

DOROTA GAŁKOWSKA, MAGDALENA CHMIEL, LESŁAW JUSZCZAK

WPLYW DODATKU INULINY NA WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI SOSÓW TRUSKAWKOWYCH O OBNIŻONEJ ZAWARTOŚCI SACHAROZY

Streszczenie

Wprowadzenie. Celem pracy była ocena wpływu zastąpienia sacharozy inuliną i glikozydami stewiolowymi na właściwości sensoryczne oraz charakterystykę reologiczną sosów truskawkowych o obniżonej zawartości cukru. Materiał badany stanowiły sosy, których składnikami były pulpa truskawkowa, syrop glukozowy, sacharoza, guma ksantanowa, sorbinian potasu, barwnik i aromat. Sosy o obniżonej zawartości sacharozy otrzymano zastępując sacharozę glikozydami stewiolowymi oraz inuliną. Produkty scharakteryzowano pod względem cech sensorycznych, parametrów barwy oraz właściwości reologicznych.

Wyniki i wnioski. Na podstawie uzyskanych wyników analizy sensorycznej stwierdzono, że sosy zawierające inulinę i glikozydy stewiolowe odbierane były jako bardziej lepkie, spójne i adhezyjne, a jednocześnie dawały wrażenie mniej ciągliwych i słabiej rozpluwających się w ustach niż sos podstawowy. Ponadto wywoływały one wrażenie mniej słodkich, z intensywniejszymi posmakami metalicznym i lukrecjowym. Zastąpienie sacharozy inuliną wpłynęło na istotne rozjaśnienie barwy sosów (wzrost wartości L^* z 26,10 do 40,53), co wynikało z naturalnie białej barwy tego polisacharydu. Zaobserwowano również istotny wzrost udziałów odcieni czerwonego i żółtego w barwie sosów, przy czym wzrost ten w niewielkim stopniu wpłynął na wartości indeksu czerwieni, które zawierały się w przedziale $2,02 \div 2,26$. Wartości całkowitej różnicy barw ($4,67 \div 21,17$) wskazały na istotne, identyfikowalne sensorycznie, zróżnicowanie barw poszczególnych próbek w porównaniu z barwą sosu kontrolnego. Badane sosy odznaczały się przepływem nienewtonowskim, pseudoplastycznym ($n < 1$) oraz zjawiskiem tiksotropii. Zastąpienie sacharozy inuliną skutkowało zwiększeniem lepkości pozornej i zwiększeniem wartości odpowiadających jej parametrów: współczynnika konsystencji, granicy płynięcia oraz lepkości plastycznej Cassona. Wartości tych parametrów zawierały się, odpowiednio, w następujących przedziałach: $2,52 \div 6,66 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$; $4,15 \div 16,14 \text{ Pa}$ oraz $0,041 \div 0,112 \text{ Pa}\cdot\text{s}$. Zaobserwowano także wzrost wartości parametrów charakteryzujących zjawisko tiksotropii. Ponadto stwierdzono szereg statystycznie istotnych współzależności pomiędzy parametrami charakteryzującymi właściwości sensoryczne i reologiczne analizowanych sosów.

Słowa kluczowe: sos truskawkowy, inulina, glikozydy stewiolowe, analiza sensoryczna, właściwości reologiczne

*Dr hab. inż. prof. URK D. Gałkowska ORCID: 0000-0001-8917-4610; mgr inż. Magdalena Chmiel; Prof. dr hab. L. Juszcak ORCID: 0000-0001-7933-1889 Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków.
Kontakt e-mail: dorota.galkowska@urk.edu.pl*

Wprowadzenie

Sosy owocowe stanowią popularne dodatki do produktów mlecznych, deserów i dań głównych, sporządzanych zarówno w gospodarstwach domowych, jak i w lokalach gastronomicznych. Ze względu na zasadniczy surowiec recepturowy, który stanowią owoce, są one dobrym źródłem witamin, składników mineralnych i substancji przeciwutleniających [3]. Sosy charakteryzują się zróżnicowaną barwą, zależną od rodzaju owoców użytych do ich produkcji, oraz zróżnicowaną konsystencją, która może być gładka, półpłynna lub z kawałkami owoców. Konsystencja sosów jest regulowana najczęściej przez hydrokoloidy dodawane do bazy owocowej [27, 28]. W projektowaniu konsystencji tego typu produktów istotną rolę odgrywa sacharoza, która modyfikuje właściwości reologiczne niektórych hydrokoloidów [6]. Duże znaczenie w kreowaniu smakowitości sosów owocowych ma sacharoza nadająca wyrobom słodki, pożądany przez konsumentów smak. Nadmierne spożycie sacharozy sprzyja jednak rozwojowi chorób dietozależnych, takich jak nadwaga i otyłość, cukrzyca oraz próchnica zębów. Z tego względu wytwarzane są produkty spożywcze o obniżonej zawartości cukru oraz produkty bezcukrowe [7, 20]. W tego typu żywności sacharozę zastępuje się substancjami słodzącymi o wysokiej zdolności słodzącej. Większość z tych substancji to związki syntetyczne, mające status dodatków do żywności, a zatem nie zawsze są one akceptowane przez konsumentów. Z tego też względu poszukuje się naturalnych alternatyw syntetycznych substancji słodzących. Warunek ten spełniają glikozydy stewiolowe (E 960) wyizolowane z liści rośliny *Stevia Rebaudiana* Bert. [1]. Pomimo znacznej siły słodzącej nie podwyższają one stężenia glukozy we krwi i zwiększają wrażliwość na insulinę. Jako substancja słodząca mogą być stosowane u osób chorych na fenyloketonurię, ponieważ nie stanowią źródła fenyloalaniny [10]. Glikozydy stewiolowe nie zwiększają wartości energetycznej produktów, a przy tym nie modyfikują znacznie smaku produktu. Ponadto, dzięki stabilności termicznej, mogą być stosowane w żywności poddawanej wysokotemperaturowej obróbce termicznej [1, 14].

Sacharoza, oprócz nadawania słodkiego smaku i maskowania niepożądanych posmaków w żywności, pełni również inne istotne funkcje technologiczne. Uczestnicząc w reakcjach Maillarda i karmelizacji, korzystnie wpływa na barwę produktów, reguluje retencję wody w cieście, obniża temperaturę krzepnięcia mas lodowych, stabilizuje piany i emulsje, jest substratem dla drożdży, a także wpływa na zapewnienie bezpieczeństwa zdrowotnego żywności obniżając aktywność wody i ograniczając rozwój drobnoustrojów. W przypadku wielu środków spożywczych częściowe lub całkowite zastąpienie sacharozy substancjami intensywnie słodzącymi wymaga zastosowania substancji wypełniających, które pozwolą zachować odpowiednią konsystencję produktu [7].

Powszechnie stosowaną substancją wypełniającą jest inulina. Jest ona długołańcuchowym fruktanem, stanowiącym węglowodanowy materiał zapasowy wielu roślin. Składa się z cząsteczek fruktozy połączonych wiązaniami β -(2 \rightarrow 1)-glikozydowymi oraz zazwyczaj terminalnej cząsteczki α -D-glukozy. Taka budowa chemiczna inuliny powoduje, że jest ona oporna na enzymy trawienne, a zatem praktycznie nie wchłania się w przewodzie pokarmowym człowieka [24, 26]. W okrężnicy inulina ulega fermentacji pod wpływem *Lactobacillus* spp. i *Bifidobacterium* spp., w wyniku której powstają krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe. Dzięki nim następuje obniżenie pH treści jelita grubego, a w konsekwencji ograniczenie procesów gnilnych i ochrona przed stanami zapalnymi oraz nowotworami [26]. Oprócz właściwości prozdrowotnych inulina ma także bardzo korzystne właściwości technologiczne – pełni funkcję substancji wypełniającej, zagęszczającej, emulgującej, stabilizującej, zastępującej sacharozę i tłuszcz [4, 24]. Dodatkową zaletą inuliny jest jej status naturalnego składnika żywności.

