

SMAŽENÍ POTRAVIN Z POHLEDU CHEMIKA

JAN POKORNÝ a LUCIE PARKÁNYIOVÁ

*Ústav chemie a analýzy potravin, Vysoká škola chemicko-technologická, Technická 5, 166 28 Praha 6
e-mail: jan.pokorny@vscht.cz*

Došlo dne 30.VII.2001

Klíčová slova: fritování, hydrolýza, olej, oxidace, pyrolýza, smažení

Obsah

1. Úvod
2. Fyzikální změny smažicího oleje a smaženého pokrmu
3. Chemické reakce při smažení potravin
4. Tvorba aromatických látek při smažení
5. Nejvhodnější oleje pro fritování
6. Změny složení potravin během smažení
7. Stabilizace smažicího oleje proti oxidaci
8. Stabilizace usmažených výrobků pro delší skladování
9. Závěr

1. Úvod

Smažení potravin je takovým procesem přípravy pokrmů (tj. potravin upravených k požívání), kde přenos tepla od zdroje k potravíně je zprostředkován tukem. Smažení patří k nejoblíbenějším způsobům přípravy pokrmů, a to hlavně pro rychlost a jednoduchost, takže jde o způsob přístupný i méně zkušeným kuchařům a kuchařkám. K tomu přistupuje příjemná vůně a chuť smažených pokrmů.

Existují dva způsoby smažení¹: 1. na tenké vrstvě tuku; 2. v hluboké vrstvě tuku (fritování). Prvý způsob je u nás tradiční. Tuk ve vrstvě tlusté 2–5 mm se přehřívá na pánvi na teplotu kolem 180 °C. Smažení trvá 5–10 min a použitý tuk se zužitkuje k omaštění vzniklého pokrmu. Druhý způsob – fritování – se u nás rozšířil až v poslední době po zavedení fritéz pro domácnosti, ale v průmyslovém měřítku se tohoto způsobu i u nás užívalo již několik desetiletí. Při tomto postupu je vrstva tuku tlustá 20–150 mm. Tuk se přehřívá na 150–180 °C a do tuku se pak vloží smažené potraviny, které v něm plavou. Teplota zprvu klesne o 20–40 °C, ale během smažení opět stoupá. Podle druhu připravovaného pokrmu smažení trvá 2–10 min. Smažicí tuk se použije mnohokrát po sobě. V posledních letech jsou v prodeji pánve na smažení bez tuku. Nejde vlastně o smažení, ale o pražení, ale spotřebitel pečující o svou postavu tento způsob i tak uvítá.

2. Fyzikální změny smažicího oleje a smaženého pokrmu

Během smažení probíhá jednak přenos tepla ze smažicího oleje do smažené potraviny, jednak výměna tuku a vody mezi oběma substráty. Vzhledem ke značnému tepelnému gradientu je přestup tepla velmi rychlý, a proto může být doba přípravy proti jiným tepelným procesům poměrně krátká. Pokud je smažený pokrm objemnější (což je skoro vždy kromě bramborových lupínků a rýžových nudlí), prohřeje se na vyšší teplotu jen povrchové vrstvy pokrmu, kdežto v hlubších vrstvách teplota stěží přesáhne 70–90 °C.

Při styku s přehřátým olejem se z povrchových vrstev odpařuje rychle voda a uniká ve formě vodní páry. Hlavně tímto procesem se smažicí olej ochlazuje. Množství smažené potraviny nesmí být proto příliš velké, jinak se tuk odpařováním vody příliš ochladí, smažení trvá dlouho a usmažený pokrm je méně chutný.

Dalším důležitým procesem je výměna tuku. Hlavně jde o absorpci, kterou usnadňují polární produkty ve smažicím oleji². U potravin na tuk chudých zůstanou po úniku vodní páry póry ve smaženém materiálu, a ty se rychle zaplní tukem³. Proto potraviny s vysokým obsahem vody, jako jsou brambory, zelenina nebo houby, přiberou při smažení mnoho tuku. Tím se sice stanou chutnými, ale obsah energie v hotovém pokrmu je vyšší, než je žádoucí. Proto se např. bramborové hranolky před smažením na povrchu osuší⁴. Jiná možnost je obalování těstíčkem nebo rozšlehanými vejci a strouhankou⁵. Existují také průmyslové výrobky⁶ pro tento účel. Jejich použitím se nasávání tuku sníží asi na polovinu.

