

Abstract

Study on the use of Quillaia extract as a thermostable egg yolk substitute in mayonnaise-like emulsions

Diets high in saturated fat and cholesterol can contribute to higher total cholesterol and high LDL ("undesired") cholesterol levels in the body, increasing the risk of heart attack and stroke. The market expectation for low or cholesterol free products has encouraged the food industry to develop foods with these desirable features. Traditional mayonnaise cannot be considered a healthy food because of its high cholesterol content and subsequent contribution to obesity and cardiovascular disease. Therefore, the pursuit of a novel emulsifier was undertaken, aiming to replace eggs in traditional mayonnaise—thus providing a cholesterol-free product.

The purpose of this study was to develop a cholesterol-free mayonnaise stabilized with an extract of Quillaia, a natural emulsifier that presents properties similar to those of typical mayonnaise. Quillaia extract is a natural food-grade surfactant isolated from the bark of the Molina tree (*Quillaja saponaria*). The major active components are believed to be saponin-based amphiphilic molecules. In total 9 formulations were utilised. Six of these cholesterol-free full fat (75% oil) emulsions, and three with reduced fat content (40% oil). The reduced fat formulations (LF) utilised viscosity-giving citrus fibre and three different hydrocolloids (gums) as stabilisers. These 9 different formulations were then compared to mayonnaises containing egg yolk. The rheological characteristics of the prepared samples were evaluated, as well as their colour, chemical and physical stability and sensorial properties. Results showed that substitution of egg yolk by Quillaia extract in full fat mayonnaise-like emulsions (HF) appears to be detrimental to texture parameters such as firmness, consistency and cohesiveness—thusly, significantly less gel-like behaviour. Quillaia extract may however benefit emulsion stability with long-term storage at room temperature and light condition. Higher heat and significant better freeze-thaw stability was evident in the full fat emulsions compared to egg yolk or emulsifying starch (OSA starch). The rheological parameters seem to be affected not necessarily by the type of emulsifier used, but by the presence of gums in the fat reduced emulsions. Gums, such as xanthan gum (XG), guar gum (GG) and fenugreek gum (FG) seem to have a significant influence on apparent viscosity, consistency and yield stress as well as on texture stability. No significant differences in acid and peroxide values were observed between all evaluated samples. The PCA showed a contrast between mayonnaise-like emulsions prepared with egg yolk and those using Quillaia extract. Egg yolk emulsions appear to be associated with different taste and rheological attributes compared to emulsions prepared with Quillaia extract. Significant differences were also observed in whiteness index (WI) and chromaticity index (C*) between emulsions.

Conclusions and observations:

1. Beneficial effects of the egg yolk substitution by Quillaia extract in emulsions:

- 75% oil mayonnaise-like emulsions: 100 % stability towards creaming and phases separation during a long storage time under room temperature and light condition, better

thermostability, higher value of emulsion activity, significant better freeze-thaw stability, and insignificant influence on pH value.

- 40% oil mayonnaise-like emulsions: slightly smaller diameter of the oil droplets may indicate greater emulsion stability and a positive influence on sensory attributes.
- 2. Unfavourable effects of the egg yolk substitution by Quillaia extract in products:
 - 75% oil mayonnaise-like emulsions: significant less gel-like behaviour, the texture shows more liquid-like characteristics, low structure breakdown (**b**) under constant strain resulting less gelled texture than with egg yolk, a greater droplet size distribution (median droplet diameter) may result in changes of rheological behaviours, a significant difference in colour which is characterised by higher whiteness index (WI) and lower chromaticity index (C^*), significant differences in the taste profile.
 - 40% oil mayonnaise-like emulsions: significant difference in colour which is characterised by lower whiteness index (WI) and chromaticity index (C^*), differences in the taste profile.
- 3. Neutral effects of the egg yolk substitution by Quillaia extract in products as well as general comments:
 - 75% oil mayonnaise-like emulsions; insignificant differences in values of water activity, acid or peroxide values, statistical correlation between some sensory and rheological attributes such as an increase in firmness or in consistency cases an increase in thickness in mouth and decrease in meltaway, a slight increase in value of textural parameters, especially consistency and yield stress, hence its solid-like characteristics through addition of gums (0.1%; XG, GG and FG) to the HF mayonnaise-like emulsion made with 0.4% Quillaia extract, an increase of guar gum by 0.1% reduces thinning after the freeze-thaw cycle thereby improves the texture stability, an increase in Quillaia extract content from 0.4% to 0.6% affects a decrease in droplet size, increase in apparent viscosity as well as in value of textural attributes.
 - 40% oil mayonnaise-like emulsions: insignificant differences in values of water activity, acid, peroxide and pH values, citrus fibre and the gums (XG, GG, FG) have a significant influence on apparent viscosity and texture attributes such as consistency and yield stress as well as stability of emulsions, and not the type of emulsifier used, the rheological parameters seem to be strongly affected by the presence of hydrocolloids in the composition, viscoelastic behaviour with the storage modulus G' is higher than the loss modulus G'' what is comparable to behaviour of samples made with egg yolk, statistical correlation between some sensory and rheological attributes such as low meltaway and thickness in mouth increases with an increase in cohesiveness and adhesiveness as well as the more liquid emulsion [higher $\tan(\delta)$] the higher surface shine and viscous modulus (G'') the slower meltaway in mouth and the structure breakdown (**b**) takes longer and an increase in LVR causes a decrease in oiliness in mouth and accelerates slow meltaway.