Celem pracy była ocena wpływu zastąpienia sacharozy inuliną i glikozydami stewiolowymi na właściwości sensoryczne oraz charakterystykę reologiczną sosów truskawkowych o obniżonej zawartości cukru.

Material i metody

Material badany

Do sporządzenia sosów wykorzystano następujące surowce: przecier truskawkowy (ekstrakt: 8 °Brix; węglowodany: 12,2 %, w tym cukry: 7,2 %; białko: 0,7 %) (Gomar Pińczów, Polska), skrobię modyfikowaną – acetylowany adypinian diskrobiowy (E 1422; WPPZ S.A., Poznań, Polska), syrop glukozowy (Zetpezet Piła, Polska), cukier diament (Pfeifer & Langen Marketing, Polska), gumę ksantanową (E 415; Hortimex, Polska), sorbinian potasu (E202; Hortimex, Polska), kwas cytrynowy (Gellwe, Polska), aromat truskawkowy (Jaskulski Aromaty JAR, Polska), barwnik – karmin (E 125; Food Colours, Polska), glikozydy stewiolowe (Pure ReB A 95%; Stevija, Holandia), inulinę (Orafti HPX, DP \geq 23; Beneo Orafti, Belgia).

Skład recepturowy sosów

Skład recepturowy sosu podstawowego (kontrolnego), w przeliczeniu na 100 g, obejmował: syrop glukozowy 25,00 g, sacharozę 10,00 g, przecier truskawkowy 30,00 g, skrobię modyfikowaną 0,30 g, gumę ksantanową 0,14 g, sorbinian potasu 0,10 g, kwas cytrynowy 0,05 g, aromat truskawkowy 0,02 g, barwnik 0,02 g oraz wodę 34,37 g. Próbkę sosów o obniżonej zawartości cukru otrzymano zastępując w recepturze podstawowej 20, 40, 60, 80 i 100% ilości sacharozy inuliną oraz glikozydami stewiolowymi, przyjmując ich słodkość za 300-krotnie większą od słodkości sacharozy.

Poszczególne próbki sosów oznakowano odpowiednio: S0 (kontrola); S20; S40; S60; S80 oraz S100.

Otrzymywanie sosów

Sacharozę i/lub inulinę z glikozydami stewiolowymi zmieszano ze skrobią, gumą ksantanową oraz kwasem cytrynowym i całość zdyspergowano w wodzie poprzez mieszanie przy użyciu mieszadła mechanicznego przez 5 min (200 obr./min). Powstałą zawiesinę ogrzewano przez 30 min w łaźni wodnej w temperaturze 90 ± 2 °C z jednoczesnym mieszaniem (200 obr./min). Do powstałego kleiku dodano pozostałe składniki recepturowe: przecier truskawkowy, syrop glukozowy oraz sorbinian potasu. Całość ponownie ogrzewano przez 30 min w temperaturze 80 ± 2 °C przy ciągłym mieszaniu (200 obr./min) [29]. Przed końcem upływu zadanego czasu ogrzewania do sosu dodano aromat i barwnik. Gotowy sos schłodzono w temperaturze pokojowej (~ 22 °C) i przechowywano w temperaturze 8 °C do czasu analiz.

Metody badań

Analiza sensoryczna

Analiza sensoryczna sosów truskawkowych została przeprowadzona w laboratorium sensorycznym przez zespół składający się z dwunastu oceniających, sprawdzonych pod względem wrażliwości sensorycznej i przeszkolonych. Badane próbki zakodowano i podawano do oceny w losowej kolejności. Analizę przeprowadzono metodą profilowania sensorycznego: tekstury i smakowitości. Oceniano pięć deskryptorów tekstury: lepkość, ciągliwość, spójność, adhezyjność i rozplywalność w ustach oraz pięć deskryptorów smakowitości: słodkość, kwaśność, posmak metaliczny, posmak lukrecjowy i efekt chłodzący. Intensywność każdego deskryptora określano w skali pięciostopniowej [21].

Instrumentalny pomiar barwy

Parametry barwy (L^* , a^* , b^*) sosów wyznaczono w systemie CIE Lab w trybie światła odbitego (geometria pomiarowa d/8, iluminant D65, zakres 400-700 nm, obserwator 10°) przy zastosowaniu spektrofotometru Color i5 (XRite, USA). Obliczono indeks czerwieni ($RI = a^*/b^*$) oraz całkowitą różnicę barw (ΔE) w stosunku do barwy próby kontrolnej. Pomiaru wykonano w pięciu powtórzeniach.

Badanie właściwości reologicznych

Krzywe płynięcia i krzywe zależności naprężenia ścinającego od czasu ścinania sosów wyznaczono stosując reometr rotacyjny Rheolab MC1 (Anton-Paar, Austria) z układem współosiowych cylindrów (C-CC27/SS). Próbkę sosu umieszczano w elemencie pomiarowym i termostatowano przez 5 min w temperaturze $25 \pm 0,5$ °C.

Krzywe płynięcia wyznaczono przy wzrastającej i przy malejącej szybkości ścinania w zakresie $1 \div 300 \text{ s}^{-1}$ [12]. Krzywe eksperymentalne opisano równaniem potęgowym:

$$\eta_{ap.} = K \cdot \dot{\gamma}^{n-1}$$

gdzie: $\eta_{ap.}$ – lepkość pozorna [$\text{Pa}\cdot\text{s}$], $\dot{\gamma}$ – szybkość ścinania [s^{-1}], K – współczynnik konsystencji [$\text{Pa}\cdot\text{s}^n$], n – wskaźnik płynięcia, oraz modelem Cassona:

$$\tau^{\frac{1}{2}} = \tau_{0C}^{\frac{1}{2}} + (\eta_C \cdot \dot{\gamma})^{\frac{1}{2}}$$

gdzie: τ – naprężenie ścinające [Pa], $\dot{\gamma}$ – szybkość ścinania [s^{-1}], τ_{0C} – granica płynięcia [Pa], η_C – lepkość plastyczna [$\text{Pa}\cdot\text{s}$].

Ponadto obliczono pole powierzchni pętli histerezy tiksotropii [12].

Krzywe zależności naprężenia ścinającego od czasu ścinania wyznaczono przy stałej szybkości ścinania 100 s^{-1} w czasie 300 sekund [13]. Krzywe eksperymentalne opisano równaniem Weltmana:

$$\eta_{ap} = A - B \cdot \ln(t)$$

gdzie: η_{ap} – lepkość pozorna [Pa], t – czas ścinania [s], A – początkowa wartość lepkości pozornej [$\text{Pa}\cdot\text{s}$], B – współczynnik tiksotropii.

Pomiary wykonano w trzech powtórzeniach.