Potraviny s vyšším obsahem tuku, např. maso, uzeniny nebo tučné ryby (kapr, sled, úhoř) naopak mohou část tuku ztratit, nebo proběhne jeho výměna se smažicím tukem⁷. Ten potom po smažení potravin živočišného původu může obsahovat cholesterol nebo rybí lipidy, které pak mohou zhoršovat vlastnosti dalších pokrmů smažených v témž oleji.

Pokud se tuk převážně absorbuje do smaženého pokrmu, musí se jeho úbytek občas kompenzovat čerstvým smažicím tukem. Stává se to často při smažení bramborových hranolků nebo lupínků.

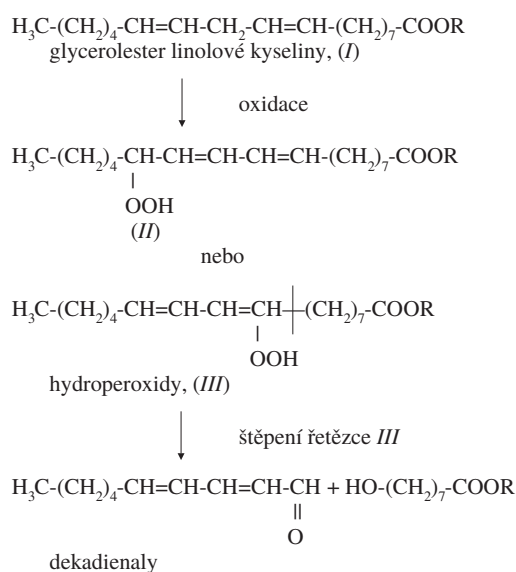
3. Chemické reakce při smažení potravin

Při smažení probíhají ve smažicím oleji tři typy reakcí (tab. I).

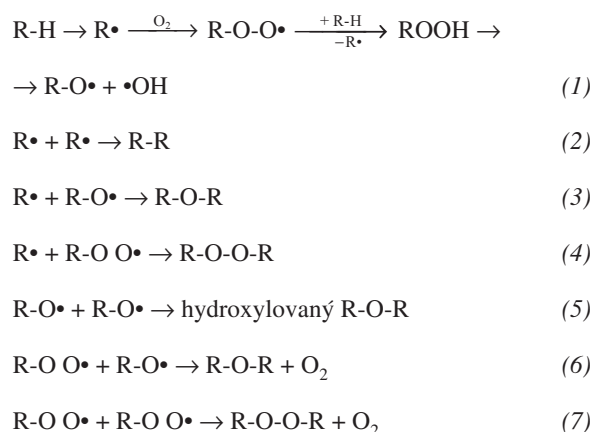
Hydrolýza je rozsáhlejší, než by se mohlo zdát. Působí ji vodní pára uvolněná ze smažené potraviny. Je urychlována přítomností polárních látek v oleji, protože ty přispívají k tvorbě jemné disperze, a tím ke zvětšení styčné plochy obou reaktantů. Přesto je reakce triacylglycerolů na diacylglyceroly a mastné kyseliny poměrně pomalá. Diacylglyceroly se hromadí na mezifázi disperze, takže se rychleji rozkládají na monoacylglyceroly, a ty ještě rychleji na volné mastné kyseliny a glycerol. Volné mastné kyseliny ovlivňují senzorickou

Tabulka I
Hlavní reakce probíhající při smažení potravin

Typ reakce	Reagující		Hlavní produkt reakce
	složka oleje	partnerská složka	
Hydrolytické	esterové skupiny	vodní pára ze smažené potraviny	masné kyseliny a glycerol
Oxidační	polyenové mastné kyseliny	rozpuštěný kyslík	polární produkty a aromatické složky
Pyrolytické	polární oxidační produkty	a) polární oxidační produkty b) sacharidy a bílkoviny smažené potraviny	polymery a jiné produkty aromatické složky a netěkavé produkty



