

Grażyna BORTNOWSKA, Robert IWAŃSKI

**WPŁYW DODATKU INULINY NA UWALNIANIE SIĘ S(+)-KARWONU
Z NISKOTŁUSZCZOWYCH EMULSJI TYPU o/w, STABILIZOWANYCH
ŻÓŁTKIEM JAJA W PROSZKU LUB KAZEINIANEM SODU**

**INFLUENCE OF INULIN ADDITION ON S(+)-CARVONE RELEASE FROM
LOW-FAT OIL-IN-WATER EMULSIONS STABILIZED BY DRIED EGG YOLK
OR SODIUM CASEINATE**

Katedra Technologii Żywności, Akademia Rolnicza
ul. Papieża Pawła VI nr 3, 71-459 Szczecin

Abstract. Release of S(+)-carvone, significant sensory aroma compound of caraway oil, from model emulsions stabilized by dried egg yolk or sodium caseinate in which part of oil was replaced by carbohydrate based fat replacer – inulin applied as commercial product Frutafit®Tex, was studied with the use of gas chromatograph coupled with mass spectrometer (GC-MS) and static headspace method. It was found that increase of Frutafit®Tex concentration, in fat component, caused higher relative release of S(+)-carvone from low-fat oil-in-water emulsions particularly when 80% of oil replaced by Frutafit®Tex. The studies also showed that the best stabilization of S(+)-carvone was achieved in emulsions stabilized by addition of 6% sodium caseinate with 30 and 50% of oil replaced by Frutafit®Tex (samples B, C) and in emulsions made with 6% of dried egg yolk in which 80% of oil substituted with the same fat replacer (samples D). Changes of the viscosity caused by addition of Frutafit®Tex probably did not influence S(+)-carvone release from model emulsions.

Słowa kluczowe: emulsja niskotłuszczowa, emulgator naturalny, inulina, karwon.

Key words: carvone, inulin, low-fat emulsion, natural emulsifier, static headspace.

WSTĘP

Emulsje niskotłuszczowe typu o/w, których przykładami mogą być między innymi: majonezy, sosy, jogurty o obniżonej wartości energetycznej, produkuje się głównie poprzez redukcję tłuszczu i zastąpienie go substancjami nazywanymi zamiennikami tłuszczu (Akoh 1998; Devereux i in. 2003). Często stosowanym, w ostatnim okresie, węglowodanowym zamiennikiem tłuszczu jest naturalny produkt – inulina, a szczególnie jej preparat dostępny w handlu pod nazwą Frutafit®Tex, który jest mieszaniną oligo- i polisacharydów o różnym stopniu polimeryzacji i który wykazuje dodatkowo dobre właściwości teksturotwórcze (Gijs i in. 2000; Sensus 2000; Devereux i in. 2003; Skowronek i Fiedurek 2003; Tárrega i Costell 2006). Niestety, proces zastępowania tłuszczu jego zamiennikami powoduje istotne zmiany właściwości fizykochemicznych układu, co uwidacznia się między innymi w jego oddziaływaniu na uwalnianie się lotnych substancji zapachowych (Schirle-Keller i in. 1992, 1994; Druaux i Voilley 1997; Haahr i in. 2000; Miettinen i in. 2003). W emulsjach niskotłuszczowych następuje bowiem mniejsza absorpcja substancji zapachowych, szczególnie o właściwościach hydrofobowych, których jest zdecydowanie więcej, co z kolei powoduje ich gwałtowne niekontrolowane uwalnianie się, spadek stężenia aromatu w produkcie i, w konsekwencji,

również w jego warstwie nadpowierzchniowej (ang. *headspace*) – Harrison i in. (1997); Leland (1997); Malone i Appelqvist (2003); Covarrubias-Cervantes i in. (2005). Przykładem hydrofobowej substancji zapachowej jest S(+)-karwon, który charakteryzuje się wysoką aktywnością aromatu i w istotny sposób wpływa na zapach kminku zwyczajnego (Zawirska-Wojtasiak i Wąsowicz 2000). Stabilność hydrofobowych substancji zapachowych w produktach niskotłuszczowych z dodatkiem zamienników tłuszczu można zwiększyć, stosując między innymi odpowiednie emulgatory naturalne, a wśród nich: żółtko jaja oraz białka mleka, na przykład kazeiny, stosowane w postaci kazeinianu sodu, które wykazują bardzo dobre właściwości emulgujące (Akoh 1998; Casanova i Dickinson 1998; Anton i in. 2000; Le Denmat i in. 2000; Hemar i in. 2001; Campbell i in. 2005).