Ocena statystyczna wyników

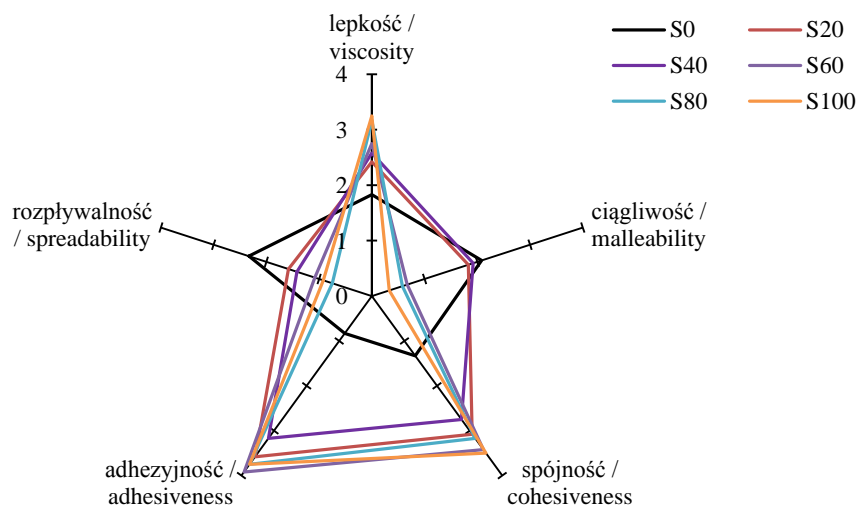
W celu oceny istotności różnic pomiędzy wartościami średnimi oznaczanych parametrów zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji oraz test Fischera przy poziomie istotności 0,05. Ponadto pomiędzy wybranymi parametrami obliczono wartości współczynników korelacji liniowej Pearsona, a ich istotność zweryfikowano na poziomie istotności 0,05. Obliczenia wykonano w programie Statistica 13 (StatSoft).

Wyniki i dyskusja

Właściwości sensoryczne

Eliminacja sacharozy z receptury produktu i zastąpienie jej znacznie mniejszymi ilościami substancji intensywnie słodzącej powoduje zmiany w strukturze i właściwościach reologicznych wyrobu o obniżonej zawartości cukru. Zmiany te mogą być częściowo zniwelowane poprzez wprowadzenie substancji wypełniających i zagęszczających. Ponadto, wprowadzenie substancji intensywnie słodzącej do układu modyfikuje jego profil smakowitości [8]. Ponieważ zmiany w charakterystyce sensorycznej są kluczowe w postrzeganiu jakości żywności przez konsumentów, wytworzone sosy

truskawkowe poddano ocenie sensorycznej w zakresie cech tekstury (Rycina 1) oraz smakowitości (Rycina 2). Uzyskane wyniki wyraźnie wskazują na zmiany tekstury sosów, w których sacharoza została zastąpiona substancją intensywnie słodzącą oraz inuliną jako składnikiem zagęszczającym, przy czym, ze względu na bardzo niski dodatek glikozydów stewiolowych, kluczową rolę w tych zmianach odgrywała inulina. Wraz ze wzrostem udziału inuliny stwierdzono, iż sosy odbierane były jako istotnie bardziej lepkie, co było związane z obecnością w ich składzie dodatkowego składnika zagęszczającego.

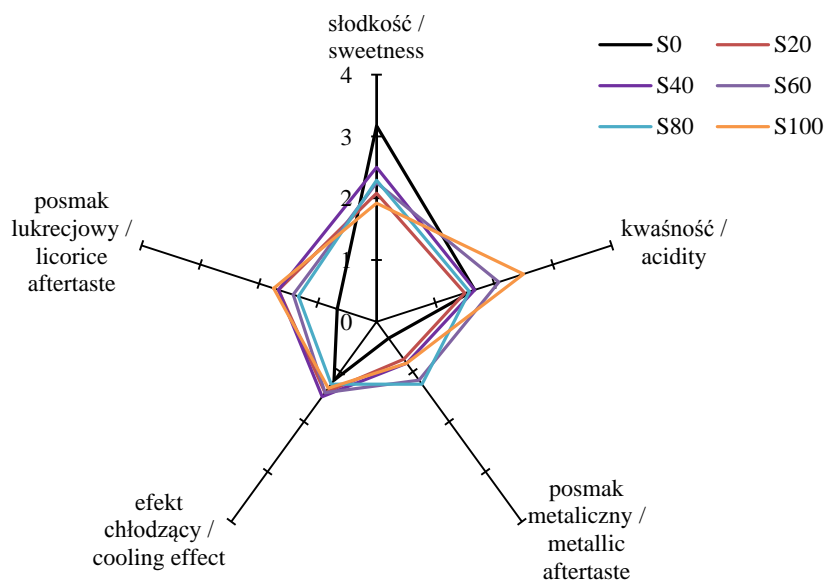


Rycina 1. Wpływ zastąpienia sacharozy inuliną na percepcję cech tekstury sosów truskawkowych o obniżonej zawartości cukru

Figure 1. The effect of replacing sucrose with inulin on the texture characteristics perception of strawberry sauces with reduced sugar content

W ocenie ciągłości sosów zawierających niższe poziomy dodatku inuliny (S20, S40) stwierdzono brak wpływu modyfikacji receptury na tę cechę, natomiast w przypadku sosów o wyższym udziale inuliny (S60, S80, S100) ciągłość była odbierana jako wyraźnie mniejsza w porównaniu z ciągłością sosu kontrolnego. Zarówno spójność, jak i adhezyjności próbek sosów z dodatkiem inuliny zostały określone jako znacznie większe niż w przypadku sosu kontrolnego słodzonego wyłącznie sacharozą, przy czym nie stwierdzono wyraźnej tendencji wzrostowej związanej z poziomem dodatku inuliny. Modyfikacja receptury sosu miała również wpływ na odczucie rozpływalności w ustach, która zmniejszała się wraz ze wzrostem poziomu inuliny, co dobrze koreluje ze zwiększającymi się lepkością, spójnością i adhezyjnością. W poprzednich badaniach wykazano brak wpływu zastąpienia sacharozy glikozydami stewiolowymi w kombinacji z polidekstrozą na rozpływalność w ustach deserów mlec-

no-skrobiowych, natomiast stwierdzono zmniejszenie lepkości i ciągliwości analizowanych produktów [8].



Rycina 2. Wpływ zastąpienia sacharozy inuliną na percepcję smakowości sosów truskawkowych o obniżonej zawartości cukru

Figure 2. The effect of replacing sucrose with inulin on the perception of deliciousness of strawberry sauces with reduced sugar content