Although the properties of mayonnaise-like emulsion made with Quillaia extract seems to vary from those made with egg yolk, palatability is not significantly affected. Further in-depth studies are needed to find out the proper texturizers, colourants and flavours needed to achieve comparable sensory properties with a traditional mayonnaise.

Keywords: mayonnaise-like emulsion, extract of *Quilliaia*, egg yolk replacer, hydrocolloids, rheology, sensory.

Streszczenie

Studia nad zastosowaniem ekstraktu *Quilliaia* jako termostabilnego zamiennika żółtka jaja w emulsjach majonezowych

Przyczyną rozwoju wielu chorób układu krążenia jest zbyt wysoki poziom cholesterolu we krwi. Jest to wynikiem wadliwego odżywiania - spożywania zbyt dużej ilości tłuszczów, zwłaszcza nasyconych oraz produktów zawierających cholesterol i pokrewne mu lipidy. Zagrożenie chorobami układu krążenia powoduje, że następuje wzrost zainteresowania konsumentów żywnością bezcholesterolową lub o obniżonej jego zawartości.

Jednym z produktów, w którym można zredukować lub wyeliminować cholesterol jest tradycyjny majonez. Zawiera on 80% oleju roślinnego oraz minimum 6% żółtka jaja kurzego będącego bogatym źródłem cholesterolu. Redukcja zawartości żółtka lub całkowita jego eliminacja z produktu najczęściej realizowana jest poprzez zamianę żółtka innymi emulgatorami, często syntetycznymi lub modyfikowanymi chemicznie.

Jednak w odpowiedzi na oczekiwania konsumentów, na rynku artykułów spożywczych obserwuje się tendencję do ograniczania syntetycznych dodatków do żywności i wzrost udziału produktów zawierających naturalne składniki. Jest to związane z poszukiwaniem nowych rozwiązań, przyjaznych dla konsumentów. Dlatego też coraz większą rolę odgrywa identyfikowanie i charakterystyka nowych naturalnych emulgatorów, które mogą być z powodzeniem stosowane w produkcji żywności. Emulgatory bazujące na biopolimerach, jak białka (pszenica, soja, mleko) i polisacharydy (guma arabska, skrobie modyfikowane) okazały się efektywne w tworzeniu emulsji i jej stabilizacji. Niemniej jednak emulgatory biopolimerowe często mają ograniczone właściwości funkcjonalne.

Najczęściej stosowanym emulgatorem do produkcji majonezów i emulsji spożywczych typu majonez jest żółtko jaja kurzego. Producenci majonezu dążą do tego, aby emulsje, zarówno wysoko- jak i niskotłuszczowe, były stabilne przez co najmniej 12 miesięcy. Oczekiwania te powinien pomóc spełnić zastosowany w pracy zamiennik żółtka - ekstrakt *Quilliaia*.

Quilliaia jest naturalnym, spożywczym surfaktantem, który w formie ekstraktu z kory mydłodrzewia właściwego (*Quillaja saponaria* Molina), wykorzystano w trakcie badań jako

emulgator do produkcji wysoko- i niskotłuszczowych emulsji majonezowych. Dotychczasowe zastosowanie tego ekstraktu w przemyśle spożywczym ograniczało się jedynie do stabilizacji emulsji napojowych oraz do tworzenia i stabilizacji piany. Uzyskane w trakcie niniejszych badań wyniki będą istotnym uzupełnieniem obecnego stanu wiedzy na temat ekstraktu Quillaia a także pozwolą ocenić możliwości szerszego wykorzystania go w innych gałęziach przemysłu spożywczego. Przedstawione badania mają charakter innowacyjny zarówno na skalę krajową, jak i międzynarodową. Mają nie tylko znaczenie poznawcze, naukowe, ale i aplikacyjne.

Celem pracy była ocena możliwości zastosowania ekstraktu Quillaia jako termostabilnego emulgatora w bezjajecznych (bezcholesterolowych), niskotłuszczowych i wysokotłuszczowych emulsjach typu majonez poprzez analizę właściwości reologicznych, cech sensorycznych, termostabilności i stabilności przechowalniczej powstałych emulsji. Wszechstronna analiza otrzymanych wyników obejmująca ocenę właściwości emulgujących ekstraktu Quillaia w obecności wybranych hydrokoloidów oraz określenie zależności między cechami sensorycznymi i oznaczonymi instrumentalnie wyróżnikami tekstury, umożliwi wykorzystanie tych informacji do produkcji bezcholesterolowej emulsji majonezowej o jakości maksymalnie zbliżonej do produktu tradycyjnego.

