sacharozy może stanowić nowy produkt spożywczy, atrakcyjny dla osób aktywnych i sportowców ze zwiększonym zapotrzebowaniem na pełnowartościowe białko.

Literatura

- [1] Allais I., Edoura-Geana R.B., Defour E.: Characterization of lady finger batters and biscuits by spectroscopy – relation with density, color and texture. *J. Food Eng.*, 2006, **77**, 896-909.
- [2] Antipova A.S., Semenova M.G., Belyakova L.E.: Effect of sucrose on the thermodynamic properties of ovalbumin and sodium caseinate in bulk solution and at air-water interfaces. *Coll. Surf. B: Biointerfaces*, 1999, **12**, 261-270.
- [3] Berry K., Yang X., Foegeding A.: Foams prepared from whey protein isolate and egg white protein: 2. Changes associated with angel food cake functionality. *J. Food Sci.*, 2009, **74** (5), 269-277.
- [4] Bullock L.M., Handel A.P., Segall S., Wasserman P.A.: Replacement of simple sugars in cookie dough. *Food Technol.*, 1992, **46** (1), 82-86.
- [5] Campbell G.M., Mougeot E.: Creation and characterization of aerated food products. *Trends Food Sci. Technol.*, 1999, **10**, 283-296.
- [6] Davis J.P., Foegeding E.A.: Foaming and interfacial properties of polymerized whey protein isolate. *J. Food Sci.*, 2004, **69** (5), 404-410.
- [7] Foegeding E.A., Luck P.J., Davis J.P.: Factors determining the physical properties of protein foams. *Food Hydrocoll.*, 2006, **20**, 284-292.
- [8] Frye A.M., Setser C.S.: Optimising texture of reduced-calorie sponge cakes. *Cereal Chem.*, 1991, **69**, 338-343.
- [9] Gallagher E., O'Brien C.M., Scannell A.G.M., Arendt E.K.: Evaluation of sugar replacers in short dough biscuit production. *J. Food Eng.*, 2003, **56**, 261-263.
- [10] Gomez M., Ronda F., Caballero P., Blanco C.A., Rosell C.M.: Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocoll.*, 2007, **21**, 167-173.
- [11] Gustaw W., Mleko S., Tomczyńska-Mleko M.: Effect of κ -carrageenan addition on whey protein concentrates gelation. *Milchwissenschaft*, 2009, **64** (3), 284-287.
- [12] Labensky S.R., Hause A.M.: *On cooking: A textbook of culinary fundamentals*. Upper Saddle River, 1999, NJ, USA.
- [13] Lau C.K., Dickinson E.: Instability and structural change in an aerated system containing egg albumen and invert sugar. *Food Hydrocoll.*, 2005, **19**, 111-121.
- [14] Luck P.J., Bray N., Foegeding E.A.: Factors determining yield stress and overrun of whey protein foams. *J. Food Sci.*, 2001, **69** (5), 1667-1861.
- [15] McGee H., Long S.R., Briggs W.R.: Why whip egg whites in copper bowls? *Nature*, 1984, **308**, 667-668.

