

Jaroslawa Rutkowska, Anna Żbikowska¹⁾

ANALIZA SKŁADU I JAKOŚCI TŁUSZCZU Z MEDIUM I FRYTEK Z RESTAURACJI TYPU FAST-FOOD, ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM IZOMERÓW *TRANS* KWASÓW TŁUSZCZOWYCH

Katedra Techniki i Technologii Gastronomicznej
Wydziału Nauk o Żywieniu Człowieka i Konsumpcji
Kierownik: prof. dr hab. *W. Przybylski*

¹⁾ Katedra Technologii Żywności Wydziału Nauk o Żywności
Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Kierownik: prof. dr hab. *J. Mroczek*

W pracy dokonano oceny składu i stopnia utlenienia tłuszczów stosowanych do głębokiego smażenia frytek w popularnych restauracjach typu fast-food.

Analiza składu kwasów tłuszczowych i triacylogliceroli wykazała, że do produkcji frytek „pre-fried” (surowiec wyjściowy) zastosowano częściowo uwodornioną frakcję oleju palmowego, natomiast do smażenia stosowano olej rzepakowy również częściowo uwodorniony. Tłuszcze ekstrahowane z frytek po smażeniu charakteryzowała wysoka zawartość izomerów trans (19%), podwyższona zawartość produktów oksydacji oceniana wskaźnikami: LOO ok. 45 mEq/kg; LAn: 7,6–13,6, TAG oraz obniżoną zawartością tokoferoli.

Hasła kluczowe: tłuszcze smaźalnicze, zmiany oksydacyjne, skład kwasów tłuszczowych.

Key words: frying fats, oxidation changes, fatty acid composition.

Smażenie jest jedną z najstarszych i najbardziej rozpowszechnionych metod przyrządzania posiłków. Są popularność zawdzięcza prostocie wykonania, właściwościom sensorycznym charakteryzującym smażone potrawy (aromat, smak, tekstura) oraz stosunkowo niskim kosztom (1, 2).

Jednak spożywanie smażonych produktów niesie ze sobą pewne ryzyko zdrowotne. Związane jest ono z ograniczoną trwałością termiczną tłuszczu, oraz z tym, że spożywanie produktów smażonych zwiększa pobór tłuszczu przez organizm. Istnieje udowodniony związek między tymi czynnikami, a chorobami cywilizacyjnymi (otyłość, miażdżycza, cukrzyca, niektóre odmiany nowotworów) (2).

W procesie smażenia zmianom ulega nie tylko produkt, ale również frytura (1). Tłuszcz poddawany jest działaniu wysokiej temperatury, tlenu, często również światła, oraz składników pochodzących ze smażonych produktów. W takich warunkach powstają niepożądane produkty rozpadu tłuszczów o różnorodnej budowie chemicznej (3). Związki te powstają w wyniku utleniania kwasów tłuszczowych (KT), hydrolizy oraz przemian termicznych, jak polimeryzacja, cyklizacja, izomery-

zacja. Zmiany te dotyczą przede wszystkim tłuszczów bogatych w wielonienasycone KT, które niekorzystnym przemianom ulegają znacznie szybciej niż jednonienasycone czy nasycone KT. Kwas linolenowy utlenia się 40-krotnie szybciej niż kwas oleinowy i stąd w wielu krajach wprowadzono ograniczenia zawartości tego kwasu w tłuszczach smaźalniczych (<2%) (4).

Aby zminimalizować lub wyeliminować obecność wielonienasyconych KT w tłuszczach stosowanych do smażenia stosuje się najczęściej proces uwodornienia (5). W procesie tym oprócz wysycenia wiązań podwójnych następuje izomeryzacja geometryczna, w efekcie której powstają niepożądane ze względów żywieniowych izomery *trans* KT (TFA) (6,7).

Od kilku lat dąży się do ograniczenia zawartości TFA w tłuszczach spożywczych. W niektórych krajach wprowadzono przepisy określające dopuszczalną ilość TFA w tłuszczach jadalnych (Dania na poziomie 2%, Kanada 2–5% – zależnie od produktu) lub nakazujące informowanie na opakowaniu o ich zawartości (USA gdy ilość TFA przekracza 0,5 g na porcję) (8, 9).