Zakres pracy obejmował:

- opracowanie receptur, ustalenie parametrów produkcji oraz wytworzenie emulsji majonezowych pełnotłustych (75% oleju) i niskotłuszczowych (40% oleju) stabilizowanych ekstraktem Quillaia oraz wybranymi hydrokoloidami (guma ksantanowa, guma guar i guma kozieradki),
- przeprowadzenie oznaczeń w celu określenia właściwości fizykochemicznych, reologicznych oraz termostabilności badanych emulsji,
- ocenę cech sensorycznych oraz stabilności przechowalniczej powstałych emulsji majonezowych,
- analizę wpływu ekstraktu Quillaia na wybrane wyróżniki tekstury, cechy sensoryczne i stabilność powstałych emulsji majonezowych,
- próbę oszacowania korelacji między cechami sensorycznymi i oznaczonymi instrumentalnie wyróżnikami tekstury oraz ocenę właściwości i przydatności ekstraktu Quillaia jako naturalnego emulgatora emulsji typu majonez.

Materiał i metodyka badań

Realizacja pracy została podzielona na trzy etapy.

Cel realizowano określając w części pierwszej:

1. zdolność emulgującą (EA) ekstraktu Quillaia i termostabilność emulsji stabilizowanej tym ekstraktem w porównaniu do żółtka jaja kurzego na podstawie zmodyfikowanej metody Yasurnatsu i wsp. (1972),
2. bazową recepturę majonezu tradycyjnego wysokotłuszczowego (75% oleju rzepakowego i 6% żółtka) i o obniżonej zawartości tłuszczu (40% oleju rzepakowego i 4% żółtka),
3. odpowiednią dawkę wybranych hydrokolidów i ekstraktu Quillaia potrzebną do stabilizacji emulsji wysoko- i niskotłuszczowych,
4. ustalenie parametrów procesu produkcji,
5. wytworzenie emulsji majonezowych:
 - wysokotłuszczowych (75% tłuszczu) w siedmiu wersjach recepturowych:
 - próba kontrolna z 6% żółtka,
 - próba bez żółtka z dodatkiem 0,4% ekstraktu Quillaia,
 - próba bez żółtka z dodatkiem 0,6% ekstraktu Quillaia,
 - bez żółtka z dodatkiem 0,4% ekstraktu Quillaia stabilizowana gumą ksantan (0,1%),
 - bez żółtka z dodatkiem 0,4% ekstraktu Quillaia stabilizowana gumą guar (0,1%),
 - bez żółtka z dodatkiem 0,4% ekstraktu Quillaia stabilizowana gumą kozieradki (0,1%),
 - próba bez żółtka z dodatkiem 1,2% bursztynianu sodowo oktenylo skrobiowego (E1450)
 - niskotłuszczowych (40% tłuszczu) w czterech wersjach recepturowych:
 - próba kontrolna z 4% żółtka i 0,3% gumy ksantanowej,
 - próba bez żółtka z dodatkiem 0,4% ekstraktu Quillaia i gumy ksantanowej (0,5%),
 - próba bez żółtka z dodatkiem 0,4% ekstraktu Quillaia i gumy guar (0,5%),

próbą bez żółtka z dodatkiem 0,4% ekstraktu Quillaia i gumy kozieradki (0,5%).
Wszystkie próby niskotłuszczowe zawierały błonnik cytrusowy (2%).

W drugiej części pracy prowadzono oznaczenia mające na celu określenie:

1. stabilności emulsji:

- 1.1. pomiar rozkładu wielkości cząstek za pomocą Beckman Laser Diffraction Particle Size Analyser i wyznaczenie parametrów charakterystycznych rozkładu udziałów objętościowych takich jak: średnica d_{10} , d_{50} i d_{90} , średnia średnica $d[4,3]$ oraz współczynnik dyspersji (K),
- 1.2. oznaczanie stabilności emulsji metodą wirówkową Rotofix wg. Actona i Staffla i termostabilności metodą Yasurnatsu i wsp. (1972),
- 1.3. określenie struktury emulsji na podstawie zdjęć otrzymanych przy użyciu mikroskopu elektronowego Axiostar firmy ZEISS, powiększenie 200x,

2. właściwości fizykochemicznych emulsji:

- 2.1. pomiar pH przy użyciu Calimatic model 765 (Knick),
- 2.2. pomiar aktywności wody za pomocą AQUA LAB 4TE (Decagon Devices),
- 2.3. pomiar składowych barwy w przestrzeni barw L^* , a^* , b^* metodą odbiciową przy użyciu kolorymetru Konica Minolta model CR-600d dla oświetlenia D_{65} ,
- 2.4. pomiar liczby kwasowej (AV) i liczby nadtlenkowej (PV) oleju rzepakowego zgodnie z normami ISO 660: 2009 i ISO 3960: 2012,
- 2.5. oznaczenie stabilności oksydacyjnej oleju rzepakowego na podstawie czasu indukcji utleniania przy użyciu aparatu Rancimat 743 (Metrohm);

3. właściwości reologicznych emulsji:

- 3.1. badanie właściwości lepkosprężystych i lepkich przeprowadzono za pomocą reometru Bohlin Rheometer Gemini 150 (Malvern Instruments) w układzie pomiarowym płytka-płytką; wyznaczono: moduł sprężystości G' , moduł lepkości G'' , tangens kąta stratności $\tan(\delta)$ i granicę plastyczności oraz krzywe płynięcia i lepkość pozorną w zależności od szybkości ścinania.
- 3.2. oznaczenie właściwości teksturalnych (TA-XT2i Stable Micro Systems) przeprowadzono stosując test penetracji. Oznaczano parametry: twardość (zwiążłość), przyczepność, spójność i konsystencja,
- 3.3. oznaczenie lepkości dynamicznej za pomocą reometru rotacyjnego Brookfield (Model DV-II+Pro), przy użyciu wrzeciona helipath,

4. cech sensorycznych emulsji:

w celu przeprowadzenia analizy sensorycznej wykorzystano metodę szeregowania zgodnie z analizą porównawczą z zastosowaniem testu oceny według metody profilowania jakości (QDA). Dziesięciu ekspertów sensorycznych oceniło próbki emulsji majonezowych w czterech sesjach porównując osiem wybranych atrybutów,

5. stabilności przechowalniczej emulsji:

do oceny stabilności tłuszczu badanych emulsji – stopnia hydrolizy i oksydacji oleju w czasie, na podstawie zmian liczby kwasowej i liczby nadtlenkowej - przeprowadzono test przechowalniczy, w którym pełnotłuste emulsje majonezowe w pojemnikach plastikowych o pojemności 180 ml przechowywano w komorze chłodniczej w temperaturze 4°C oraz w temperaturze 20°C z dostępem światła przez 34 i 44 tygodnie. Ponadto przechowywano próby emulsji majonezowych w temperaturze 20°C z dostępem światła przez 18 miesięcy w celu oceny stabilności ich tekstury. Aby określić stabilność i odporność na ujemne temperatury emulsje majonezowe pełnotłuste poddano po 18 miesiącach przechowywania dalszym testom zamrażania i rozmrażania.

Statystyczną interpretację uzyskanych wyników przeprowadzono z wykorzystaniem programu Statistica 10 i XLSTAT.

W trzeciej części pracy oszacowano zależności między cechami sensorycznymi i oznaczonymi instrumentalnie parametrami tekstury oraz oceniono właściwości i przydatność ekstraktu Quillaia jako naturalnego, trwałego termicznie emulgatora emulsji typu majonez.

Omówienie i dyskusja wybranych wyników

Wszystkie badane próby z ekstraktem Quillaia odznaczały się lepkosprężystością, zmierzony moduł sprężystości G' (816-1250 Pa) był większy niż moduł lepkości G'' (758-881 Pa), co jest charakterystyczne dla majonezów. Test stabilności emulsji (przy logarytmicznie zwiększającym się naprężeniu (0,0001-10 Pa), w temperaturze 20° C, przez 280 sek.) pozwala uznać badane układy za stabilne, gdyż wartości modułów G' i G'' nie zmieniały się w czasie. Jednak najwyższą stabilność wykazała emulsja majonezowa pełnotłusta wyprodukowana z żółtkiem jaja kurzego. Majonez ten cechowała największa wartość granicy plastyczności (0,469) oraz największy obszar liniowej lepkosprężystości (LVR: 0,0133), co oznacza, że proces odkształcenia odbywał się w największym zakresie, w którym wartości modułów sprężystości i lepkości były stałe. Cechy te korzystnie wpływają na wrażenia sensoryczne, między innymi takie jak stopień zżelowania, zwięzłości tekstury, plastyczność, czy moment,

w którym produkt zaczyna rozplýwać się w ustach. Jeśli majonez charakteryzuje się krótkim obszarem liniowej lepkośćprężystości (LVR), tak jak to stwierdzono w przypadku emulsji majonezowej pełnotłustej stabilizowanej ekstraktem Quillaia z dodatkiem gumy ksantanowej (LVR: 0,0001), może być odbierany w ustach jako mało lepki i szybko zanikający. Wyniki te zostały potwierdzone w testach sensorycznych: emulsje majonezowe pełnotłuste stabilizowane ekstraktem Quillaia szybciej rozplýwały się w ustach a ich tekstura została oceniona jako mniej żelowana. W emulsjach majonezowych o zredukowanej ilości oleju na wrażenia sensoryczne miał decydujący wpływ rodzaj i ilość użytego hydrokoloidu (błonnik cytrusowy oraz gumy: ksantanowa, guar i kozieradki). Emulsje te stabilizowane ekstraktem Quillaia charakteryzowały się nieco bardziej żelowaną teksturą i większą spójnością oraz lepkością, nieco wolniej rozplýwały się też się w ustach.