Wprowadzenie do receptury sosów truskawkowych substancji intensywnie słodzącej w postaci glikozydów stewiolowych istotnie zmodyfikowało profil smakowości analizowanych wyrobów gotowych (Rycina 2). Glikozydy stewiolowe, intensyfikując słodycz, która pojawia się z pewnym opóźnieniem w porównaniu do sacharozy, wprowadzają również specyficzne nuty smakowe, wśród których najczęściej wymienia się posmaki metaliczny, lukrecjowy oraz gorzki [1, 10]. Zastosowanie kombinacji glikozydów stewiolowych oraz inuliny w analizowanych sosach spowodowało, że dawały one wrażenie mniej słodkich, co można powiązać ze zwiększoną lepkością i zmniejszoną rozplywalnością w ustach. Zaobserwowano również, w odniesieniu do sosów z wyższym udziałem glikozydów stewiolowych, nasilenie wrażenia kwaśności. Zastąpienie sacharozy glikozydami stewiolowymi spowodowało, że posmaki metaliczny oraz lukrecjowy były odczuwane bardziej, przy czym nie zaobserwowano tu trendu wzrostowego związanego ze zwiększającym się stężeniem substancji słodzącej. Wpływ modyfikacji receptury na odczucie efektu chłodzącego był niewielki. Uzyskane wyniki badań potwierdzają informacje literaturowe o wpływie zastąpienia sacharozy glikozydami stewiolowymi na profil smakowości. We wcześniejszych pracach

stwierdzono, że desery mleczno-skrobiowe, w których część ilości sacharozy zastąpiono glikozydami stewiolowymi wywoływały silniejszy efekt chłodzący oraz intensywniejszy posmak lukrecjowy przy zachowaniu słodkości zbliżonej do deseru słodzonego wyłącznie sacharozą [8]. Majchrzak i wsp. [17] wykazali, że zastąpienie do 40 % ilości sacharozy w napojach rebaudiozydem nie wpłynęło istotnie na ich profil smakowy, przy czym spowodowało, że odczuwalne były posmaki metaliczny, lukrecjowy i gorzki. Również Giri i wsp. [11] stwierdzili, że zastąpienie sacharozy w ilości ponad 50 % glikozydami stewiolowymi powoduje nasilenie posmaku gorzkiego tradycyjnego deseru lodowego o nazwie kulfi. Z kolei Moazzem i wsp. [19] wykazali, że gorzkawy posmak lodów związany z obecnością rebaudiozydu A może być zredukowany poprzez dodatek mieszaniny rebaudiozydów D i M. Również w innych badaniach dowiedziono, że zamiana sacharozy w ilości 75 i 100 % na glikozydy stewiolowe w ciastkach powoduje istotne obniżenie ich jakości, w tym jakości sensorycznej [18].

W ramach przeprowadzonej analizy statystycznej stwierdzono szereg istotnych współzależności. Intensywność słodkości istotnie ($p < 0,05$) ujemnie korelowała z intensywnością posmaku lukrecji ($r = -0,8871$), a także ze stopniem spójności ($r = -0,9546$), adhezyjności ($r = -0,9273$) oraz lepkości ($r = -0,8023$). Stwierdzono również wysoką dodatnią korelację pomiędzy słodkością a rozplywalnością ($r = -0,7964$), jednak przy osiągniętej liczbie stopni swobody była ona nieistotna statystycznie ($p > 0,05$). Intensywność posmaku metalicznego ujemnie korelowała ze stopniem rozplywalności w ustach ($r = -0,9036$) oraz dodatnio – z intensywnością adhezyjności ($r = 0,8467$) oraz stopniem lepkości ($r = 0,7862$), przy czym ta ostatnia współzależność nie była statystycznie istotna ($p > 0,05$). Natężenie posmaku lukrecjowego istotnie ($p < 0,05$) dodatnio korelowało ze stopniami spójności ($r = 0,8441$) i adhezyjności ($r = 0,8488$). Również w obrębie sensorycznej oceny wyłącznie tekstury zaobserwowano szereg współzależności. Lepkość istotnie ($p < 0,05$) ujemnie korelowała z ciągliwością ($r = -0,8818$) i z rozplywalnością w ustach ($r = -0,9743$) oraz dodatnio – ze spójnością ($r = 0,8629$) i adhezyjnością ($r = 0,8308$). Ciągliwość istotnie ($p < 0,05$) dodatnio korelowała z rozplywalnością w ustach ($r = 0,8629$), spójność – dodatnio z adhezyjnością ($r = 0,9864$) oraz ujemnie z rozplywalnością ($r = -0,8940$), a adhezyjność – ujemnie z rozplywalnością ($r = -0,8940$).

Barwa sosów

Barwa ma kluczowe znaczenie w akceptacji konsumenckiej żywności, gdyż pośrednio informuje m.in. o składzie jakościowym, świeżości i wartości odżywczej. Wpływa ona także na stymulowanie apetytu. Parametry barwy analizowanych sosów zestawiono w Tabeli 1. Zastąpienie sacharozy glikozydami stewiolowymi i inuliną wpłynęło na istotny wzrost wartości parametru L^* świadczącego o jasności materiału, co związane jest z naturalnie białą barwą dodanego polisacharydu. Zaobserwowano

również istotne zwiększenie wartości parametrów a^* i b^* , odzwierciedlających odpowiednio udział odcieni czerwonego i żółtego w barwie. Ze względu na to, że zmiany wartości tych parametrów były w miarę proporcjonalne, wartości indeksu czerwieni (RI) wzrosły w niewielkim stopniu (Tabela 1).

Tabela 1. Parametry charakteryzujące barwę sosów truskawkowych o obniżonej zawartości cukru
Table 1. Parameters characterizing color of strawberry sauces with reduced sugar content

Kod próbki / Sample code	L^*	a^*	b^*	RI	ΔE
S0	26,10 ^a ±0,06	4,61 ^a ±0,09	2,27 ^a ±0,06	2,02 ^a ±0,09	-
S20	28,61 ^b ±0,02	8,27 ^b ±0,13	3,74 ^b ±0,11	2,21 ^{bc} ±0,06	4,67
S40	31,33 ^c ±0,04	12,57 ^c ±0,16	5,66 ^c ±0,04	2,22 ^{bc} ±0,04	10,10
S60	33,26 ^d ±0,02	14,24 ^d ±0,03	6,54 ^d ±0,03	2,18 ^{abc} ±0,01	12,75
S80	36,81 ^e ±0,02	16,75 ^e ±0,02	7,41 ^e ±0,09	2,26 ^c ±0,03	16,98
S100	40,53 ^f ±0,03	18,64 ^f ±0,04	8,93 ^f ±0,08	2,09 ^{ab} ±0,01	21,17

Objaśnienia / Explanatory notes:

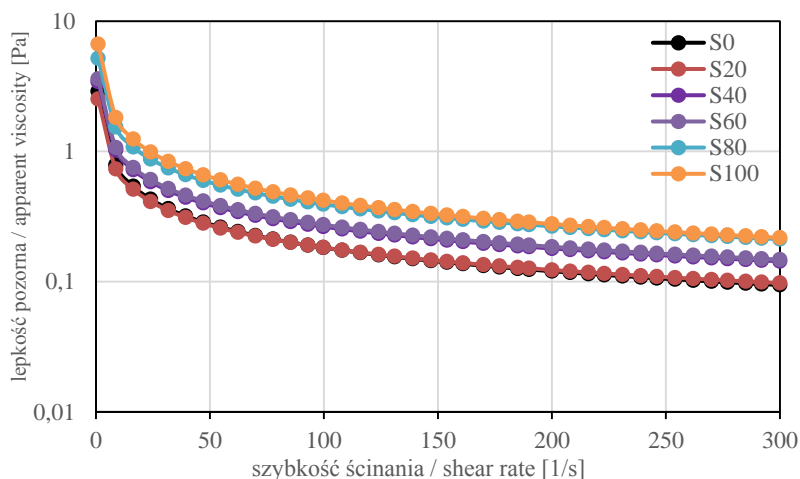
RI – indeks czerwieni / redness index; ΔE – całkowita różnica barw / total color difference; wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($p < 0,05$) / mean values in columns marked with different letters differ significantly ($p < 0.05$)

Obliczone wartości całkowitej różnicy barw (ΔE) wskazują na istotne, identyfikowalne sensorycznie, zróżnicowanie w barwie poszczególnych próbek w porównaniu z barwą sosu kontrolnego. Jak podają Kotebagilu i wsp. [15] zastąpienie sacharozy stewią w recepturze tradycyjnego hinduskiego deseru nie spowodowało istotnych zmian w barwie. Z kolei Florkowska i Krygier [5] wskazują, że inulina powinna nadawać produktom bardziej pożądaną przez konsumentów barwę. Lum i Albrecht [16] wykazali wzrost udziału odcienia czerwonego przy braku zmian w jasności i w udziale odcienia żółtego w barwie lodów owocowych z dodatkiem inuliny. Natomiast Przybyłski i wsp. [22] nie zaobserwowali istotnego wpływu inuliny na parametry barwy sorbetów truskawkowych.