Celem pracy była ocena jakości tłuszczów stosowanych do głębokiego smażenia w popularnych restauracjach typu fast-food. Ocena dotyczyła zarówno frytury, jak i tłuszczu wyekstrahowanego z frytek.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły:

- frytki typu „pre-fried”, używane do smażenia przez restauracje I (surowiec wyjściowy),
- frytki smażone w restauracji I (po 5 godz. użytkowania tłuszczu),
- frytki smażone w restauracji II (po 5 godz. użytkowania tłuszczu),
- świeża frytura z restauracji II,
- używana frytura z restauracji II (po 3 godz. użytkowania).

Próby pochodziły z 2004 r. z dwóch popularnych w Polsce sieci restauracji typu fast-food.

Metody badań

W frytkach oznaczono: zawartość wody oraz tłuszczu wg metod: *Weibulla-Stoldta* i *Soxhleta*. Zawartość tłuszczu w pierwszej metodzie odnosiła się do produktu, natomiast w drugiej do suchej masy (korzystając z wilgotności przeliczono wyniki i metody porównano). Do dalszych analiz tłuszcz ekstrahowano metodą *Folcha* (10).

W tłuszczach oznaczono:

- liczbę nadtlenującą wg PN-ISO 3960 (LOO),
- liczbę anizydynową wg PN-EN ISO 6885 LAn),
- wyliczono wskaźnik Totox,
- stopień utlenienia triacylogliceroli (TAG),
- skład TAG,
- skład KT,
- zawartość tokoferoli.

Stopień utlenienia TAG oznaczono metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej (HPLC). Zastosowano chromatograf cieczowy HP 1050 z zaworem dozującym.

jącym Rheodyne 7725 i z pętlą 5 mm³ z kolumną Hypersil ODS 250X4,6 MM 5μ oraz detektorem UV-VIS/DAD. Zastosowano następujące dł. fali: 218, 250 i 268 nm. Światło o dł. fali 218 nm absorbuje tylko grupy karbonylowe wiązań estrowych TAG. Produkty oksydacji TAG rejestrowano na kanałach o długościach: 250 i 268 nm: ketony, aldehydy oraz sprzężone trieny. Sprzężone trieny powstają w wyniku utlenienia kwasu linolenowego (11). Jako wartości określające stopień utleniania przyjęto stosunki absorbancji grup TAG o tej samej liczbie atomów węgla (CN). Porównano pola powierzchni tych grup pików przy różnych dł. fali. Obliczono $P_{250} \cdot P_{218}$ oraz $P_{268} \cdot P_{218}$.

Do oznaczaniu składu KT badanych tłuszczów zastosowano chromatograf gazowy HP 5890 z kolumną Restek Rtx 2330 o dł. 105 m, dozownikiem split/splitless i detektorem FID. Na wstępie uzyskano estry metylowe KT (EMKT) poprzez zmydlenie próbki roztworem NaOH w metanolu w ogrzewanej kolbie z chłodnicą zwrotną. Następnie dodano BF₃ w metanolu i dodano nasycony roztwór NaCl. Uzyskane EMKT rozpuszczono w heksanie. Zawartość poszczególnych KT obliczano jako stosunek pól powierzchni odpowiadających im pików do sumy pól powierzchni wszystkich zintegrowanych pików.

Skład TAG oznaczono metodą GC stosując chromatograf gazowy HP 6890, z dozownikiem „cool on column”, detektorem FID, kolumną Restek Rtx o dł. 30 m, średnicy 250 μm. Jako gaz nośny zastosowano wodór.

Zawartość tokoferoli oznaczono metodą HPLC. Zastosowano chromatograf HP 1050 z zaworem dozującym Rheodyne 7725i z pętlą 5l mm³ z kolumną ThermoQuest 250×4 mm 5 μ Hypersil APS2 oraz detektorem UV-VIS DAD (Agilent 1100), faza ruchoma: Acetonitryl : Propanol-2 : Heksan (66:21:13) (v/v/v).

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Frytki wyjściowe („pre-fried”) zawierały 47% tłuszczu i było to 17,1% więcej niż zaleca PN (PN nie są obecnie obowiązkowe). Frytki smażone, pochodzące z dwu popularnych w Polsce sieci restauracji (I, II) cechowały się zawartością tłuszczu ok. 16%. Zawartość tłuszczu w suchej masie badanych frytek wynosiła odpowiednio 15,1; 23,8 oraz 25,6% (tab. I).