Uzyskane współczynniki $\tan(\delta)$, dostarczające informacji na temat zachowania się produktu i jego tekstury podczas pomiaru częstotliwości ścinania oraz zmiany tekstury w czasie przechowywania, w przypadku emulsji pełnotłustych z ekstraktem Quillaia osiągnęły wyższe wartości [$\tan(\delta)$: 0,67-0,99] niż emulsja stabilizowana żółtkiem jaja kurzego [$\tan(\delta)$: 0,13]. Emulsje te zachowywały się bardziej jak ciało płynne a mniej jak ciało stałe i miały bardziej płynną charakterystykę (mniej żelowaną teksturę) w porównaniu do emulsji przygotowanej z żółtkiem. Również struktura emulsji majonezowej wszystkich prób uległa zniszczeniu (granice płynięcia) pod stałym naprężeniem ścinającym. Jednak próbki stabilizowane ekstraktem Quillaia osiągnęły nieco mniejszą wartość parametru b (1,04-3,76), który jest wskaźnikiem wartości granicy płynięcia pod stałym naprężeniem ścinającym, niż próbka z żółtkiem jaja ($b = 4,85$), co potwierdza ich bardziej płynny charakter. Najbardziej zbliżoną do kontrolnej granicę plastyczności wykazała próbka z 0,4% ekstraktu Quillaia bez dodatku hydrokoloidów ($b = 3,76$). Nie stwierdzono korelacji między granicą plastyczności a dodatkiem 0,1% gum ksantanowej, guar i kozieradki do emulsji pełnotłustych stabilizowanych ekstraktem Quillaia.

Oznaczone wiskozymetrem Brookfield'a wyniki lepkości pozornej emulsji majonezowych pełnotłustych z użyciem 0,4% ekstraktu Quillaia, jak i gum (guma ksantanowa, guma guar, guma kozieradki), osiągnęły nieco niższe wartości ($26,6 \div 29,4$ Pas), niż próbka kontrolna (40 Pas). Zwiększenie dawki ekstraktu Quillaia z 0,4% do 0,6% spowodowało wzrost lepkości pozornej z 25,7 Pas do 66,7 Pas. Natomiast wyniki lepkości pozornej emulsji majonezowych o zredukowanej ilości oleju były nieco mniejsze ($85,3 \div 86,2$ Pas) od wyniku emulsji stabilizowanej żółtkiem (92,8 Pas), z wyjątkiem emulsji wyprodukowanej z gumą guar (108,5 Pas).

Oznaczenia właściwości teksturalnych przeprowadzone za pomocą TA-XT2, uzupełniły wcześniejsze wyniki uzyskane w badaniach przeprowadzonych reometrem Bohlin'a. Emulsje majonezowe stabilizowane ekstraktem Quillaia odznaczały się nieco mniejszą wartością parametrów: jędrności (53,6÷58,8 g), spójności (25,9÷28,1 g) i konsystencji (338,4÷383,58 g·s), niż próbka kontrolna (odpowiednio: 86,6g, 31,1g i 613,3 g·s), co zostało potwierdzone w testach sensorycznych. Dodatek 0,1% gum (guma ksantanowa, guma guar i guma kozieradki) do emulsji majonezowej stabilizowanej 0,4% ekstraktem Quillaia, jak i zwiększenie dozowania ekstraktu Quillaia do 0,6% zwiększyło nieco twardość (zwięzłość), spójność i konsystencję emulsji, jednak nie osiągając wartości otrzymanych w próbce kontrolnej z żółtkiem jaja kurzego.

W emulsjach majonezowych o zredukowanej ilości tłuszczu, na reologię produktu i wrażenia sensoryczne decydujący wpływ miał rodzaj i ilość użytego hydrokoloidu. Emulsje te stabilizowane ekstraktem Quillaia charakteryzowały się nieco bardziej zżelowaną, zwięzłą teksturą i większą spójnością oraz lepkością, jak i powolniejszym rozplływaniem się w ustach, niż emulsja stabilizowana żółtkiem jaja kurzego.

Stabilność emulsji jest miarą jej odporności na rozwarstwienie i zależy od średniej wielkości kropeł oleju, zawartości tłuszczu oraz ilości i jakości użytego emulgatora. Emulgatory i ich ilość użyta w przeprowadzonych próbach różnorodnie wpłynęły na stabilność emulsji majonezowych. Emulsje z ekstraktem Quillaia bez dodatku gumy (wysoko- i niskotłuszczowe) charakteryzowały się bardzo wysoką, zwykle 100 % stabilnością. Wynik ten został potwierdzony po 18 miesięcznym przechowywaniu w temperaturze 20°C z dostępem światła. Pełnotłusta emulsja majonezowa stabilizowana żółtkiem jaja kurzego uległa całkowitemu rozwarstwieniu. Najbardziej stabilne okazały się produkty stabilizowane ekstraktem Quillaia bez dodatku gum, jak i z dodatkiem 0,1% gumy guar. Testy na zamrażanie i rozmrażanie potwierdziły ten rezultat. Emulsja stabilizowana skrobią emulgującą (sól sodowa oktenylobursztynianu skrobiowego, E 1450) uległa rozwarstwieniu.