Celem pracy było porównanie uwalniania się S(+)-karwonu z niskotłuszczowych emulsji typ o/w, w których część oleju zastąpiono inuliną w postaci preparatu Frutafit®Tex, w zależności od rodzaju i stężenia żółtka jaja w proszku lub kazeinianu sodu.

MATERIAŁ I METODY

Do badań użyto: kazeinian sodu, firmy Minne S.A. de CV Mexico; żółtko jaja w proszku, firmy PPRS „BASSO” sp. z o.o. (Nowy Sącz); preparat inuliny o nazwie handlowej Frutafit®Tex, firmy Sensus, Holandia (zawierający zgodnie ze specyfikacją produktu min. 95,0% węglowodanów w suchej masie, w tym: inuliny o stopniu polimeryzacji (DP) ≥ 5 min. 99,0%; inuliny DP3 oraz DP4 min. 0,5%; mono- i disacharydów min. 0,5%); olej roślinny „Kujawski”, firmy Zakłady Tłuszczowe (Kruszwica) oraz substancję aromatyczną S(+)-karwon, zakupioną w Sigma-Aldrich sp. z o.o. (Poznań).

Badania prowadzono na niskotłuszczowych emulsjach typu o/w, które przygotowano poprzez zdyspergowanie oleju w wodnym roztworze emulgatora lub emulgatora i preparatu Frutafit®Tex, przy użyciu homogenizatora laboratoryjnego typu MPW-302, stosując 15 tys. obr. $\cdot$ min⁻¹ przez 30 s. Emulsje stabilizowano dwoma rodzajami emulgatorów – żółtkiem jaja w proszku lub kazeinianem sodu, w ilości 2 lub 6% (w/w) oraz aromatyzowano dodatkiem 0,5% (v/v) S(+)-karwonu. Frutafit®Tex oraz emulgatory rozpuszczano w wodzie destylowanej w temp. 30 $\pm$ 1°C, a następnie roztwory preparatu Frutafit®Tex pozostawiano na 24 godziny w temp. 20°C w celu wytworzenia żelu (Florowska i in. 2004). Poszczególne emulsje różniły się między sobą stężeniem oleju i preparatu Frutafit®Tex.

Doświadczenie obejmowało analizę czterech zestawów emulsji typu o/w, które oznaczono literami: A, B, C i D. Zestaw emulsji A stanowiły próbki odniesienia, przygotowane bez dodatku preparatu Frutafit®Tex. Natomiast w emulsjach: B, C i D odpowiednio: 30, 50 i 80% (w/w) oleju zastąpiono preparatem Frutafit®Tex, w ilości 1 g suchej masy preparatu inuliny za 4 g oleju (Florowska i Krygier 2007), licząc ilość zredukowanego oleju w stosunku do jego stężenia w próbkach odniesienia – zestaw emulsji A. Stężenie oleju i preparatu Frutafit®Tex w emulsjach: A, B, C i D podano w tab. 1, które w dalszej części pracy nazywane jest stężeniem komponentu tłuszczowego. Modelowe emulsje poddawano następnie procesowi odgazowania w suszarce próżniowej typu APT Line Serie VD, firmy Binder GmbH, do stałej objętości i niezwłocznie kierowano do badań laboratoryjnych.

Tabela 1. Skład komponentu tłuszczowego w modelowych emulsjach typu o/w
 Table 1. Composition of fat component in model oil-in-water emulsions

Ilość oleju zastąpiona preparatem Frutafit® Tex Quantity of oil replaced by Frutafit® Tex [% w/w]	Symbol modelowych emulsji Symbol of model emulsions	Składniki komponentu tłuszczowego Ingredients of fat component [% w/w]	
		olej oil	Frutafit® Tex
0	A	1,00	–
		3,00	–
		5,00	–
		10,00	–
		20,00	–
		40,00	–
30	B	0,70	0,08
		2,10	0,23
		3,50	0,38
		7,00	0,75
		14,00	1,50
		28,00	3,00
50	C	0,50	0,13
		1,50	0,38
		2,50	0,63
		5,00	1,25
		10,0	2,50
		20,0	5,00
80	D	0,20	0,20
		0,60	0,60
		1,00	1,00
		2,00	2,00
		4,00	4,00
		8,00	8,00

W próbach oznaczano:

- ilość S(+)-karwonu, uwalnianego do warstwy nadpowierzchniowej, metodą analizy równowagowej fazy gazowej nad roztworem (ang. *static headspace*) – Szczepaniak (1997), na chromatografii gazowym sprzężonym ze spektrometrem mas z jonizacją elektronową (GC/MS) i automatycznym zestawem do dozowania prób HP16 (ang. *autosampler*), firmy Perkin Elmer International C.V. Do analizy pobierano 5 ml aromatyzowanej emulsji, którą ogrzewano przez 15 min w temp. 70°C. Rozdziálu dokonywano na kolumnie kapilarnej PE-SMS (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm) w zmiennej temp. od 50 do 150°C, o gradiencie przyrostu 10°C·min⁻¹, stosując gaz nośny hel; przepływ przez kolumnę wynosił 0,7 ml·min⁻¹. Ilość S(+)-karwonu w warstwie nadpowierzchniowej modelowych emulsji wyrażano w procentach względnych przez porównanie pól powierzchni pików chromatograficznych S(+)-karwonu uwalnianego z modelowych emulsji i wody (Schirle – Keller i in. 1992, 1994; Carey i in. 2002; Secuard i in. 2003);
- lepkość dynamiczną modelowych emulsji typu o/w na wiskozymetrze rotacyjnym Rheotest 2-typ RV, stosując zestaw pomiarowy H/H, przy stałej prędkości ścinania $D_r = 48,6 \text{ (s}^{-1}\text{)}$.

Analizę chromatograficzną wykonywano w dwóch równoległych powtórzeniach dla każdej próby, a pomiar lepkości – w czterech.

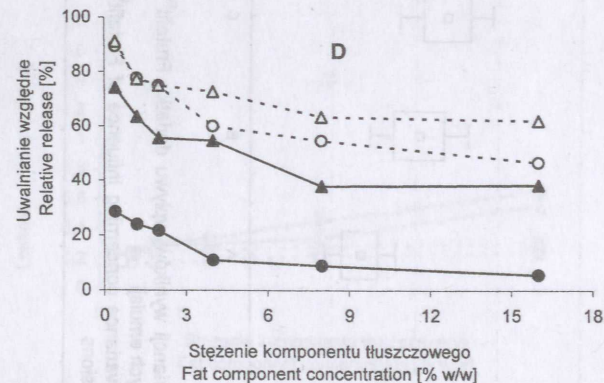
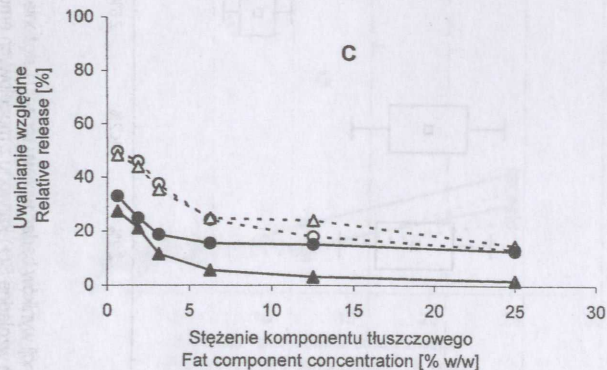
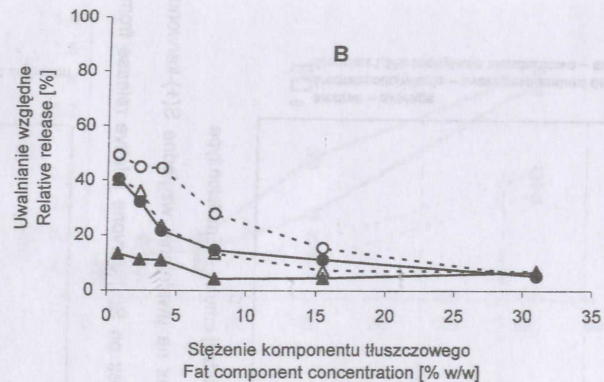
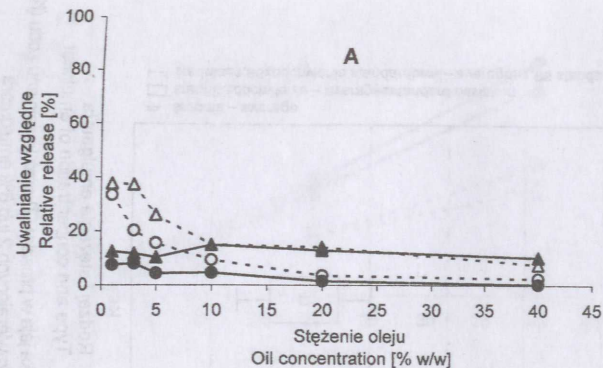
Wyniki opracowano statystycznie, przy użyciu programu komputerowego Statistica® 6.0, stosując wieloczynnikową analizę wariancji dla wybranych grup wyników.