Charakterystyka reologiczna

Ważną cechą produktów półstałych jest ich charakterystyka reologiczna, która obok barwy i smakowitości wpływa na akceptację konsumentką. Produkty takie jak sosy i dressingi muszą charakteryzować się odpowiednią konsystencją, ponieważ zbyt lepkie będą stwarzały trudności w dozowaniu, natomiast za mało lepkie będą spływać z potrawy. Większość sosów o zróżnicowanym składzie recepturowym wykazuje właściwości nienewtonowskie, co oznacza, że ich lepkość zależy od szybkości ścinania [27, 28, 29]. Krzywe lepkości badanych sosów pokazano na Rycinie 3. Kształt uzyska-

nych krzywych wyraźnie wskazuje na nienewtonowski charakter materiału, z istotnym obniżaniem lepkości pozornej w miarę wzrostu szybkości ścinania. Potwierdza to wcześniejsze obserwacje dotyczące charakterystyki reologicznej tego typu układów [27, 28, 29]. Najniższymi wartościami lepkości pozornej w trakcie ścinania odznaczał się sos kontrolny, natomiast wraz ze wzrostem udziału inuliny w produkcie, wzrastały wartości jego lepkości pozornej. Kluczowe znaczenie w kreowaniu właściwości reologicznych miała w tym przypadku inulina, gdyż jak wykazali Sharoba i wsp. [25], usunięcie sacharozy i wprowadzenie na jej miejsce wyłącznie znacznie mniejszych ilości substancji intensywnie słodzących prowadzi do istotnego spadku lepkości takich układów.



Rycina 3. Krzywe lepkości sosów truskawkowych o obniżonej zawartości cukru
Figure 3. Viscosity curves of strawberry sauces with reduced sugar content

Do opisu otrzymanych krzywych lepkości zastosowano dwa modele reologiczne: potęgowej i Cassona, a wartości obliczonych parametrów tych modeli zestawiono w Tabeli 2. Wyznaczone wartości współczynników determinacji (R^2) wskazują na lepszy opis danych eksperymentalnych przez równanie Cassona, co może wynikać z faktu, iż w modelu tym uwzględniana jest wartość granicy płynięcia – parametru charakterystycznego dla tego typu cieczy [27, 28]. Ramaswamy i wsp. [23] wskazali natomiast, że model potęgowej lepiej opisywał właściwości reologiczne sosu jabłkowo-truskawkowego w porównaniu z równaniem Cassona.

Wartości współczynnika konsystencji K modelu potęgowej świadczące o lepkości początkowej układu zawierały się w przedziale od 2,52 do 6,66 $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$ i były najniższe w przypadku krzywych płynięcia próbki S20 i S0 (Tabela 2). Wraz z dalszym zwiększaniem ilości inuliny w produkcie następował istotny ($p < 0,05$) wzrost wartości

omawianego parametru. Wyznaczone wartości współczynnika konsystencji mieszczą się w szerokim przedziale wartości podawanym przez Yalçınöz i Erçelebi [30] dla krzywych płynięcia sosów na bazie czerwonych owoców zagęszczanych różnymi hydrokolidami.

Tabela 2. Parametry modeli potęgowego i Cassona opisujących krzywe lepkości sosów truskawkowych o obniżonej zawartości cukru

Table 2. Parameters of power law and Casson models describing viscosity curves of strawberry sauces with reduced sugar content

Kod próbki	K [Pa·s ⁿ]	n	R ²	τ_{0c} [Pa]	η_c [Pa·s]	R ²
S0	2,89 ^a ±0,14	0,40 ^a ±0,02	0,9641	5,19 ^{ab} ±0,29	0,041 ^a ±0,002	0,9975
S20	2,52 ^a ±0,18	0,43 ^{abc} ±0,01	0,9958	4,15 ^a ±0,56	0,049 ^a ±0,005	0,9944
S40	3,42 ^b ±0,18	0,44 ^c ±0,01	0,9599	6,04 ^b ±0,25	0,077 ^b ±0,003	0,9936
S60	3,60 ^b ±0,44	0,44 ^c ±0,01	0,9594	6,53 ^b ±0,56	0,078 ^{bc} ±0,004	0,9917
S80	5,17 ^c ±0,11	0,44 ^c ±0,01	0,9066	10,77 ^c ±0,62	0,112 ^d ±0,009	0,9970
S100	6,66 ^d ±0,27	0,40 ^a ±0,01	0,9226	16,14 ^d ±0,90	0,092 ^{cd} ±0,006	0,9382

Objaśnienia / Explanatory notes:

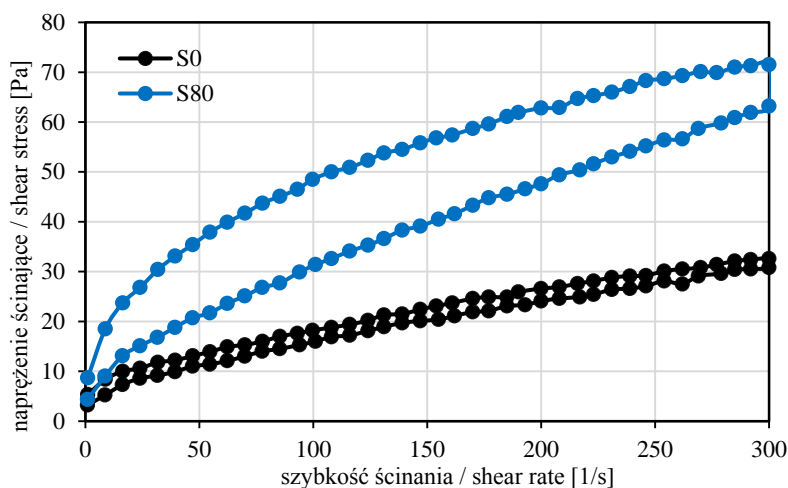
K – współczynnik konsystencji / consistency coefficient; n – wskaźnik płynięcia / flow behavior index; τ_{0c} – granica płynięcia / yield stress; η_c – lepkość plastyczna / plastic viscosity; wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($p < 0,05$) / mean values in columns marked with different letters differ significantly ($p < 0,05$)

Wartości wskaźnika płynięcia zawierały się w przedziale od 0,40 do 0,44 (Tabela 2), wskazując na nienewtonowski, pseudoplastyczny charakter przepływu analizowanych sosów. Nie stwierdzono przy tym dużego zróżnicowania statystycznego wartości tego parametru oraz prawidłowości związanej z poziomem dodatku inuliny. Obserwacje te są zgodne z danymi literaturowymi. Yalçınöz i Erçelebi [30] stwierdziły, że wprowadzenie do receptury sosów owocowych różnych hydrokolidów polisacharydowych skutkuje zmianą charakteru ich przepływu na nienewtonowski. Ponadto, cytowane badaczki zaobserwowały, że hydrokoloidy obdarzone ładunkiem ujemnym, np. guma ksantanowa, korzystnie wpływają na lepkość i stabilność takich układów w porównaniu z hydrokolidami obojętnymi. Nienewtonowski, rozrzedzany ścinaniem charakter przepływu sosów owocowych zaobserwowali również wcześniej Ramaswamy i wsp. [23].