We wszystkich badanych emulsjach po 34 i 44 tygodniach przechowywania zmiany hydrolityczne oraz oksydacyjne tłuszczu były niewielkie. Nie stwierdzono istotnego wpływu światła i temperatury na wzrost liczby kwasowej (zakres 0,12-0,16 mg KOH/g tłuszczu) i nadtlenkowej (zakres 2,1-3,1meqO/kg tłuszczu) w okresie przechowywania wszystkich emulsji. Z tego punktu widzenia wszystkie badane emulsje były bezpieczne i przydatne do spożycia po 44 tygodniach przechowywania w analizowanych warunkach. Dopiero osiemnastomiesięczne przechowywanie emulsji majonezowych w 20°C z dostępem światła spowodowało niekorzystne zmiany smaku i zapachu.

W ostatnim etapie pracy porównano cechy sensoryczne z parametrami reologicznymi oraz oznaczonymi instrumentalnie wyróżnikami tekstury, określając zależności pomiędzy właściwościami reologicznymi a analizą sensoryczną i na tej podstawie przedstawiono ostateczną ocenę właściwości i przydatności ekstraktu Quillaia.

Zastosowanie ilościowej analizy opisowej (metody profilowania sensorycznego) pozwoliło na szczegółową porównawczą analizę sensoryczną majonezów pełnotłustych i niskotłuszczowych. Przeprowadzona analiza składowych głównych (PCA) pozwoliła na wskazanie cech sensorycznych, które w największym stopniu charakteryzują i zarazem różnicują jakość sensoryczną majonezów pełnotłustych i niskotłuszczowych. Przeprowadzono analizę przestrzeni zmiennych (cech sensorycznych) oraz analizę przestrzeni przypadków (badane majonezy). Dla zobrazowania relacji występujących pomiędzy analizowanymi emulsjami majonezowymi sporządzono wykresy typu biplot, na których umieszczono zmienne czynnikowe (cechy sensoryczne) oraz zrzutowano punkty reprezentujące poszczególne emulsje w przestrzeni zmiennych w celu porównania rozmieszczenia próbek w układzie PCA. Próbki położone blisko siebie były podobne a oddalone, różniły się między sobą.

Utworzony wykres jest pomocny w określeniu i porównaniu cech sensorycznych badanych emulsji. Poza tym przeprowadzając w ten sam sposób analizę sensoryczną innych majonezów np. rynkowych niskotłuszczowych lub pełnotłustych i dołączając wyniki tej analizy do stworzonej już mapy, można w szybki sposób określić, w jakim stopniu badany majonez różni się w stosunku do np. majonezu wzorcowego.

W przeprowadzonym badaniu stwierdzono znaczące różnice pomiędzy pełnotłustymi emulsjami wyprodukowanymi z ekstraktem Quillaia, które odznaczały się "oleistością", „pełnością” w ustach, a emulsją majonezową stabilizowaną żółtkiem, z którą powiązane były pozostałe atrybuty sensoryczne, jak kohezyjność, połysk, lepkość w ustach i żelowość.

W przypadku emulsji majonezowych o zredukowanej zawartości oleju, próba wyprodukowana z żółtkiem różniła się cechami sensorycznymi od prób wykonanych z ekstraktem Quillaia. Charakteryzowała ją większa zwięzłość, zżelowanie tekstury i intensywniejszy połysk powierzchni, natomiast emulsje bezjajeczne cechowało powolne rozpląwanie się w ustach, kohezyjność, oleistość i większa lepkość w ustach.

Do określenia stopnia wzajemnych powiązań pomiędzy cechami sensorycznymi i poszczególnymi parametrami właściwości reologicznych obliczono współczynnik korelacji r Pearsona jak też przeprowadzono analizę składowych głównych (PCA). Stwierdzono istnienie dodatniej korelacji ($r > 0,8$) pomiędzy cechami sensorycznymi a reologicznymi pełnotłustych emulsji majonezowych – zwięzłością konsystencji a lepkością w ustach oraz między $\tan(\delta)$

(im większa wartość, tym bardziej płynny produkt) a połyskiem. Statystycznie istotne ujemne korelacje ($r > 0,8$) zauważono między G'' (moduł lepkości), konsystencją i $\tan(\delta)$ a połyskiem, oleistością i kohezynością w ustach oraz szybkością rozplywalności w ustach. Pełnotłuste emulsje stabilizowane ekstraktem Quillaia powiązane były z takimi wyróżnikami jak $\tan(\delta)$, oleistość w ustach i obcy posmak, natomiast z emulsją wyprodukowaną z udziałem żółtka jaja kurzego powiązane były pozostałe cechy sensoryczne i parametry właściwości reologicznych. Pomimo odmiennych właściwości reologicznych (sprężystości, lepkości i jędrności) oraz smaku i barwy niż majonez tradycyjny, pełnotłuste emulsje majonezowe z ekstraktem Quillaia cechowała doskonała stabilność fizyczna oraz dobra ocena sensoryczna.