Obr. 1. Tvorba dekadienalů ve smažicím oleji při smažení potravin



Obr. 2. Tvorba polymerů ve smažicím oleji při smažení potravin

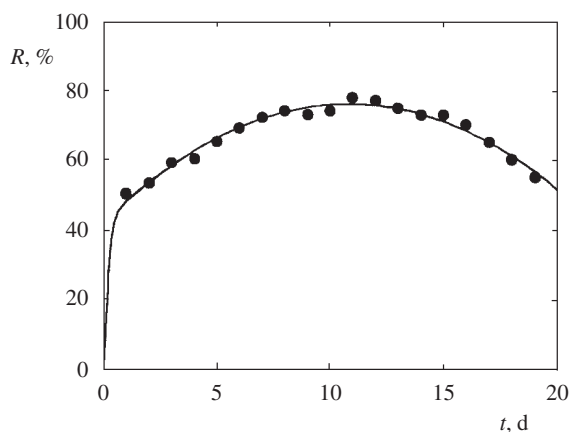
jakost výrobku⁸, ale částečně těkají s vodní parou, takže jejich množství stoupá jen pomalu a nepřesahuje obvykle 2–3 % hmotnosti oleje. Glycerol se při zahřevu dehydratuje na akrolein (propenal), který dráždí oči a sliznice obsluhujícího personálu. K tomu přispívají také páry mastných kyselin, které ovšem částečně vznikají také oxidačními reakcemi⁹.

Další důležitou skupinou reakcí jsou oxidační reakce. Kyslík rozpuštěný v oleji zreaguje již při zahřevu oleje před vlastním smažením, takže další kyslík může pronikat do oleje jen difuzí z atmosféry a v oleji rychle reaguje. Oxidační reakce jsou proto rychlejší u déle používaných olejů, kde přítomnost polárních produktů usnadňuje pění, a tím se zvětšuje styčná plocha mezi vzduchem a olejem¹⁰. Průmyslové smažiče jsou proto konstruovány tak, aby styk horkého oleje se vzduchem byl co nejmenší.

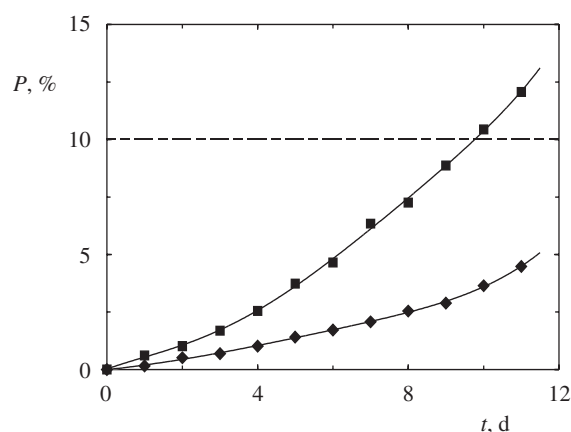
Oxidačními reakcemi se z dvojných vazeb v triacylglycerolech tvoří hydroperoxydy se stejným počtem dvojných vazeb (obr. 1: II a III). Zatímco při skladovacích teplotách reagují prakticky jen vázané dienové a trienové mastné kyseliny, za teplot smažení se oxidují dosti rychle také monoenové mastné kyseliny a dokonce i nasycené mastné kyseliny vázané v oleji¹¹. Hydroperoxydy se ovšem při teplotách smažení rychle rozkládají, takže jejich obsah zřídka přesáhne 1 % hmotnosti.

Část hydroperoxidů se rozkládá na netěkavé reakční produkty, částečně se však při rozkladu štěpí jejich řetězce za vzniku těkavých, senzoricky aktivních produktů s 3–10 atomy uhlíku¹². Ty do značné míry z oleje také těkají do prostoru smažírny.