Podobną tendencję do tej stwierdzonej w przypadku współczynnika konsystencji zaobserwowano dla granicy płynięcia, której wartości wzrastały wraz ze wzrostem udziału inuliny w recepturze sosu, szczególnie przy wyższych jej stężeniach (80 i 100%) (Tabela 2). Obserwacje te świadczą o większej zdolności inuliny do zagęszczania układu w porównaniu z sacharozą. Granica płynięcia jest użytecznym parametrem charakteryzującym minimalne naprężenie ścinające, powyżej którego materiał

zaczyna płynąć, a zatem pozwala ocenić rozplywalność danej substancji, co ma istotne znaczenie w przypadku takich produktów jak sosy. Wartości lepkości plastycznej Cassona również wzrastały wraz ze zwiększającą się ilością inuliny w produkcie, chociaż w tym przypadku zróżnicowanie statystyczne omawianego parametru było mniejsze.

Wyniki przeprowadzonych badań reologicznych sosów wykazały, iż charakteryzowały się one tiksotropią związaną z opóźnieniem odbudowy struktury niszczonej w trakcie ścinania. Obrazem tego zjawiska są pętle histerezy tiksotropii, wyznaczone przy wzrastającej i malejącej szybkości ścinania (Rycina 4). W tabeli 3 zestawiono wartości pól powierzchni histerezy tiksotropii. Wartości tego parametru wyznaczone na podstawie krzywych płynięcia próbek zawierających powyżej 20 % dodatku inuliny (S40-S100) wzrastały istotnie ($p < 0,05$) wraz ze wzrostem stężenia tego polisacharydu.

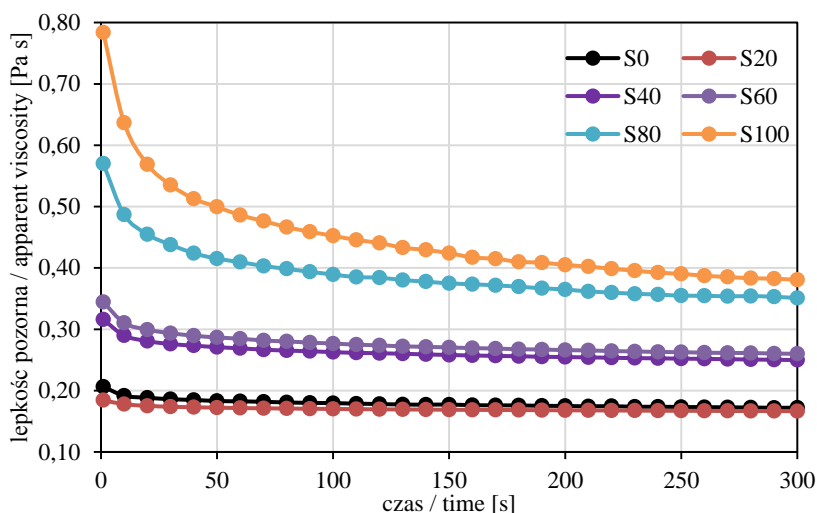


Rycina 4. Przykładowe krzywe płynięcia z pętlami histerezy tiksotropii sosów truskawkowych o obniżonej zawartości cukru

Figure 4. Examples of flow curves with thixotropy hysteresis loops of strawberry sauces with reduced sugar content

Potwierdzeniem omawianych obserwacji są krzywe zmian lepkości pozornej w czasie stałego ścinania $\eta_{ap100} = f(t)$, pokazane na rycinie 5 oraz parametry modelu Weltmana opisującego te krzywe (Tabela 3). Parametr A tego modelu odzwierciedla wartość początkowej lepkości pozornej przy $t \rightarrow 0$. Jego wartość wyznaczona dla krzywych lepkości próbek zawierających powyżej 20 % inuliny (S40-S100) istotnie ($p < 0,05$) wzrastała wraz ze wzrostem stężenia tego składnika (Tabela 3). Parametr B modelu Weltmana określany jest jako współczynnik tiksotropii, czyli miara szybkości rozpadu struktury w czasie stałego ścinania. Wartość tego parametru opisującego krzywe lepkości próbek o stężeniu inuliny powyżej 20 % również wzrastała wraz ze

zmniejszającą się ilością sacharozy. Potwierdza to obserwowany na rycinie 5 spadek lepkości pozornej w czasie stałego ścinania.



Rycina 5. Zmiana lepkości pozornej w czasie stałego ścinania sosów truskawkowych o obniżonej zawartości cukru

Figure 5. Apparent viscosity changes at constant shearing of strawberry sauces with reduced sugar content

Występowanie zjawiska tiksotropii w sosach owocowych obserwowali wcześniej Ramaswamy i wsp. [23]. Z praktycznego punktu widzenia zastąpienie sacharozy inuliną korzystnie wpłynęło na wartości lepkości pozornej przy zerowym ścinaniu. Zwiększenie początkowej lepkości pozornej może oznaczać ograniczenie grawitacyjnego spływania sosu z potrawy, natomiast podatność sosu na niszczenie jego struktury tiksotropowej może oznaczać ułatwienie jego dozowania.

Charakterystyka reologiczna różnych produktów półstałych, w których sacharozę zastępowano substancjami wypełniającymi, często o większych masach cząsteczkowych, była już przedmiotem kilku badań. Carcelli i wsp. [3] wykazali, że zastąpienie sacharozy w sosie truskawkowym półstałym syropem błonnikowym w ilości do 30 % nie miało istotnego wpływu na jego właściwości reologiczne. Z kolei Gao i wsp. [9], analizując charakterystykę reologiczną ciasta pszonego do wypieku muffin zaobserwowali, że samo zastąpienie sacharozy glikozydami stewiolowymi nie wpłynęło istotnie na parametry charakterystyki kleikowania, natomiast wprowadzenie substancji wypełniającej, w tym przypadku inuliny, spowodowało istotny wzrost lepkości ciasta. Aidoo i wsp. [2], analizując łączny wpływ inuliny i polidekstrozy na właściwości reologiczne czekolady zaobserwowali, że zwiększenie stężenia inuliny przy jednoczesnym

zmniejszeniu zawartości polidekstrozy spowodowało wzrost lepkości plastycznej Cassona oraz obniżenie wartości granicy płynięcia.