Statystycznie istotną dodatnią korelację ($r > 0,9$) między cechami sensorycznymi i reologicznymi niskotłuszczowych emulsji majonezowych stwierdzono między adhezywnością, kohezynością a powolnym rozplywaniem się w ustach i lepkością w ustach. Natomiast silną ujemną korelację ($r > 0,9$) zauważono między $\tan(\delta)$, połyskiem, granicą płynięcia a G'' (modułem lepkości), oleistością w ustach i powolnym rozplywaniem się w ustach.

Uzyskana w wyniku badań zamiana żółtka pozwoliła na wyeliminowanie cholesterolu, co jest korzystne dla zdrowia konsumenta. Jednakże produkcja bezcholesterolowych emulsji majonezowych wymaga udoskonalenia receptury, by możliwe było wyprodukowanie emulsji jeszcze bardziej zbliżonych do majonezu tradycyjnego pod względem fizykochemicznym oraz sensorycznym.

Wnioski i spostrzeżenia

Analiza otrzymanych wyników pozwala stwierdzić, że ekstrakt Quillaia może być skutecznie stosowany jako zamiennik żółtka jaja kurzego w produkcji pełnotłustych i niskotłuszczowych emulsji majonezowych bez cholesterolu. Substytucja żółtka ekstraktem Quillaia na poziomie 0,6%, jak i 0,4% z udziałem hydrokoloidów umożliwiła otrzymanie emulsji majonezowych o zbliżonych właściwościach reologicznych do majonezu tradycyjnego, lecz o nieco zwiększonej średniej wielkości cząstek (mediana 12,1-16,0 μm) pozostających stabilnymi podczas testów wirówkowych i przez cały okres przechowywania (18 miesięcy w temperaturze pokojowej) oraz testów na zamrażanie i rozmrażanie. Emulsje majonezowe beżółtkowe wykazywały przewagę właściwości sprężystych, gdyż moduł sprężystości G' był wyższy niż moduł lepkości G'' , co porównywalne jest z zachowaniem emulsji majonezowych zawierających żółtko jaja kurzego.

Zaobserwowano istnienie korelacji między sensorycznymi a reologicznymi atrybutami emulsji. Wraz ze wzrostem kohezyności i adhezywności następowało spowolnienie szybkości

rozpływania się emulsji w ustach i jej lepkość odczuwana w ustach zwiększała się. Poza tym, im bardziej płynna była emulsja [wyższy $tg(\delta)$], tym bardziej błyszcząca była jej powierzchnia. Dodatkowo im wyższy był dynamiczny moduł lepkości (G''), tym wolniejsze było rozpływanie się emulsji w ustach oraz proces niszczenia struktury (b) trwał dłużej. Ponadto wzrost LVR powodował spadek oleistości i przyspieszał rozpuszczanie się w ustach.

Jednak dostrzegalne dla oka różnice barwy (istotnie mniejsze wartości parametru b), mniejsze wartości pH (3,04-3,15), mniej zwięzła tekstura pełnotłustych emulsji majonezowych, jak i brak charakterystycznego smaku żółtka różni je od majonezów tradycyjnych.

W przypadku emulsji majonezowych o zredukowanej zawartości tłuszczu zamiana żółtka ekstraktem Quillaia na poziomie 0,4% z udziałem wybranych hydrokoloidów nie spowodowała istotnych różnic badanych cech reologicznych i stabilności emulsji oraz jej oceny sensorycznej. Jedynie istotne różnice stwierdzono w wartościach pH (były niższe), barwie (istotnie mniejsze wartości parametrów L i b) oraz smaku.

1. Zalety zastąpienia żółtka jaja kurzego ekstraktem Quillaia

➤ Wysokotłuszczowe emulsje majonezowe:

- 100% stabilność (brak kremowania i separacji faz) podczas długiego okresu przechowywania w temperaturze pokojowej i przy dostępie światła,
- lepsza termostabilność,
- wyższa zdolność emulgująca,
- znacznie lepsza stabilność w testach zamrażania i rozmrażania,
- nieznaczny wpływ na wzrost wartości pH, możliwe zwiększenie bezpieczeństwa mikrobiologicznego,
- możliwość sterylizacji, znacznie wyższa stabilność.

➤ Niskotłuszczowe emulsje majonezowe:

- nieco mniejsza średnica cząstek oleju, mogąca wskazywać na lepszą stabilność emulsji i pozytywny wpływ na cechy sensoryczne.

2. Niekorzystne skutki zastępowania żółtka jaja kurzego ekstraktem Quillaia

➤ Wysokotłuszczowe emulsje majonezowe:

- zachowanie emulsji bardziej jak ciało płynne a mniej jak ciało stałe, bardziej płynna charakterystyka (mniej zżelowana tekstura), szczególnie emulsji nie zawierających hydrokoloidów,
- szybki rozpad struktury pod stałym naprężeniem ścinającym (niska wartość granicy płynięcia) wynikający z bardziej płynnego charakteru emulsji,

- nieco większa wartość mediany rozkładu wielkości cząstek oleju, co może wpływać na zmiany zachowań reologicznych emulsji,
- znacząca różnica barwy, charakteryzująca się większą wartością współczynnika białości (WI), oraz mniejszą wartością współczynnika chromatyczności (C*),
- znaczące różnice w smaku wynikające głównie z braku aromatu żółtka jaja i z wpływu smaku własnego ekstraktu Quillaia na smak emulsji,

➤ Niskołuszczowe emulsje majonezowe:

- znacząca różnica barwy, która charakteryzuje się niższą wartością współczynnika białości (WI), oraz współczynnika chromatyczności (C*),
- różnice w smaku wynikające z braku aromatu żółtka i wpływu smaku własnego ekstraktu Quillia.