Ve smažicím oleji se tedy postupně hromadí netěkavé oxidační produkty^{13,14}, hlavně hydroxylové, epoxidové, karbonylové a karboxylové deriváty, které mají také určitý vliv na senzorickou jakost¹⁵. Jakmile obsah těchto polárních produktů dosáhne 25 %, má se olej vyměnit za čerstvý^{16,17}. Z primárních polárních produktů dalšími reakcemi mohou vznikat estery a ethery. Při těchto reakcích se často zvyšuje molekulová hmotnost a vznikají polymery¹⁸ (obr. 2), které za podmínek smažení mívají počet uhlíkových atomů ve vázaných mastných kyselinách o 50–200 % vyšší než v původních triacylglycerolech. Obsah polymerů se během smažení lineárně postupně zvyšuje^{13,17} a při překročení 10 % by se měl olej vyměnit za čerstvý¹⁶. Podle našich zkušeností bývá růst spíše exponenciální, ale jen málo odlišný od lineárního. Mezi koncentrací polárních látek a polymerů existuje průkazný vztah¹⁹.



Obr. 3. Vliv doby smažení na senzoričnou jakost smažených bramborových hranolků; R = senzoričká přijatelnost, t = doba smažení



Obr. 4. Vliv obsahu linolové kyseliny v podzemnicovém oleji na tvorbu polymerů během opakovaného smažení; P = obsah polymerů, t = doba smažení; podzemnicový olej – odrůda: ♦ SunOleic (6 % linolové kyseliny), ■ Virginia (30 % linolové kyseliny); ---- kritická hladina polymerů

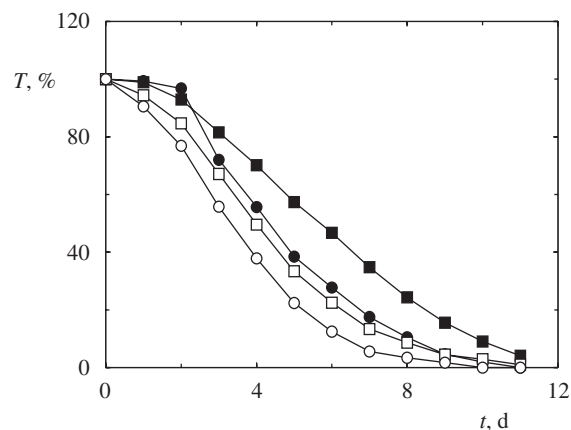
4. Tvorba aromatických látek při smažení

Smažené produkty mají typické aroma, vyvolané hlavně rozkladnými produkty hydroperoxidů linolové kyseliny. Typickými představiteli jsou *cis,trans*- a *trans,trans*-2,4-dekadienaly (obr. 1) a některé nenasycené laktony, v menší míře alkenaly, alkenoly a alkenony^{11,20}. Použitý smažicí olej má tedy vliv na chuť a vůni smaženého produktu²¹. Kromě těchto látek vznikajících z oleje má každý smažený pokrm ještě určité typické aroma, které je dáno smaženou potravinou a odlišuje smažené pokrmy navzájem. U bramborových hranolků je typickou složkou methional, vznikající rozkladem methioninu, a některé pyrony, vznikající reakcemi stop přítomné glukosy s volnými aminokyselinami. U smaženého masa jsou to různé sírné a dusíkaté heterocykly.

Na počátku smažení se oxidační produkty – prekurzory aromatických složek – tvoří jen pomalu a teprve postupně se hromadí oxidační produkty katalyzující další oxidaci. Proto je u zcela čerstvého oleje obsah 2,4-dekadienalů jen malý a smažené aroma slabé. Teprve po několikanásobném použití oleje ke smažení dosáhne obsah pozitivních složek aromatu svého optima a pak se po určitou dobu udržuje kvalita smažených produktů konstantní²². Tento průběh je patrný z obr. 3. Po delší době používání již obsah rozkladných produktů v oleji dosáhne takové výše, že začne působit nepříjemně a senzoričká jakost smaženého produktu klesá. V tu dobu je záhodno olej vyměnit.