Tabela I. Zawartość tłuszczu i wody w frytkach

Table I. Content of fat and water in French fries

Frytki	Wilgotność %wag	Zaw. tłuszczu (metoda <i>Weibulla-Stoldta</i>) %wag		Zaw. tłuszczu (metoda <i>Soxhleta</i>) %wag	
		produkt	sucha masa	produkt	sucha masa
Materiał wyjściowy – typu „pre-fried”	47,0	8,2	15,1	7,1	13,5
Smażone z restauracji I	33,6	15,8	23,8	14,8	22,4
Smażone z restauracji II	36,3	16,3	25,6	15,4	24,1

Porównując metody ekstrakcji tłuszczu z frytek: wyższą efektywność ekstrakcji uzyskano przy zastosowaniu metody *Weibulla-Stoldta* niż w przypadku metody *Soxhleta*. Analizując zawartości tłuszczu we frytkach po smażeniu do frytek wyj-

ściowych („pre-fried”) można wnioskować, że o jakości tłuszczu w usmażonym produkcie decyduje nie tylko tłuszcz zaabsorbowany przez frytki w czasie smażenia końcowego ale również tłuszcz pochodzący ze smażenia wstępnego (na etapie produkcji).

Problem jakości tłuszczu obecnego w frytkach jest ważny, zważywszy, że może on stanowić ilościowo istotne źródło tłuszczu w diecie człowieka. Biorąc pod uwagę zapotrzebowanie na tłuszcz wg norm średnia porcja smażonych frytek (ok. 100 g) zawierająca ok. 16 g tłuszczu może pokryć w 25–26% dzienne zapotrzebowanie na tłuszcz: kobiety o masie ciała 60 kg i w 21–22% mężczyzny o masie ciała 80 kg (umiarkowany tryb życia).

Biorąc pod uwagę zawartość głównych grup KT w tłuszczu z frytek (tab. II) można dodać, że w/w 100 g porcja smażonych frytek może dostarczyć ok. 2,2–2,3 g SFA oraz 3,1–3,2 g izomerów *trans*. Tak, więc tłuszcz zawarty w frytkach nie spełniał zaleceń ekspertów, wg których w tłuszczu spożywanym przez ludzi nie powinno być więcej niż 20% sumy SFA i TFA. Frytki smażone zawierały ich odpowiednio 33,6% (I) i 33,7% (II), natomiast frytki „pre-fried” aż 52,9%.

Tabela II. Zawartość głównych grup KT i tokoferoli w tłuszczach wyekstrahowanych z frytek

Table II. Content of main fatty acid groups in fats extracted from French fries (%)

Rodzaj frytek	Grupy KT (%)			
	SFA	TFA	PUFA	MUFA
„Pre-fried” z restauracji I	48,2	4,7	10,2	41,4
Smażone z restauracji I	14,1	19,6	16,6	70,3
Smażone z restauracji II	14,0	19,7	15,0	69,9

KT – kwasy tłuszczowe; SFA – nasycone kwasy tłuszczowe, TFA – kwasy tłuszczowe o konfiguracji *trans*, PUFA – wielonienasycone kwasy tłuszczowe, MUFA – jednonienasycone kwasy tłuszczowe.

Ogrzewanie tłuszczów podczas procesów technologicznych powoduje przemiany, które prowadzą do powstawania pierwotnych i wtórnych produktów utlenienia tłuszczów, a także do produktów polimeryzacji i cyklizacji nienasyconych KT (12). Produkty utlenienia mogą nasilać procesy oksydacyjne w organizmach żywych i tym samym prowadzić do szybszego powstawania zmian miażdżycowych i nowotworowych, wywołuje także zaburzenia przewodzenia pokarmowego (2, 13).