3. Inne efekty substytucji żółtka jaja kurzego ekstraktem Quillaia oraz ogólne uwagi

➤ Wysokołuszczowe emulsje majonezowe:

- nieznaczące różnice wartości aktywności wodnej,
- nieznaczące różnice wartości liczby kwasowej i nadtlenkowej oleju,
- korelacja między niektórymi atrybutami sensorycznymi i reologicznymi, takimi jak zwiększenie jedności lub konsystencji wpływa na zwiększenie lepkości i spowolnienie rozpuszczalności w ustach,
- dodatek 0,1% hydrokoloidów (guma ksantanowa, guma guar i guma kozieradki) do emulsji majonezów wysokołuszczowych zawierających 0,4% ekstraktu Quillaia powoduje niewielki wzrost wartości parametrów reologicznych, zwłaszcza spójności i granicy plastyczności, wpływając na niewielką zmianę właściwości emulsji w kierunku ciała stałego (solid-like),
- dodatek gumy guar w ilości 0,1% zmniejsza destabilizację tekstury emulsji zapobiegając jej upłynnieniu po cyklu zamrażania i rozmrażania poprawiając jej stabilność,
- wzrost zawartości ekstraktu Quillaia od 0,4% do 0,6% wpływa na zmniejszenie średnicy wielkości kropli oleju, wzrost lepkości pozornej, a także na zwiększenie wartości atrybutów tekstury w kierunku ciała stałego (solid-like).

➤ Niskotłuszczowe emulsje majonezowe:

- nieznaczne różnice wartości aktywności wodnej,
- nieznaczne różnice wartości liczby kwasowej i nadtlenkowej,
- nieznaczne różnice wartości pH,
- znaczący wpływ na parametry reologiczne, takie jak lepkość pozorna, spójność i granica plastyczności, na stabilność emulsji ma wpływ obecność błonnika cytrusowego i gum (XG, GG, FG) a nie typ zastosowanego emulgatora,

Rekomendacje

Uzyskane wyniki pozwoliły na stworzenie ramowych wytycznych do projektowania bezcholesterolowych wysoko i niskotłuszczowych emulsji majonezowych z wykorzystaniem ekstraktu Quillaia. Mimo, iż niektóre właściwości takich emulsji wydają się różnić od tych z żółtkiem jaja kurzego, smakowitość ich nie jest znacząco zmieniona. W celu osiągnięcia właściwości sensorycznych jeszcze bliższych tradycyjnemu majonezowi potrzebne są dalsze badania, które można prowadzić już w laboratoriach zakładów produkcyjnych.

Szczególnym wyzwaniem dla technologów zajmujących się rozwojem produktów bezcholesterolowych są emulsje majonezowe wysokotłuszczowe. Emulsje te powinny odznaczać się lekko żelowaną, gładką i kremową teksturą, charakterystyczną dla majonezów tradycyjnych, w których olej roślinny jest głównym składnikiem a żółtko jaja kurzego jest użyte jako emulgator. W przeprowadzonych badaniach ekstrakt Quillaia został zastosowany jako emulgator, który dozowany w bardzo małych ilościach nie miał znaczącego wpływu na lepkość fazy wodnej emulsji, w odróżnieniu od żółtka jaja kurzego. W celu zwiększenia lepkości, można zastosować odpowiednią dawkę hydrokoloidu cechującego się właściwościami żelującymi (np.: guma ksantanowa, guma guar). Dodanie prawidłowo wybranego aromatu i barwnika zwiększy atrakcyjność i smakowitość emulsji majonezowej zbliżając jej profil sensoryczny i reologiczny do produktów rynkowych.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że ekstrakt Quillaia może być z powodzeniem stosowany jako zamiennik żółtka jaja kurzego w produkcji termostabilnych, wysoko- i niskotłuszczowych emulsji majonezowych bez cholesterolu i po modyfikacji tekstury przy użyciu gumy guar, ewentualnie gumy ksantan lub gumy kozieradki. Dodatek aromatu jaja, pomarańczowo-żółtego barwnika (np.: karotenoidu), jak i regulacja pH może zbliżyć niektóre parametry emulsji majonezowej do parametrów majonezu tradycyjnego, stając się atrakcyjnym produktem dla konsumentów.

Słowa kluczowe: emulsja majonezowa, ekstrakt Quillaia, zamienniki żółtka jaja, hydrokoloidy, reologia, analiza sensoryczna