WYNIKI I DYSKUSJA

Porównując uwalnianie się S(+)-karwonu z niskotłuszczowych emulsji, w których część oleju zastąpiono preparatem Frutafit®Tex z emulsjami, w których nie redukowano ilości oleju, zauważono, że zarówno rodzaj i stężenie emulgatora, jak i skład komponentu tłuszczowego zmieniały ilość substancji zapachowej w warstwie nadpowierzchniowej modelowych prób.

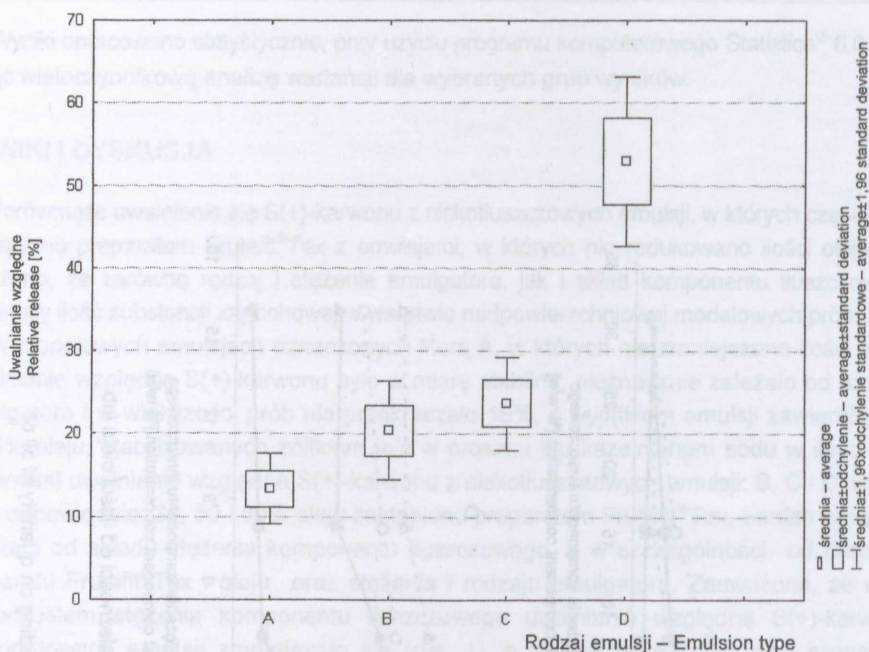
W modelowych emulsjach oznaczonych literą A, w których nie zmniejszano ilości oleju, uwalnianie względne S(+)-karwonu było w miarę stabilne, nieznacznie zależało od rodzaju emulgatora i w większości prób nie przekraczało 15%, z wyjątkiem emulsji zawierających do 5% oleju, stabilizowanych żółtkiem jaja w proszku lub kazeinianem sodu w ilości 2%. Natomiast uwalnianie względne S(+)-karwonu z niskotłuszczowych emulsji: B, C i D, w których odpowiednio: 30, 50 i 80% oleju zastąpiono preparatem Frutafit®Tex, bardzo wyraźnie zależało od składu stężenia komponentu tłuszczowego, a w szczególności od proporcji preparatu Frutafit®Tex i oleju oraz stężenia i rodzaju emulgatora. Zauważono, że wraz ze wzrostem stężenia komponentu tłuszczowego uwalnianie względne S(+)-karwonu z modelowych emulsji zmniejszało się (rys. 1), a zwiększenie zawartości preparatu Frutafit®Tex w komponencie tłuszczowym powodowało wzrost jego uwalniania się do warstwy nadpowierzchniowej, szczególnie wyraźny w próbkach D, w których 80% oleju zastąpiono preparatem Frutafit®Tex; zmiany te, w porównaniu ze zmianami pozostałych modelowych emulsji: A, B i C, były statystycznie istotne na poziomie $p < 0,05$ (rys. 2). Największe zróżnicowanie w uwalnianiu się S(+)-karwonu obserwowano w próbkach zawierających średnio około 8% komponentu tłuszczowego, niezależnie od stężenia i rodzaju emulgatora, które zwiększało się wraz ze wzrostem stężenia preparatu Frutafit®Tex w modelowych emulsjach. Uwalnianie względne S(+)-karwonu, np. z niskotłuszczowych emulsji: B, C i D, stabilizowanych kazeinianem sodu w ilości 6%, zawierających najniższe stężenie komponentu tłuszczowego, a w nim odpowiednio: 0,08, 0,13 i 0,20% preparatu Frutafit®Tex, wynosiło odpowiednio: 13,3, 27,4, 74,1% (rys. 1). Zwiększone uwalnianie się hydrofobowych substancji zapachowych z układów niskotłuszczowych najczęściej tłumaczy się brakiem dostatecznej ilości niepolarnego rozpuszczalnika (oleju), w którym bardzo dobrze się rozpuszczają i zdecydowanie wolniej się z niego uwalniają (de Roos 1997; Druaux i Voilley 1997; Haahr i in. 2000; Weel i in. 2004). W opracowanym przez Harrison i in. (1997) modelu matematycznym udowodniono nawet, że ilość substancji zapachowych w warstwie nadpowierzchniowej emulsji typu o/w jest odwrotnie proporcjonalna do stężenia frakcji zdyspergowanej.