W tab. III przedstawiono wartości wskaźników określających stopień degradacji tłuszczu. Jak można było przypuszczać świeża frytura cechowała się lepszymi (niższymi) wartościami tych parametrów niż po smażeniu. Jest to widoczne szczególnie porównując wartości liczby nadtlenkowej (LOO), która wzrosła z 4,4 do 43,8 mEq/kg (tłuszcz z restauracji II). Podobnie stwierdzono w przypadku tłuszczu wyekstrahowanego z frytek: mniejszy stopień degradacji tłuszczu z frytek wyjściowych („pre-fried”) – 27,5 mEq/kg, a wyższy z smażonych (41,8–48,8 mEq/kg). Najwięcej pierwotnych i wtórnych produktów utleniania stwierdzono w tłuszczu wyizolowanym z frytek po smażeniu (II).

Stopień utlenienia TAG mierzony współczynnikami absorbancji nie wykazał aż tak wysokich wzrostów produktów oksydacji, jak w przypadku LOO czy LAn (tab. III). Dla tłuszczów wyekstrahowanych z frytek stosunek absorbancji produktów

utlenienia TAG wzrósł z 31,2 do 35,7 (I), a dla frytur z 15,3 do 18,7. Jednak należy podkreślić, że stopień utlenienia TAG mierzony współczynnikami absorbancji, ukazuje tylko te produkty utlenienia tłuszczu, które są częścią TAG. W początkowych fazach utlenienia tłuszczu produkty te przeważają, natomiast w miarę postępu procesu degradacji, TAG ulegają rozkładowi i polimeryzacji. Ich produkty nie będą miały wpływu na badane parametry (24). Wyniki pokazują, że stopień utlenienia TAG mierzony współczynnikami absorbancji nie odzwierciedla w wystarczający sposób utlenienia tłuszczu.

Tabela III. Wyniki oceny utlenienia tłuszczów

Table III. Results of fat oxidation assessment

Wskaźniki		Tłuszcze				
		z frytek „pre-fried” I	z frytek smażonych I	z frytek smażonych II	frytura świeża II	frytura używana II
LOO, mEqO/kg		27,5	41,8	48,8	4,4	43,8
LAn		3,8	7,6	13,6	0,4	1,8
Totox		35,0	57,0	76,0	5,1	47,3
Stopień utlenienia TAG, %	P ₂₅₀ :P ₂₁₈	26,7	28,9	23,7	22,2	25,4
	P ₂₆₈ :P ₂₁₈	31,2	35,7	23,5	15,3	18,7

Analizując składy KT frytek po smażeniu można zauważyć, że niezależnie od pochodzenia (restauracja I lub II) charakteryzował ich identyczny skład kwasowy (tab. IV). Pozwoliło to na wnioskowanie, że obydwie sieci restauracji fast-food stosowały te same surowce.

Na podstawie składu KT można również wnioskować, że tłuszcz zawarty w smażonych frytkach składał się w większej części z tłuszczu absorbowanego w czasie smażenia ostatecznego niż z tłuszczu pochodzącego ze wstępnego smażenia (frytki „pre-fried”). Przykładowo, zawartość SFA w tłuszczu z frytek „pre-fried” wynosiła 48,2%, w tłuszczu z frytek smażonych 14%, natomiast w fryturze 11%. Tak więc tłuszcz w smażonych frytkach pod względem składu KT był bardzo zbliżony do frytury stosowanej do smażenia końcowego. Mogło to być spowodowane częściowym rozpuszczaniem się tłuszczu pobranego przez frytki w trakcie wstępnego smażenia w fryturze w restauracji. Obserwacje te potwierdzają wyniki badań pozostałych parametrów jakościowych tłuszczów izolowanych z frytek z restauracji I (tab. III).

Analizując skład KT stwierdzono również, że świeża frytura zawierała mniej TFA (15%) niż frytura po smażeniu (16,1%), czy tłuszcze wyekstrahowane z frytek (pow. 19%) – warunki smażenia: temp. 168°C. Chromatograficzny rozdział KT w szczególności izomerów *trans* przedstawiają ryc. 1 i 2. Wyniki te potwierdziły dane literaturowe, w których autorzy donoszą, iż w wysokich temperaturach (smażenia, pieczenia) zachodzi izomeryzacja *cis-trans* (14). Wykazany w pracach innych autorów negatywny wpływ TFA na organizm (6, 7) spowodował działania zmierzające do ograniczenia zawartości TFA w produktach spożywczych. Jedna z większych sieci restauracji typu fast-food (Mc Donald) ogłosiła w 2002 r., że zmieni skład kwasowy tłuszczu smaźalniczego. Badania tłuszczów z frytek z tej firmy przeprowadzone