5. Nejvhodnější oleje pro fritování

Z výše uvedeného by se dalo předpokládat, že nejvhodnější jsou rostlinné oleje s vysokým obsahem linolové kyseliny, aby vzniklo co nejvíce těkavých oxidačních produktů se smaženou vůní. Takové oleje, např. slunečnicový²³, sójový nebo řepkový, by však vydržely jen krátkou dobu, musely by se často vyměňovat a náklady na smažení by se značně zvýšily. Dobrou smaženou chuť mají výrobky smažené v sádle, ale proti němu jsou námitky z hlediska správné výživy. Podstatně stabilnější jsou při zahřevu částečně ztužené (hydrogenované)



Obr. 5. Vliv obsahu linolové kyseliny v podzemnicovém oleji na rozklad tokoferolů během opakovaného smažení; T = obsah tokoferolů, t = doba smažení; podzemnicový olej – odrůda SunOleic (6 % linolové kyseliny), ● α -, ■ γ -tokoferol, odrůda Virginia (30 % linolové kyseliny): ○ α -, □ γ -tokoferol

oleje²⁴. Jejich nevýhodou ovšem je příliš nízký obsah linolové kyseliny a přítomnost nenasycených isomerních kyselin (např. *trans* kyselin), proti nimž jsou námitky z hlediska výživové hodnoty²⁵. Hydrogenované tuky po ochlazení ztuhnou, což sice nevadí při průmyslovém smažení, protože se smaží nepřetržitě, ale vadí při smažení v domácnostech nebo v menších restauracích, kde se olej mezi použitím nechává vychladnout.

Ideální složení má olivový olej, který obsahuje hlavně vázanou olejovou kyselinu a jen malé množství linolové kyseliny²⁶ (kolem 4–8 %). Je tedy při smažení stálý, a přece udílí smaženým výrobkům příjemnou vůni. Olivový olej je však velmi drahý, proto přicházejí v úvahu spíše nově vyšlechtěné odrůdy sójového, slunečnicového, podzemnicového, řepkového²⁷ a dokonce i lněného oleje s vysokým obsahem olejové kyseliny a s obsahem linolové kyseliny srovnatelným s olivovým olejem. Příkladem jsou naše pokusy²⁸ s tradičním pod-

zemnicovým olejem Virginia (30 % linolové kyseliny) a podzemnicovým olejem z nového kultivaru SunOleic (3–6 % linolové kyseliny). Při opakovaném smažení bramborových hranolků v oleji z kultivaru Virginia stoupá obsah polárních (tab. II) a polymerních podílů (obr. 4) daleko rychleji než v oleji z kultivaru SunOleic a také rozklad tokoferolů (vitaminu E) je rychlejší (obr. 5). Rovněž při dalším skladování jsou výrobky smažené v olejích s vysokým obsahem olejové kyseliny stabilnější²⁹.

Tabulka II

Nárůst obsahu polárních látek (PL) v podzemnicovém oleji během opakovaného smažení

Olej	% PL, den smažení	
	0	11
SunOleic	2,0	9,1
Virginia	2,8	14,2

6. Změny složení potravin během smažení

Při smažení se nemění jen smažicí olej, ale i smažená potravina, ačkoli tyto změny byly daleko méně zkoumány³⁰. Změny obsahu živin mohou být značné^{31,32}, byť byly výraznější jen v povrchových vrstvách. K typickým změnám patří neenzymové hnědnutí přítomných aminokyselin s redukcími cukry³³, které vyvolávají barevné změny na povrchu smažených výrobků³⁴. K hnědnutí mohou také přispívat reakce oxidačních produktů smažicího oleje s aminokyselinami volnými nebo vázanými v bílkovinách přítomných v potravine³⁵. Jako vedlejší produkt vznikají dusíkaté produkty, např. pyraziny, pyrroly, furanové deriváty, furanopyrroly a furanopyraziny, které mají výrazné pražné aroma. Při smažení se rychle rozkládá askorbová kyselina, vitamin E, karoteny a některé další vitaminy^{36,37}. Bílkoviny a jiné složky smažené potraviny inhibují degradaci smažicího oleje³⁸.