- [16] Mleko S., Kristinsson H.G., Liang Y., Davenport M.P., Gustaw W., Tomczyńska-Mleko M.: Rheological properties of angel food cake made with pH unfolded and refolded egg albumen. *LWT*, 2010, **43**, 1461-1466.
- [17] Murray B.: S.: Stabilization of bubbles and foams. *Curr. Opin. Colloid. Interface Sci.*, 2007, **12**, 232-241.
- [18] Niranjana K.: An introduction to bubble mechanics in foods. *Bubbles in Food*. Eagan Press, St Paul, Minnesota, USA, 1999, pp. 75-82.
- [19] Olinger P.M., Valesco V.S.: Opportunities and advantages of sugar replacement. *CFW*, 1991, **41 (3)**, 110-117.
- [20] Pernell C.V., Luck P.J., Foegeding E.A., Daubert C.R.: Heat-induced changes in angel food cakes containing egg-white protein or whey protein isolate. *J. Food Sci.*, 2002, **67 (8)**, 2945-2951.
- [21] Pernell C.W., Foegeding E.A., Daubert C.R.: Measurement of the yield stress of protein foams by vane rheometry. *J. Food Sci.*, 2000, **65 (1)**, 110-114.
- [22] Raikos V., Campbell L., Euston R.S.: Effects of sucrose and sodium chloride on foaming properties of egg white proteins. *Food Res. Int.*, 2007, **40**, 347-355.
- [23] Ronda F., Gomez M., Blanco C.A., Caballero P.: Effects of polyols and non-digestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes. *Food Chem.*, 2005, **90**, 549-555.
- [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.: Textural, rheological and melting properties of acid casein reduced-fat processed cheese analogues. *Milchwissenschaft*, 2012, **67 (1)**, 9-13.
- [26] Thakur R.K., Vial Ch., Djelveh G.: Effect of pH of food emulsions on their continuous foaming using a mechanically agitated column. *Innovat. Food Sci. Emerg. Technol.*, 2006, **7**, 203-210.
- [27] Yankov S., Panchev I.: Foaming properties of sugar-egg mixtures with milk protein concentrates. *Food Res. Int.*, 1996, **29**, 521-525.

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF HIGH PROTEIN MERINGUES MADE FROM DIFFERENT WHEY PROTEIN PREPARATIONS

S u m m a r y

The objective of the paper was to determine the effect of sucrose and protein added on physicochemical properties of high protein cakes (meringues) made from different whey protein preparations: whey protein isolate (WPI) and whey protein concentrate (WPC).

Using protein preparations, solutions were prepared, their protein concentrations were 15 and 20 % (m/v). The protein solutions were whisked in a 2000 ml beaker, in a water bath at 70 °C using a kitchen mixer; the whisking time was 10 minutes. As soon as the volume of the foam produced reached its maximum, and in order to stiffen the systems, sucrose in the form of powdered sugar was added in the amounts of 5, 10, and 15 %. Next, the samples were whisked for 5 minutes. The foam produced in this way was scooped up and placed in 14 mm high aluminium foil baking pans of 50 mm diameter, and stiffened in an oven at 130 °C for 30 minutes.

Prior to thermal treatment, the rheological properties of the foams were analysed using a ThermoHaake RS 300 rheometer (ThermoHaake, Karlsruhe, Germany). The yield stress was measured at a constant shear rate of 0.01 s⁻¹ using a vane tool and a system of parallel plates. Mechanical properties of the protein meringues produced were determined by the use of a TA-XT2i texture analyser (Stable Micro

systems, Surrey, Great Britain). Their hardness and crispness were determined; based on a puncture analysis of the texture performed, determined was a force necessary to obtain a 20 % deformation of the meringues. An X-RiteColor® Premier 8200 was applied to analyse the colour of the protein meringues using a CIE L*a*b* system. Measured were the parameters to determine the colour, i.e. L* luminescence as well as a* and b*, which are the coordinates of a point to characterized the colour.

The foam, produced from WPI solutions and not thermally treated, was characterized by the best rheological properties and showed the highest yield stress values. The sucrose added caused the yield stress values of foams produced from WPI and WPC preparations to decrease.

The mechanical properties of the protein meringues depended on the concentration level of individual ingredients. The samples made from WPI preparations were characterized by the highest hardness values. In the meringues made from the two preparations under analysis, the increase in the sugar concentration caused the hardness to increase and the crispness to decrease. At the same time, it was found that the higher the hardness, the higher the resistance to mechanical crushing.

The highest values of L* parameters were reported for meringues made from WPI. The decrease in the protein concentration caused the L* value to decrease in both the meringues from WPI and from the WPC preparations. A higher concentration of sugar in the meringues studied caused the a* and b* colour parameters to increase; i.e. the samples analyzed were greener (less red) and more yellow (less blue).

Key words: whey proteins, foams, meringues, yield stress, mechanical properties ☒