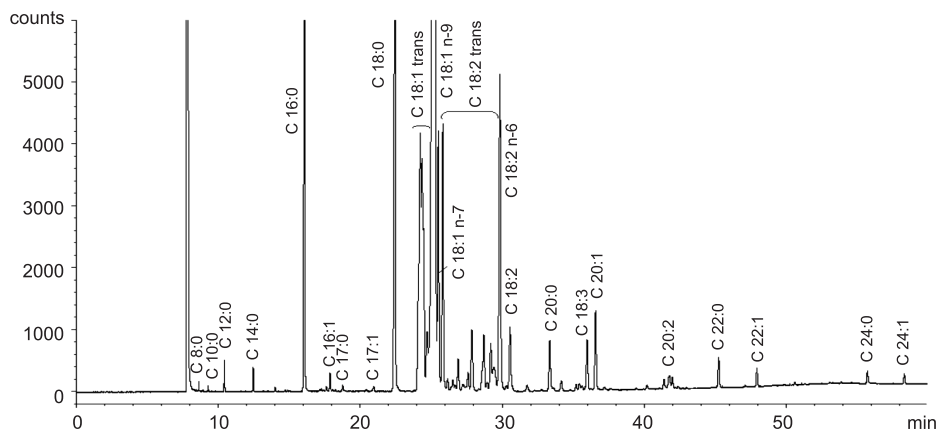
w 2004 r. w USA i Holandii wykazały znaczne różnice w zawartościach TFA zależnie od kraju.

Tab e l a IV. Skład KT i tokoferoli w badanych tłuszczach

Table IV. Fatty acid (FA) composition and tocopherols in analysed fats

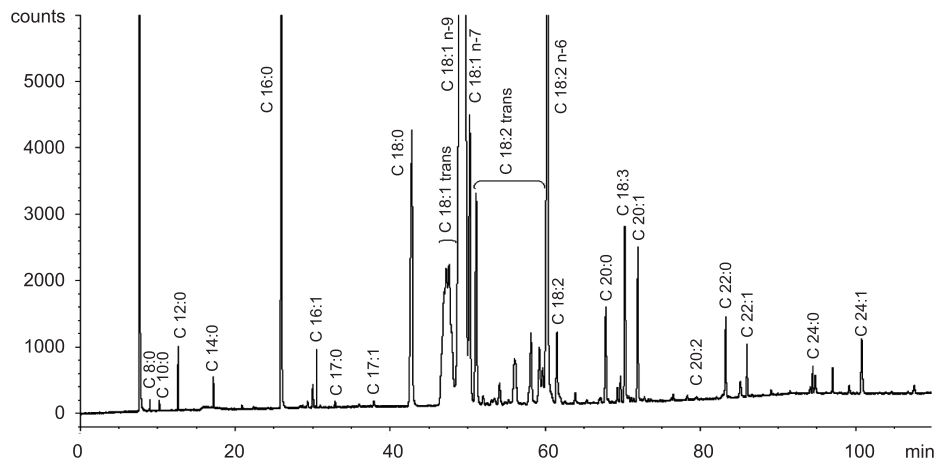
KT	KT (%) w różnych rodzajach tłuszczu					
	tłuszcz ekstrahowany z frytek			frytura		
	„pre-fried” I	smażonych I	smażonych II	wyjściowy	po smaże- niu	
SFA						
C8:0	0	0,1	0,1	0	0	
C10:0	0	0	0	0,1	0	
C12:0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	
C14:0	0,9	0,2	0,2	0,1	0,1	
C16:0	41,2	5,9	6,0	4,6	4,6	
C17:0	0,1	0,1	0	0,1	0,1	
C18:0	5,3	6,1	6,1	4,3	4,4	
C20:0	0,4	0,8	0,8	1,0	1,1	
C22:0	0,1	0,4	0,4	0,6	0,4	
C24:0	0	0,2	0,2	0,4	0,2	
SUMA	48,2	14,0	14,0	11,4	11,0	
MUFA						
C16:1	0,2	0,4	0,3	0,4	0,5	
C17:1	0	0,1	0,1	0,1	0	
C18:1 t	2,8	11,2	11,3	8,7	8,9	
C18:1 n-9	37,2	52,8	53,4	56,9	56,5	
C18:1 n-7	1,0	3,6	3,4	3,7	3,7	
C20:1	0,2	1,2	1,1	1,3	1,3	
C22:1	0	0,3	0,2	0,3	0,4	
C24:1	0	0,7	0,1	0,2	0,2	
Suma	41,4	70,3	69,9	71,6	71,5	
PUFA						
C18:2 t	1,9	8,4	8,4	6,3	7,2	
C18:2 n-6	7,8	5,3	5,2	8,2	7,5	
C18:2	0	1,4	0,1	,9	0,9	
C18:3	0,3	0,8	0,8	1,9	1,5	
C20:2	0,2	0,7	0,5	0,1	0,2	
Suma	10,2	16,6	15,0	17,4	17,3	
Suma trans	4,7	19,6	19,7	15,0	16,1	
Zaw. tokoferoli ±SD, mg/kg	α	12,2±3,6	–	–	218,6±7,2	175,9±4,5
	β	–	–	–	–	–
	γ	64,5±1,7	41,0±4,5	14,9±3,4	268,7±6,7	164,0±16,5
	δ	–	–	–	0,5±1,0	–
	Σ	76,7±5,3	41,0±4,5	14,9±3,4	487,8±14,9	340,0±21,0