Mění se i obsah tak zdánlivě stabilních složek, jako jsou minerální látky. Těkavější částečně uniknou, např. sloučeniny selenu³⁹, které se ovšem mohou také oxidovat v netěkavé sloučeniny. V surovinách použitých ke smažení bývá mnoho chloridu sodného a draselného. Při smažení se postupně hydrolyzují, kyselina chlorovodíková částečně uniká a vzniklý hydroxid sodný nebo draselný vytvoří s volnými mastnými kyselinami alkalická mýdla. Ta podporují pění, a tím i rychlou oxidaci oleje⁴⁰. Některé změny mohou být příznivé, např. vytěkají také některé kontaminanty, např. sloučeniny rtuti.

Uvedenými interakcemi může poněkud klesnout výživová hodnota⁴¹, ale znatelně toxické produkty ve smažených pokrmech nevznikají, pokud se dodrží předepsaná teplota. Na stěnách nádob nad smaženým olejem však může být teplota podstatně vyšší (i více než 300 °C). Za těchto podmínek se z přítomných aminokyselin a bílkovin tvoří stopy polycyklických heterocyklů⁴², které jsou silně karcinogenní⁴³. Vznikají např. v připálených usazeninách nad hladinou oleje. Přicházejí v úvahu spíše při smažení na tenké vrstvě tuku v pánvi nebo při záhřevu bez tuku.

7. Stabilizace smažicího oleje proti oxidaci

Postupnou oxidaci oleje lze zmírňovat použitím antioxidantů, které jsou sice při teplotách smažení mnohem méně účinné než při skladovacích teplotách, ale přece jen oxidaci zpomalují. Musejí se zvolit antioxidanty, které při smažení nevytékají⁴⁴. Proto jsou běžné antioxidanty BHT a BHA neúčinné⁴⁵. Dříve se doporučovaly oligomerní syntetické antioxidanty nebo antioxidanty se substituovanými alkyly, např. s hydroxymethylovou skupinou místo methylové. Dnes se dává přednost přírodním antioxidantům, např. tokoferolům, β-karotenu nebo fyllochinonům⁴⁶, a z jiných přírodních látek pryskyřicím z listů rozmarýny nebo šalvěže^{47,48}. Určitou anti-oxidační účinnost mají také některé steroly (např. avenasteroly⁴⁹), skvalen⁵⁰ a fosfolipidy⁵¹. Výhodné jsou také adsorbenty, které jsou schopny vázat oxidační produkty s prooxidační účinností^{52,53}.

Velmi jednoduchou, a již dávno známou metodou, je přidávání malého množství parafinu⁵⁴, silikonového oleje⁵⁵ nebo lépe siloxanových polymerů do smažicího oleje. Ty vytvoří na jeho povrchu tenkou vrstvičku, která brání přístupu vzdušného kyslíku do smažicího oleje. Siloxany se nevstřebávají stěvním sliznicí a jsou naprosto inertní. Dnes je jejich přísada povolena v EU i u nás.

8. Stabilizace usmažených výrobků pro delší skladování

Po usmažení se často hotové výrobky nekonzumují ihned, ale až po delším skladování. Je tomu tak především u průmyslových výrobků, např. smažených bramborových lupínků. Na jejich povrchu ulpívá tenká vrstvička smažicího oleje. Ten prakticky již neobsahuje žádné přírodní nebo přidané antioxidanty a přítomné polární produkty katalyzují další oxidaci i při nízkých teplotách. Vznikají těkavé látky vyvolávající žluknutí⁵⁶. Proto se smažené pokrmy skladují v inertním plynu nebo v evakuovaných obalech. Jiným řešením je přísada antioxidantů. V tomto případě již nevádí, jestliže jsou těkavé za vyšších teplot. I zde se dnes dává přednost přírodním přísadám. Může to být i rozemleté koření nebo jiná ochucovadla s antioxidačním účinkem.

9. Závěr

Smažení potravin je v poslední době významnou průmyslovou operací a hojně se užívá i v domácnostech. Při dodržení správných postupů nevznikají při smažení toxické produkty a ztráty výživové hodnoty bývají srovnatelné s jinými postupy přípravy pokrmů⁵⁷.