Dodatek żółtka jaja w proszku lub kazeinianu sodu stabilizował uwalnianie względne S(+)-karwonu z niskotłuszczowych emulsji typu o/w z inuliną, przy czym skuteczność ich oddziaływania wyraźnie zależała od stężenia, co potwierdziła analiza wariancji wyników uzyskanych w układzie wieloczynnikowym (rys. 3). Uwalnianie względne S(+)-karwonu z modelowych próbek najbardziej zmniejszał dodatek 6% kazeinianu sodu do emulsji oznaczonych literami B i C, w których odpowiednio 30 i 50% oleju zastąpiono preparatem Frutafit®Tex, oraz dodatek 6% żółtka jaja w proszku do emulsji D, w których 80% oleju zastąpiono tym preparatem; zmiany te w niewielkim stopniu zależały od ilości komponentu tłuszczowego (rys. 1).



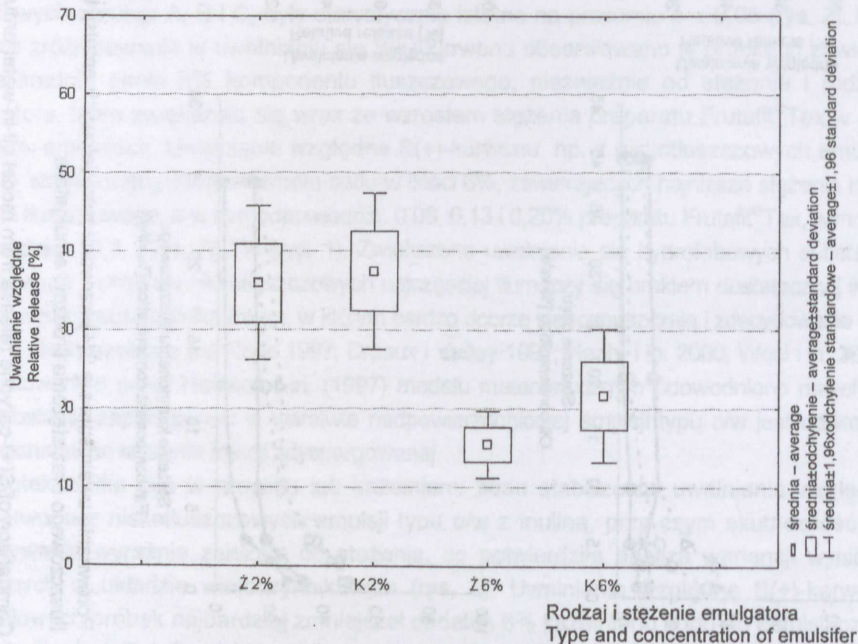
Rys. 1. Porównanie uwalniania się S(+)-karwonu z modelowych emulsji typu o/w w zależności od ilości oleju lub tłuszczowego oraz stężenia i rodzaju emulgatora

Fig.1. Comparison of S(+)-carvone release from model oil-in-water emulsions depending on quantity of oil or fat component and concentration or type of emulsifier