* przedstawiono KT, których zawartość jest większa niż 0,1%.



Ryc. 1. Skład KT tłuszczu izolowanego z frytek smażonych w restauracji I.

Fig. 1. FA-content of fats extracted from fries served by restaurant I.



Ryc. 2. Skład KT użytkowanej frytury z restauracji II.

Fig. 2. FA content of medium fat after frying from restaurant II.

We frytkach sprzedawanych w USA ilość TFA wynosiła 21% (21% SFA), podczas gdy we frytkach w Holandii jedynie 4% (SFA – 24%) (15). Na podstawie wyników badań prezentowanej pracy można wnioskować, że w Polsce restauracje typu fast-food stosowały w tym samym czasie tłuszcze smaźalnicze podobne pod względem składu KT do tłuszczów wykorzystywanych w restauracjach Mc Donald w USA.

W tab. V przedstawiono zawartość grup TAG o tej samej liczbie atomów węgla (CN) w tłuszczach izolowanych z frytek. Analizy składu KT i TAG metodą GC pozwalają na wnioskowanie, że tłuszcz użyty do smażenia frytek to częściowo uwodorniony olej rzepakowy. Natomiast tłuszcz zawarty we frytkach „pre-fried” to częściowo uwodorniona oleina palmowa.

Tabela V. Skład triacylogliceroli (TAG) tłuszczów

Table V. Triacylglycerols (TAG) content of fats

C _N (liczba węgli)	Skład TAG tłuszczów (%)		
	z frytek „pre-fried” (I)	z frytek smażonych z restauracji (I)	z frytek smażonych z restauracji (II)
46	0,8	–	–
48	10,6	0,5	0,3
50	43,3	3,6	1,7
52	38,1	20,3	20,6
54	7,2	75,3	77,0
56	–	0,4	0,4

W badanych tłuszczach tokoferole zidentyfikowano przez porównanie czasów retencji rozdzielonych składników próbek z czasami retencji składników mieszaniny wzorcowej tokoferoli oraz przez porównanie widm.

Jak można było przypuszczać najwyższą zawartość tokoferoli oznaczono w świeżej fryturze (487,8 mg/kg tłuszczu). Tylko w nim stwierdzono obecność δ -tokoferolu (0,5 mg/kg tłuszczu). Najniższą zawartością tokoferoli cechował się tłuszcz ekstrahowany z frytek smażonych w restauracji II – 14,9 mg/kg tłuszczu. Tłuszcz wyekstrahowany z frytek smażonych nie zawierał α -tokoferolu, zawierał go natomiast tłuszcz izolowany z frytek „pre-fried” (12,2 mg/kg tłuszczu) i frytury (świeża 218,6; użytkowana 175,9 mg/kg). Wszystkie tłuszcze zawierały γ -tokoferol, najwięcej świeża frytura (268,7 mg/kg), a najmniej tłuszcz z frytek smażonych w restauracji II (14,9 mg/kg) (tab. IV). Zawartość tokoferoli wskazuje na stopień degradacji tłuszczu, gdyż zarówno w tłuszczach ekstrahowanych z frytek, jak i w fryturach stwierdzono obniżanie zawartości tokoferoli.