LITERATURA

1. Banks D., v knize: *Deep Frying* (Perkins E. G., Erickson M. D., ed.), str. 1. Technomic, Lancaster 1999.
2. Pinthus E. J., Saguy I. S.: *J. Food Sci.* 59, 804 (1994).
3. Pinthus E. J., Weinberg P., Saguy I. S.: *J. Food Sci.* 60, 767 (1995).
4. Kozempel M. F., Tomasula P. M., Craig Jr. J. C.: *Lebensm.-Wiss. Technol.* 24, 445 (1991).

5. Makinson J. H., Greenfield H., Wong M. L., Wills R. B. H.: *J. Food Comp. Anal.* 1, 93 (1987).
6. Priya R., Singhal R. S., Kulkarni P. R.: *Carbohydr. Polym.* 29, 333 (1996).
7. Sánchez-Muniz F. J., Viejo J. M., Medina R.: *J. Agric. Food Chem.* 40, 2252 (1992).
8. Ledahudec J., Pokorný J.: *Nahrung* 35, 1071 (1991).
9. Márquez-Ruiz G., Dobarganes C.: *J. Sci. Food Agric.* 70, 120 (1996).
10. Gil B., Handel A. P.: *J. Am. Oil Chem. Soc.* 72, 951 (1995).
11. Pokorný J., v knize: *Flavour Chemistry of Lipid Foods* (Mn D. B., Smouse T. H., ed.), str. 113. AOCS Press, Champaign 1989.
12. Perkins E. G., v knize: *Deep Frying* (Perkins E. G., Erickson M. D., ed.), str. 43. AOCS Press, Champaign 1996.
13. Jansen S. L., Myers M. R., Artz W. E.: *J. Am. Oil Chem. Soc.* 50, 147 (1973).
14. Chun H.-K., Ho C.-T.: *J. Food Lipids* 4, 239 (1997).
15. Ledahudec J., Pokorný J.: *Nahrung* 37, 97 (1993).
16. Pokorný J.: *Vyz. Potrav.* 50, 101 (1995).
17. Firestone D., v knize: *Deep Frying* (Perkins E. G., Erickson M. D., ed.), str. 323. AOCS Press, Champaign 1996.
18. Paulose M. M., Chang S. S.: *J. Am. Oil Chem. Soc.* 50, 147 (1973).
19. Sébédio J.-L., Grandgirard A., Septier C., Prevost J.: *Rev. Fr. Corps Gras* 34, 15 (1987).
20. Chang S. S., Peterson R. J., Ho C.-T.: *J. Am. Oil Chem. Soc.* 55, 718 (1978).
21. Stier R. J. F.: *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 102, 507 (2000).
22. Blumenthal M. M., Stier R. F.: *Trends Food Sci. Technol.* 2, 144 (1991).
23. Romero A., Cuesta C., Sánchez-Muniz F.: *J. Am. Oil Chem. Soc.* 75, 161 (1998).
24. O'Brien R.: *INFORM* 4, 913 (1993).
25. Erickson D., v knize: *Deep Frying* (Perkins E. G., Erickson M. D., ed.), str. 4. AOCS Press, Champaign 1996.
26. Kochhar S. P.: *INFORM* 11, 642 (2000).
27. Warner K., Mounts T. L.: *J. Am. Oil Chem. Soc.* 70, 983 (1993).
28. Parkányiová L., Trojáková L., Réblová Z., Zainuddin A., Nguyen H. T. T., Sakurai H., Miyahara M., Pokorný J.: *Czech J. Food Sci.* 18 (Suppl.), 125 (2000).
29. Warner K., Orr P., Parrot L., Glynn M.: *J. Am. Oil Chem. Soc.* 71, 1117 (1994).
30. Dobarganes C., Márquez-Ruiz G., Velasco J.: *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 102, 521 (2000).
31. Pokorný J.: *Grasas Aceites* 49, 265 (1998).
32. Pokorný J., v knize: *Frying of Food* (Boskou D., Elmadfa I., ed.), str. 69. Technomic, Lancaster 1999.
33. Leszkowiat M. J., Barichello V., Yada R. Y., Coffin R. H., Loughheed E. C., Stanley D. W.: *J. Food Sci.* 53, 281 (1990).