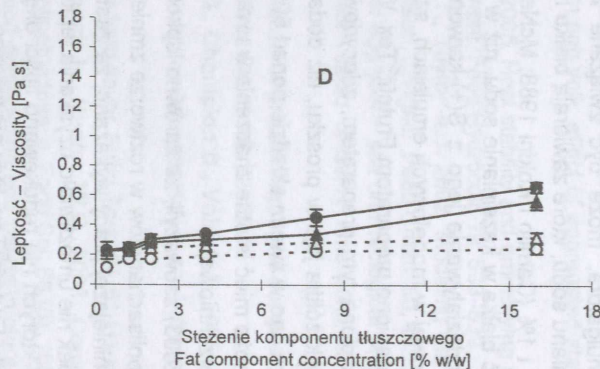
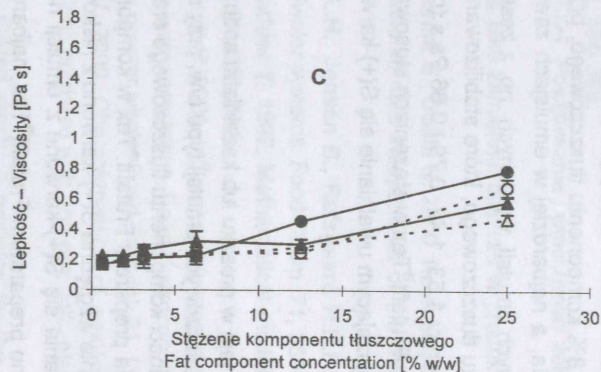
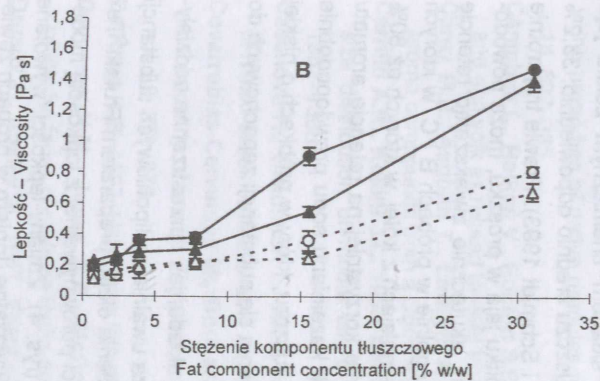
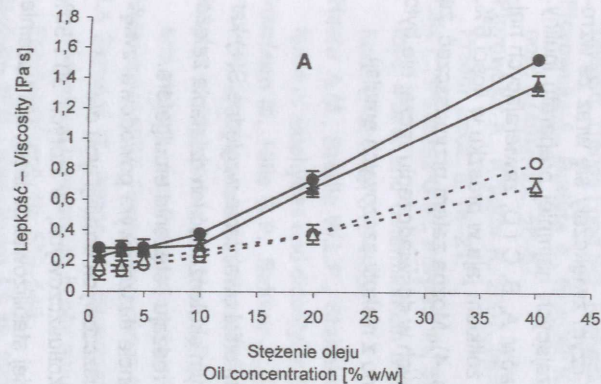
Rys. 2. Analiza wariancji wyników wpływu dodatku Frutafit®Tex na uwalnianie względne S(+)-karwonu z modelowych emulsji

Fig. 2. Analysis of variance concerning influence of Frutafit®Tex on S(+)-carvone relative release from model emulsions



Rys. 3. Analiza wariancji wyników badań wpływu rodzaju i stężenia żółtka jaja w proszku (Ż) oraz kazeinianu sodu (K) na uwalnianie względne S(+)-karwonu z modelowych emulsji zawierających 2 lub 6% emulgatora

Fig. 3. Analysis of variance concerning influence of type and concentration of dried egg yolk (Ż) and sodium caseinate (K) on S(+)-carvone relative release from model emulsions containing 2 and 6% of emulsifier



Rys. 4. Porównanie zmian lepkości modelowych emulsji typu o/w w zależności od ilości oleju lub komponentu tłuszczowego oraz stężenia i rodzaju emulgatora

Fig. 4. Comparison of viscosity changes of model oil-in-water emulsions depending on quantity of oil or fat component and concentration or type of emulsifier

Uwalnianie względne S(+)-karwonu z emulsji B i C, stabilizowanych kazeinianem sodu w ilości 6%, było bardzo zbliżone do uwalniania się tej substancji z emulsji A, w których nie redukowano ilości oleju, przy czym dla wszystkich próbek nie przekraczało ono średnio 15%. Natomiast uwalnianie względne S(+)-karwonu z emulsji D, stabilizowanej żółtkiem jaja w proszku w ilości 6%, wynosiło maksymalnie 28,5%. Zróżnicowane uwalnianie się S(+)-karwonu do warstwy nadpowierzchniowej modelowych emulsji, w zależności od rodzaju użytego emulgatora, może być związane ze składem chemicznym żółtka jaja w proszku i kazeinianu sodu, które zawierają białka i tłuszczu średnio odpowiednio: 33,2% i 56,7% oraz 91% i 1% (Carrillo i Kokini 1988; McNeill i Schmidt 1993). Prawie trzykrotnie większa zawartość białka w kazeinianie sodu, niż w żółtku jaja w proszku, może powodować zwiększone oddziaływanie jego z S(+)-karwonem, skutecznie zwiększając retencję substancji zapachowej w modelowych emulsjach, szczególnie w próbach B i C, w których 30 i 50% oleju zastąpiono preparatem Frutafit®Tex. W emulsjach z kolei, w których aż 80% oleju zostało zastąpione tym preparatem, zdecydowanie korzystniej na retencję aromatu oddziaływał dodatek żółtka jaja w proszku, niż dodatek kazeinianu sodu prawdopodobnie dlatego, że zawiera ono w swoim składzie ponad 50% tłuszczu, który w próbkach o niskiej zawartości oleju może mieć istotne znaczenie w uwalnianiu się substancji zapachowych do warstwy nadpowierzchniowej.