WNIOSKI

1. Stwierdzono, że tłuszcze zawarte w frytkach: były źródłem niepożądanych pod względem zdrowotnym izomerów *trans* (ok. 19%), zawierały znaczne ilości nadtlenuków i innych niepożądanych produktów rozkładu tłuszczu (produktów utlenienia TAG) oraz odznaczały się obniżoną zawartością tokoferoli.

2. Na podstawie analizy składu kwasów tłuszczowych i triacylogliceroli określono rodzaj badanych frytur: do produkcji frytek „pre-fried” stosowano częściowo utwardzoną frakcję oleinową oleju palmowego, do smażenia w restauracjach (I i II) użyto częściowo uwodorniony olej rzepakowy.

J. Rutkowska, A. Żbikowska

EVALUATION OF CONTENT AND QUALITY OF FRYING FATS AND FATS EXTRACTED FROM FAST FOOD FRENCH FRIES WITH PARTICULAR REFERENCE TO TRANS ISOMERS

Summary

The aim of the study was to determine the content and oxidation of fats commonly used in fast-food restaurants for deep-frying French fries. Composition of fatty acids and triacylglycerols indicated that partially hydrogenated palm oil was used for preparing "prefried" French fries, whereas partially hydrogenated rapeseed oil was applied in both restaurants for frying. Fats extracted from French fries after deep-fat frying had high content of trans isomers (19%) and of oxidation products: peroxide value about 45mEq/kg; anisidine value 7.6-13.6; elevated TAG and reduced tocopherol content.

PIŚMIENNICTWO

1. *Rossel J.B.*: Frying, improving quality. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge England 2001. – 2. *Saguy I.S., Dana D.*: Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. *J. Food Eng.*, 2003; 56: 143-152. – 3. *Stier R.F.*: Frying as a science – an introduction. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 2004; 106: 715-721. – 4. *Brinkmann B.*: Quality criteria of industrial frying oils and fats. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 2000; 102: 539-541. – 5. *Szukalska E.*: Technologie stosowane do otrzymywania tłuszczów smażalniczych. *Tł. Jad.*, 2003b; 38(3-4); 118-137. – 6. *Aro A.*: Complexity of issue of dietary trans fatty acids. *The Lancet*, 2001; 357(9258); 732-733. – 7. *De Roos N.M., Schouten E.G., Katan M.B.*: Consumption of a solid fat rich in lauric acid results in a more favourable serum lipid profile in healthy men and women than consumption of a solid fat rich in trans-fatty acids. *J. Nutr. Human Nutr. Metabol.*, 2001; 242-245. – 8. *Stender S., Dyerberg J.*: The influence of trans fatty acids on health. A report of Danish Nutrition Council; 2003: 34. – 9. Health Canada: 2008, www.hc-sc.gc.ca/fn-an/nutrition. – 10. *Folch J., Lees M., Sloane G.H.*: A simple method for isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 1957; 226: 497-512.
11. *Stolyhwo A.*: Lipids and food quality. ed. *Sikorski Z.E.*, In: Chemical and functional properties of food components. 3-rd edition, CRC Press New York, 2006; 177-205. – 12. *Angelo A.J.S.*: Lipid oxidation in food. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 1996; 36: 175-224. – 13. *Penumetcha M., Khan N., Parthasarathy S.*: Dietary oxidized fatty acids: an atherogenic risk? *J. Lipid Res.*, 2000; 41: 1473-1480. – 14. *Żbikowska A., Kowalska M.*: Influence of trans unsaturated fatty acids content on chemical changes in the shortening during baking and storage of cakes. *Pol., J. Food Nutr. Sci.*, 2007; 57(4): 451-455. – 15. *Katan M.B.*: Regulation of trans fats: The gap, the polder, and McDonald's French fries. *Atherosclerosis*, 2006; (suppl. 7), 63-66.

Adres: 02-776 Warszawa, ul. Nowoursynowska 159C.