34. Obretenov T. D., Ivanova S. D., Kuntcheva M. J., Somov G. T.: *J. Agric. Food Chem.* 41, 653 (1993).
35. Pokorný J.: *Proc. Food Nutr. Sci.* 5, 421 (1981).
36. Mašková E., Rysová J., Fiedlerová V., Holasová M.: *Potrav. Vedy* 12, 407 (1994).
37. Duda G., Maruszewska M., Kulesza C., Gertig H., Szajkowski Z.: *Bromatol. Chem. Toksykol.* 20, 89 (1987).
38. Pokorný J., Réblová Z.: *Food Technol. Biotechnol.* 37, 139 (1999).
39. Bratakos M. S., Zafiroopoulos T. F., Siskos P. A., Ioannou P. V.: *Int. J. Food Sci. Technol.* 23, 585 (1988).
40. Blumenthal M. M., Stockler J. R.: *J. Am. Oil Chem. Soc.* 63, 687 (1986).
41. Fillion L., Henry C. J. K.: *Int. J. Food Sci. Nutr.* 49, 157 (1998).
42. Knize M. G., Dolbeare F. A., Carroll K. L., Moore D. H., Felton J. S.: *Food Chem. Toxicol.* 32, 595 (1994).
43. Övervik E., Kleman M., Berg I., Gustafsson J. A.: *Carcinogenesis* 10, 2293 (1989).
44. Boskou D., v knize: *Frying of Food* (Boskou D., Elmadfa I., ed.), str. 183. Technomic, Lancaster 1999.
45. Tyagi V. K., Vasishtha A. K.: *J. Am. Oil Chem. Soc.* 73, 499 (1996).
46. Wagner K.-H., Elmadfa I., v knize: *Frying of Food* (Boskou D., Elmadfa I., ed.), str. 163. Technomic, Basel 1999.
47. Gordon M. H., Kouřimská L.: *J. Sci. Food Agric.* 68, 347 (1995).
48. Réblová Z., Kudrnová J., Trojáková L., Pokorný J.: *J. Food Lipids* 6, 13 (1999).
49. Blekas G., Boskou D., v knize: *Frying of Food* (Boskou D., Elmadfa I., ed.), str. 205. Technomic, Basel 1999.
50. Malecka M.: *Nahrung* 35, 541 (1991).
51. Kouřimská L., Pokorný J., Réblová Z.: *Prehr. Tehnol. Biotechnol. Rev.* 32, 91 (1994).
52. Friedman B.: *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 102, 560 (2000).
53. Gertz C., Klostermann S., Kochhar S. P.: *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 102, 543 (2000).
54. Farag R. S., El-Baroty G. S., Abdel Latif M. S.: *Grasas Aceites* 41, 248 (1990).
55. Ohta S., Nagano S., Nonaka Y., Honda K., Hara Y.: *Yukagaku* 37, 185 (1988).
56. Wu C.-M., Chen S.-Y.: *J. Am. Oil Chem. Soc.* 69, 858 (1992).
57. Márquez-Ruiz G., Dobarganes M. C., v knize: *Deep Frying* (Perkins E. G., Erickson M. D., ed.), str. 160. AOCS Press, Champaign 1996.

J. Pokorný and L. Parkányiová (*Department of Food Chemistry and Analysis, Institute of Chemical Technology, Prague*): **Food Frying from the View of a Chemist**

Frying, especially deep frying in oil, ranks among simple and rapid food preparation techniques. In frying, exchange of water and oil take place. Main chemical reactions are hydrolytic and oxidation processes in frying oil, pyrolytic reactions in surface layers of food, and interactions between lipid oxidation products and proteins or other components of fried food, resulting in the formation of specific flavour. Loss of the nutrition value and health risks due to the oxidized oil are rather low under proper frying conditions.