Tabela 3. Powierzchnia histerezy tiksotropii oraz parametry modelu Weltmana opisujące zależność lepkości pozornej od czasu ścinania sosów truskawkowych o obniżonej zawartości cukru

Table 3. Thixotropy hysteresis area and Weltman model parameters describing the dependence of apparent viscosity on shear time of strawberry sauces with reduced sugar content

Kod próbki / Sample code	HAT [Pa/s]	A [Pa·s]	B	R ²
S0	728 ^a ±12	0,206 ^a ±0,010	0,59 ^a ±0,08	0,9875
S20	674 ^a ±66	0,184 ^b ±0,005	0,31 ^b ±0,05	0,9958
S40	1609 ^b ±72	0,316 ^c ±0,095	1,16 ^c ±0,07	0,9983
S60	1723 ^b ±60	0,344 ^d ±0,001	1,47 ^d ±0,06	0,9987
S80	4259 ^c ±152	0,570 ^e ±0,009	3,88 ^e ±0,13	0,9951
S100	5782 ^d ±148	0,784 ^f ±0,009	7,17 ^f ±0,12	0,9935

Objaśnienia / Explanatory notes:

HAT – powierzchnia histerezy tiksotropii / thixotropy hysteresis area; A – początkowa wartość lepkości pozornej / initial value of apparent viscosity, B – współczynnik tiksotropii / thixotropy coefficient; wartości średnie w kolumnach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie ($p < 0,05$) / mean values in columns marked with different letters differ significantly ($p < 0.05$)

Prawidłowość przeprowadzonych analiz reologicznych potwierdza szereg istotnych korelacji liniowych pomiędzy poszczególnymi parametrami. Zaobserwowano, że wartości współczynnika konsystencji modelu potęgowego (K) istotnie ($p < 0,05$) korelują z wartościami granicy płynięcia ($r = 0,9947$), pola powierzchni histerezy tiksotropii ($r = 0,9946$) oraz parametrami modelu Weltmana (A i B , odpowiednio: $r = 0,9985$ oraz $r = 0,9912$). Również wartości granicy płynięcia istotnie ($p < 0,05$) korelują z wartościami pola powierzchni histerezy tiksotropii ($r = 0,9855$) oraz wartościami parametrów modelu Weltmana (A i B , odpowiednio: $r = 0,9905$ oraz $r = 0,9990$). Ponadto lepkość plastyczna Cassona koreluje istotnie ($p < 0,05$) z polem powierzchni histerezy tiksotropii ($r = 0,8136$) i współczynnikiem A modelu Weltmana ($r = 0,8018$). Wielkości pól powierzchni histerezy tiksotropii istotnie ($p < 0,05$) korelują z wartościami parametrów A i B modelu Weltmana (odpowiednio: $r = 0,9959$ oraz $r = 0,9990$), co w tym przypadku wydaje się być oczywiste.

Istotne współzależności zaobserwowano również pomiędzy sensorycznym odczuciem konsystencji a parametrami charakteryzującymi właściwości reologiczne. Stwierdzono istotną ($p < 0,05$) dodatnią korelację liniową pomiędzy wartościami lepkości odczuwanej sensorycznie a wartościami współczynnika konsystencji ($r = 0,8393$), granicy płynięcia ($r = 0,9167$), pola powierzchni histerezy tiksotropii ($r = 0,8701$) oraz wartościami parametrów A i B modelu Weltmana (odpowiednio: $r = 0,8668$ oraz

0,8074). Z kolei odbierany sensorycznie stopień ciągliwości istotnie ($p < 0,05$), ale ujemnie, koreluje z wartościami parametrów A i B (odpowiednio: $r = -0,8338$; $-0,8069$; $-0,8374$; $-0,8476$ oraz $-0,8044$). Ujemną korelację zaobserwowano również pomiędzy stopniem rozplywalności w ustach a wielkością granicy płynięcia ($r = -0,9179$; $p < 0,05$) i wartościami współczynnika konsystencji, pola powierzchni pętli histerezy tiksotropii oraz parametrami modelu Weltmana ($r > -0,66$), jednak przy wyznaczonej liczbie stopni swobody nie były to korelacje statystycznie istotne ($p > 0,05$).

Wnioski

1. Uzyskane wyniki wyraźnie wskazują na zmiany tekstury sosów truskawkowych, w których sacharoza została zastąpiona substancją intensywnie słodzącą oraz inuliną jako składnikiem zagęszczającym. Wraz ze wzrostem udziału inuliny w recepturze produktu stwierdzono istotne zwiększenie odbieranych sensorycznie lepkości, spójności i adhezyjności analizowanych sosów oraz zmniejszenie ich rozplywalności w ustach. Zastosowanie połączenia glikozydów stewiolowych z inuliną spowodowało osłabienie słodkości badanych sosów, co można powiązać ze zwiększeniem ich lepkości i zmniejszeniem rozplywalności w ustach. Stwierdzono również wyraźne nasilenie posmaków metalicznego oraz lukrecjowego spowodowanych obecnością glikozydów stewiolowych.
2. Zastąpienie sacharozy inuliną i glikozydami stewiolowymi wpłynęło na rozjaśnienie barwy sosów, co było związane z naturalnie białą barwą wprowadzanego polisacharydu. Wartości całkowitej różnicy barw wskazały na istotne, identyfikowalne sensorycznie zróżnicowanie w barwie poszczególnych próbek w porównaniu z barwą sosu kontrolnego.
3. Badane sosy truskawkowe charakteryzowały się przepływem nienewtonowskim, pseudoplastycznym oraz tiksotropią. Zastąpienie sacharozy inuliną skutkowało wzrostem lepkości pozornej i zwiększeniem wartości parametrów reologicznych opisujących krzywe płynięcia sosów: współczynnika konsystencji, granicy płynięcia oraz lepkości plastycznej Cassona, a także podwyższeniem wartości parametrów charakteryzujących zjawisko tiksotropii.
4. Uzyskane wyniki wskazują, że optymalna ilość sacharozy zastępowanej glikozydami stewiolowymi oraz inuliną w sosie truskawkowym wynosi $40 \div 60$ %. W sosach o wyższym poziomie substytucji sacharozy intensywność posmaków metalicznego oraz lukrecjowego sosów była większa, a także charakteryzowały się one istotnie wyższą lepkością pozorną, co w konsekwencji oznaczałoby stwarzanie trudności podczas dozowania tych produktów do potraw.
5. Zaobserwowano szereg statystycznie istotnych współzależności pomiędzy parametrami charakteryzującymi właściwości sensoryczne i reologiczne analizowanych sosów.