Secuard i in. (2003) zauważyli, że zarówno lepkość układu, jak i przestrzenne oddziaływanie niektórych polisacharydów w roztworze zmniejsza uwalnianie lipofilowych substancji zapachowych. W niniejszej pracy wykazano, że zastąpienie oleju preparatem Frutafit®Tex w większości próbek nie umożliwiała uzyskania lepkości porównywalnej z lepkością modelowych emulsji, w których nie redukowano ilości oleju (rys. 4). Zmiany lepkości, wywołane dodaniem preparatu Frutafit®Tex, były nieznaczne – zauważalne dopiero w próbach zawierających powyżej 8% komponentu tłuszczowego, przy czym zwiększały się wraz ze wzrostem jego stężenia, a najbardziej w emulsjach zawierających najmniej preparatu inuliny. Lepkość modelowych emulsji, wybranych np. z zestawów: A, B, C i D, zawierających najwięcej komponentu tłuszczowego, które stabilizowano żółtkiem jaja w proszku w ilości 6%, wynosiła odpowiednio: 1,53, 1,47, 0,79 i 0,66 Pa s (rys. 4). Można zatem przypuszczać, że dodanie preparatu Frutafit®Tex w stężeniach stosowanych w doświadczeniu raczej nie było czynnikiem zmniejszającym uwalnianie się S(+)-karwonu z niskotłuszczowych emulsji.

WNIOSKI

1. Dodatek żółtka jaja w proszku lub kazeinianu sodu zmieniał uwalnianie względne S(+)-karwonu z niskotłuszczowych emulsji typu o/w, przy czym skuteczność ich działania zależała od składu i ilości komponentu tłuszczowego oraz rodzaju i stężenia emulgatora.
2. Wzrost stężenia preparatu Frutafit®Tex w komponentie tłuszczowym powodował zwiększone uwalnianie względne S(+)-karwonu z niskotłuszczowych emulsji typu o/w.
3. Proces uwalniania się S(+)-karwonu z emulsji niskotłuszczowych, w których 30 i 50% oleju zastąpiono preparatem Frutafit®Tex, najbardziej stabilizował dodatek 6% kazeinianu sodu, a z emulsji, w których 80% oleju zostało zastąpione tym preparatem – dodatek 6% żółtka jaja w proszku.

4. Zmiany lepkości wywołane preparatem Frutafit®Tex raczej nie miały wpływu na uwalnianie się S(+)-karwonu z modelowych emulsji.

PIŚMIENNICTWO

- Akoh C.C. 1998. Fat replacers. *Food Technol.* 52 (3), 47–53.
- Anton M., Beaumal V., Gandemer G. 2000. Adsorption at the oil-water interface and emulsifying properties of native granules from egg yolk: effect of aggregated state. *Food Hydrocoll.* 14, 327–335.
- Campbell L., Raikos V., Euston S.R. 2005. Heat stability and emulsifying ability of whole egg and egg yolk as related to heat treatment. *Food Hydrocoll.* 19, 533–539.
- Carey M.E., Asquith T., Linforth R.S.T., Taylor A.J. 2002. Modeling the partition of volatile aroma compounds from a cloud emulsion. *J. Agric. Food Chem.* 50, 1985–1990.
- Carrillo A.R., Kokini J.L. 1988. Effect of egg yolk + salt on rheological properties and particle size distribution of model oil- in water salad dressing emulsions. *J. Food Sci.* 53 (5), 1352–1366.
- Casanova H., Dickinson E. 1998. Influence of protein interfacial composition on salt stability of mixed casein emulsions. *J. Agric. Food Chem.* 46, 72–76.
- Covarrubias-Cervantes M., Bongard S., Champion D., Voilley A. 2005. Temperature effect on solubility of aroma compounds in various aqueous solutions. *Lebensm.-Wiss. u.- Technol.* 38, 371–378.
- De Roos K.B. 1997. How lipids influence food flavor. *Food Technol.* 51 (1), 60–62.
- Devereux H.M., Jones G.P., McCormack L., Hunter W.C. 2003. Consumer acceptability of low fat foods containing inulin and oligofructose. *J. Food Sci.* 68 (5), 1850–1854.
- Druaux C., Voilley A. 1997. Effect of food composition and microstructure on volatile flavour release. *Trends Food Sci. Technol.* 8, 364–368.
- Florowska A., Budyta A., Krygier K. 2004. Powstawanie i właściwości żeli inulinowych. *Żywność* 3 (40) Supl., 56–67.
- Florowska A., Krygier K. 2007. Inulina jako zamiennik tłuszczu w produktach spożywczych. *Przem. Spoż.* 5, 18–21.
- Gijs L., Piraprez G.M., Perpéte P., Spinnler E., Collin S. 2000. Retention of sulfur flavours by food matrix and determination of sensorial data independent of the medium composition. *Food Chem.* 69, 319–330.
- Haahr A.M., Bredie W.L.P., Stahnke L.H., Jensen B., Refsgaard H.H.F. 2000. Flavour release of aldehydes and diacetyl in oil/water systems. *Food Chem.* 71, 355–362.
- Harrison M., Hills B.P., Bakker J., Clothier T. 1997. Mathematical models of flavor release from liquid emulsions. *J. Food Sci.* 62 (4), 653–664.
- Hemar Y., Tamehana M., Munro P., Singh H. 2001. Influence of xantan gum on the formation and stability of sodium caseinate oil-in-water emulsions. *Food Hydrocoll.* 15, 513–519.
- Leland J.V. 1997. Flavor interactions: the greater whole. *Food Technol.* 51 (1), 75–80.
- Le Denmat M., Anton M., Beaumal V. 2000. Characterization of emulsion properties and of interface composition in o/w emulsions prepared with hen egg yolk, plasma and granules. *Food Hydrocoll.* 14, 539–549.
- Malone M.E., Appelqvist I.A.M. 2003. Gelled emulsion particles for the controlled release of lipophilic volatiles during eating. *J. Control. Rel.* 90, 227–241.

- McNeill V.L., Schmidt K.A.** 1993. Vanillin interaction with milk protein isolates in sweetened drinks. *J. Food Sci.* 58 (5), 1142–1144, 1147.
- Miettinen S.M., Hyvönen L., Tuorila H.** 2003. Timing of intensity perception of a polar vs non-polar aroma compound in the presence of added vegetable fat in milk. *J. Agric. Food Chem.* 51, 5347–5443.
- Schirle-Keller J.P., Chang H.H., Reineccius G.A.** 1992. Interaction of flavour compounds with microparticulated proteins. *J. Food Sci.* 57 (6), 1448–1451.
- Schirle-Keller J.P., Reineccius G.A., Hatchwell L.C.** 1994. Flavor interactions with fat replacers: effect of oil level. *J. Food Sci.* 59 (4), 813–815, 875.
- Secuard S., Malhiac C., Grisel M., Decroix B.** 2003. Release of limonene from polysaccharide matrices: viscosity and synergy effect. *Food Chem.* 82, 227–234.
- Sensus.** 2000. Frutafit®Tex – physical characteristics. Informative data. Roosendaal, The Netherlands.
- Skowronek M., Fiedurek J.** 2003. Inulina i inulinazy właściwości, zastosowania, perspektywy. *Przem. Spoż.* 3, 18–20.
- Szczepaniak W.** 1997. Metody instrumentalne w analizie chemicznej. Wydaw. Nauk. PWN, Warszawa.
- Tárrega A., Costell E.** 2006. Effect of addition on rheological and sensory properties of fat – free starch – based dairy desserts. *Inter. Dairy J.* 16, 1104–1112.
- Weel K.G.C., Boelrijk A.E.M., Burger J.J., Jacobs M.A., Gruppen H., Voragen A.G.J., Smit G.** 2004. Effect of emulsion properties on release of esters under static headspace, in vivo, and artificial throat conditions in relation to sensory intensity. *J. Agric. Food Chem.* 52, 6572–6577.
- Zawirska-Wojtasiak R., Wąsowicz E.** 2000. Enantiomeric composition of limonene and carvone in seeds of dill and caraway grown in Poland. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 9/50 (3), 9–13.