Literatura

- [1] Ahmad J., Khan I., Blundell R., Azzopardi J., Mahomoodally M.F.: Stevia rebaudiana Bertoni: An updated review of its health benefits, industrial applications and safety. Trends Food Sci. Technol. 2020, 100, 177-189.
- [2] Aidoo R.P., Afoakwa E.O., Dewettinck K.: Optimization of inulin and polydextrose mixtures as sucrose replacers during sugar-free chocolate manufacture – Rheological, microstructure and physical quality characteristics. J. Food Engin., 2014, 126, 35-42.
- [3] Carcelli A., Albertini A., Vittadini E., Carini E.: Strawberry ripple sauce: A semi-solid fibre syrup to reduce sugar content. Int. J. Gastron. Food Sci. 2021, 25, 100411.
- [4] Cieślak E., Gębusia A.: Functional foods with fructans added. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2011, 18, 2, 27-37.
- [5] Florowska A., Krygier K.: Inulina jako zamiennik tłuszczów w produktach spożywczych. Przem. Spoż., 2007, 5, 18-21.
- [6] Gałkowska D., Długosz M., Juszcak L.: Effect of high methoxy pectin and sucrose on pasting, rheological, and textural properties of modified starch systems. Starch/Stärke, 2013, 65, 5- 6, 499-508.
- [7] Gałkowska D., Południak M., Juszcak L.: Wpływ zastąpienia sacharozy glikozydami stewiolowymi na charakterystykę reologiczną deserów na bazie skrobi. Żywność Nauka Technologia Jakość, 2018, 25, 4, 111-126.
- [8] Gałkowska D., Południak M., Juszcak L.: Wpływ polidekstrozy na charakterystykę reologiczną oraz właściwości sensoryczne deserów skrobiowo-mlecznych o obniżonej zawartości sacharozy. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość, 2023, 30, 3 (136), 265-283.
- [9] Gao J., Fezhong H., Guo X., Zeng X-A., Mason S.L., Brennan M.A., Brennan C.S.: The Effect on Starch Pasting Properties and Predictive Glycaemic Response of Muffin Batters Using Stevianna or Inulin as a Sucrose Replacer. Starch/Stärke, 2018, 70, #1700334.
- [10] Gasmalla M.A.A., Yang R., Hua X.: *Stevia rebaudiana* Bertoni: An alternative Sugar Replacer and Its Application in Food Industry. Food Eng. Rev., 2014, 6, 150-162.
- [11] Giri A., Ramachandra Rao H.G., Ramesh V.: Effect of partial replacement of sugar with stevia on the quality of kulfi. J. Food Sci. Technol., 2014, 51, 8, 1612-1616.
- [12] Juszcak L., Fortuna T., Kośla A.: Sensory and rheological properties of Polish commercial mayonnaise. Food/Nahrung, 2003, 47, 4, 232-235.
- [13] Juszcak L., Witczak M., Fortuna T., Banyś A.: Rheological properties of commercial mustards. J. Food Eng., 2004, 63, 2, 209-217.
- [14] Kalicka D., Znamirowska A., Buniowska M., Esteve Más M.J., Canoves A.F.: Effect of stevia addition on selected properties of yoghurt during refrigerated storage. Pol. J. Nat. Sci. 2017, 32, 323-334.
- [15] Kotabagilu N.P., Umralkar S., Shivanna L.M., Dasappa I., Urooj A.: Impact of Stevia rebaudiana substitution on physico-chemical characteristics, sensory profile and microstructure in selected Indian desserts. J. Food Sci. Technol., 2022, 59, 8, 2992-3001.
- [16] Lum A.K., Albrecht J.A.: Sensory evaluation of ice cream made with prebiotic ingredients. Rurals, 2008, 3, 1, 1-9.
- [17] Majchrzak D., Ipsen A., Koenig J.: Sucrose-replacement by rebaudioside a in a model beverage. J. Food Sci. Technol., 2015, 52, 9, 6031-6036.
- [18] Majzoobi M., Mohammadi M., Mesbahi G., Farahnaky A.: Feasibility study of sucrose and fat replacement using inulin and rebaudioside A in cake formulations. J. Texture Stud. 2018, 49, 468-475.
- [19] Moazzem M.S., Williams R., Hayden M., D'Souza N., Cho S.: Taste profiles of steviol glycoside blends and their application in ice cream. Int. J. Gastron. Food Sci., 2025, 40, #101143.

- [20] Ostróżka K., Wichrowska D.: Wpływ zamienników cukru na stopień napowietrzenia i topliwość średnio twardych lodów śmietankowych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2020, 27, 3 (124), 52-65.
- [21] PN-ISO 4121:1998. Analiza sensoryczna - Metodologia - Ocena produktów żywnościowych przy użyciu metod skalowania. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, 1998.
- [22] Przybylski W., Sionek B., Jaworska D., Szychalska A., Rupińska M.: Wpływ dodatku inuliny na jakość sorbetów owocowych i warzywnych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 2020, 27, 3, 66-76.
- [23] Ramaswamy H.S., Basak S., Voort F.R.: Effect of strawberry concentrate on apple sauce rheology. *Can. Agric. Eng.*, 1994, 36, 2, 109-115.
- [24] Shan S., Liu M., Hong B., Zhang S., Yuan D., Zhang J., Gao X., Wu Q., Lu W., Ren C., Lu S.: A comprehensive review of inulin-type fructans and their neo-series: Plant sources, preparation, structural characterization, and bioactivities. *Carbohydr. Polym.*, 2026, 372, 124562.
- [25] Sharoba A.M., El-Desouky A.I., Mahmoud M.H.: Effect of Addition Some Hydrocolloids and Sweeteners on Flow Behavior and Sensory Properties of Papaya-Apricot Nectar Blends. *J. Food Process Technol.*, 2012, 3, 8, #1000170.
- [26] Shoaib M., Shehzad A., Omar M., Rakha A., Raza H., Sharif H.R., Shakeel A., Ansari A., Niazi S.: Inulin: Properties, health benefits and food applications. *Carbohydr. Polym.*, 2016, 147, 444-454.
- [27] Sikora M., Juszczak L., Sady M.: Hydrocolloids in forming properties of cocoa syrups. *Int. J. Food Proper.*, 2003, 6, 2, 215-228.
- [28] Sikora M., Juszczak L., Sady M., Krawontka J.: Use of starch/xanthan gum combinations as thickeners of cocoa syrups. *Food/Nahrung*, 2003, 47, 2, 106-113.
- [29] Sikora M., Kowalski S., Tomasik P., Sady M.: Rheological and sensory properties of dessert sauces thickened by starch-xanthan gum combination. *J. Food Eng.* 2007, 79, 1144-1151.
- [30] Yalçınöz S.K., Erçelebi E.: Rheological and sensory properties of red colored fruit sauces prepared with different hydrocolloids. *J. Int. Sci. Public.: Agriculture & Food*, 2016, 4, 496-509.

EFFECT OF INULIN ADDITION ON SELECTED PROPERTIES OF STRAWBERRY SAUCES WITH REDUCED SUCROSE CONTENT

S u m m a r y

Background. The aim of this study was to evaluate the effect of replacing sucrose with inulin and steviol glycosides on the sensory properties and rheological characteristics of strawberry sauces with reduced sugar content. The study material consisted of sauces whose primary ingredients were strawberry pulp, glucose syrup, sucrose, xanthan gum, potassium sorbate, color and flavor. Reduced-sucrose sauces were prepared by replacing sucrose with steviol glycosides and inulin. The products were evaluated for their sensory characteristics, color and rheological properties.

Results and conclusions. Based on the results from a sensory analysis, it was found that the addition of inulin and steviol glycosides to the sauces increased the perception of viscosity, cohesion and adhesiveness, while reducing stringiness and mouthfeel compared to the base sauce. Furthermore, the sensory evaluation of palatability revealed a decrease in sweetness and an increase in metallic and licorice aftertastes. Replacing sucrose with inulin significantly increased the brightness of the sauces (L^* value increased from 26.10 to 40.53), which was related to the naturally white color of this polysaccharide. A significant increase was also observed for the red and yellow color components of the sauces, however, it affected the redness index values to a small extent, since they were in the range of $2.02 \div 2.26$. The total color difference values ($4.67 \div 21.17$) indicated significant, sensorially identifiable differences in the color

of individual samples compared to the control sauce. The sauces tested exhibited non-Newtonian and pseudoplastic flow ($n < 1$), as well as thixotropy. Replacing sucrose with inulin resulted in an increase in apparent viscosity and the corresponding parameters: consistency coefficient, yield stress and Casson plastic viscosity. The values of these parameters were in the following ranges: $2.52 \div 6.66 \text{ Pa}\cdot\text{s}^n$; $4.15 \div 16.14 \text{ Pa}$ and $0.041 \div 0.112 \text{ Pa}\cdot\text{s}$, respectively. Increases in values of the parameters characterizing thixotropy were also observed. A number of statistically significant correlations were observed between the parameters characterizing the sensory and rheological properties of the analyzed sauces.

Key words: strawberry sauce, inulin, steviol glycosides, sensory analysis, rheological properties 