

TRANS IZOMERY MASTNÝCH KYSELIN VE VÝŽIVĚ – MÁME JEŠTĚ PROBLÉM?

Pod tímto názvem se dne 27. ledna konal na 3. lékařské fakultě workshop, který uspořádalo oddělení výživy 3. LF UK ve spolupráci se Sekcí klinické výživy SKVIMP a Společností pro výživu. Setkání se zúčastnili odborníci jak z oblasti hygieny výživy, klinické výživy a dietologie, tak z oblasti potravinářských věd. Ukázalo se, že na otázku uvedenou v názvu celého setkání můžeme odpovědět: ano, ještě máme problém. V rámci Evropy patříme mezi země se spíše vyšší spotřebou, zhruba dvojnásobnou, než je evropský průměr.

Trans izomery mastných kyselin nepochybně představují rizikový faktor aterosklerózy, dokonce mají vyšší aterogenní potenciál, než nasycené mastné kyseliny. V nedávné době se rovněž objevily práce, dokumentující vztah trans kyselin k rozvoji diabetu. Radikální snížení obsahu trans kyselin by tak v dlouhodobém horizontu mohlo vést ke snížení výskytu těchto civilizačních onemocnění.

Je pravdou, že s určitým množstvím trans kyselin se člověk ve výživě setkával od pradávna, k jejich masivnímu zavlečení do výživy však došlo až v posledních sto letech s rozvojem potravinářské technologie částečného ztužování tuků. Přitom nástup nových technologií již dnes umožňuje, aby byly produkovány jedlé tuky a další potravinářské výrobky jen s minimálním obsahem trans kyselin. Zátěž populace těmito látkami je tak do značné míry zbytečná a bylo by možné ji snížit.

V tomto kontextu se proto nelze divit, že některé země již přijaly přísná regulační opatření (Dánsko) nebo alespoň stanovily povinnost značení těchto mastných kyselin na potravinářských výrobcích (USA), aby spotřebitel dbalý svého zdraví se takovým výrobkům mohl vyhnout. I v České republice by bylo žádoucí v tomto směru vyvinout tlak na výrobce a dovozce potravin, a to jednak zásadní úpravou legislativy, jednak prostřednictvím osvětového působení na spotřebitele.

Na následujících několika stranách přinášíme vybraná sdělení z pracovního setkání.

Dr. Pavel Dlouhý

CO JSOU A JAK VZNIKAJÍ TRANS IZOMERY MASTNÝCH KYSELIN

JAN POKORNÝ

Ústav chemie a analýzy potravin, Vysoká škola chemicko-technologická, Praha

Úvod

Pokud má mastná kyselina dvojnou vazbu, může se vyskytovat ve dvou stereoisomerech. V cis-kyselinách jsou oba atomy vodíku na dvojnou vazbu v poloze sobě bližší (dnešní označení: Z = zusammen), zatímco v trans-kyselinách se nacházejí v opačných polohách (dnešní označení: E = entgegen). Tento zdánlivě nepatrný rozdíl se projevuje ve tvaru uhlovodíkového řetězce. Ten je u trans-kyselin podobný jako u nasycených kyselin, tedy rovný, kdežto u cis-kyselin je v místě dvojnou vazby ohnutý (Nichols, Sanderson, 2002). U mastných kyselin s více dvojnými vazbami je tento rozdíl ještě nápadnější. Toto prostorové uspořádání má velký vliv na aktivitu enzymů a samozřejmě na vlastnosti membrán.

VÝSKYT, TVORBA A VLASTNOSTI TRANS-KYSELIN

Výskyt trans-kyselin v přírodě. Trans-kyseliny se běžně vyskytují v přírodních materiálech, i když jsou méně běžné než cis-kyseliny. Jsou přítomny v různých mikroorganismech, ve vodních organismech i v semenech různých subtropických a tropických rostlin, která tamější obyvatelé konzumují, např. v tungovém oleji. Běžně se tvoří a ukládají v tuku různých živočichů, např. vačnatců nebo přežvýkavců, a přecházejí i do jejich mléčného tuku. Lze tedy předpokládat, že člověk měl možnost se na trans-kyseliny za posledních několik tisíců let do jisté míry adaptovat (Ackman, 1997). Trans-kyseliny se dokonce tvoří i v lidském těle v mitochondriích jako přirozená součást metabolismu jako meziprodukt beta-oxidace (Vodrážka, 1992).

Tvorba trans-kyselin při metabolismu rostlinných lipidů u přežvýkavců. Lipidy trav a jiných zelených částí rostlin obsahují lipidy s vysokým obsahem kyseliny linolenové s třemi dvojnými vazbami. Rostlinný materiál se u přežvýkavců nejdříve natráví v bacheru, kde se přítomnými mikroorganismy rozloží celulóza na stravitelné sacharidy. V bacheru se však také vyskytují enzymy, které katalyzují hydrogenaci kyseliny linolenové na méně nenasycené sloučeniny. Jako vedlejší produkt hydrogenace vznikají trans-izomery. Dobytek živící se výhradně nebo většinou travou nebo senem obsahuje kolem 8 % trans-kyselin v tukovém podílu (Kohn, Pokorný, 1964). V létě je více čerstvé trávy a tím více kyseliny

linolenové v krmivu, a proto je i obsah trans-kyselin v mléce vyšší (6,7 %) než v zimním období (5,1 %), jak jsme zjistili v našich poměrech (Pokorný et al., 1964). Tyto trans-kyseliny přecházejí také do mléka a odtud do těl organismů, které se mlékem přežvýkavců živí. Proto také lidský depotní i mléčný tuk vždy obsahuje určité malé množství trans-kyselin. Při moderních intenzivních metodách chovu hovězího dobytka je podíl trávy a sena v krmné dávce výrazně nižší než před několika desítkami let, a proto také dnes depotní i mléčný tuk krav obsahuje podstatně méně trans-kyselin, např. jen mezi 2-3 % (Aro, 1999). U ovcí a koz je podíl trávy a sena i dnes vyšší, proto i obsah trans-kyselin v tuku i v mléce je vyšší.

Vznik trans-kyselin při oxidaci lipidů. Oxidační reakce jsou přirozenou cestou metabolismu lipidů, a to u rostlin jako u živočichů. Jsou enzymově katalyzovány, např. lipoxygenázami, které převádějí polyenové mastné kyseliny (např. linolovou a linolenovou, ale i rybí kyseliny) na hydroperoxydy s konjugovanými dvojnými vazbami, z nichž alespoň jedna přejde do trans-konfigurace. Podobně probíhá oxidace přímým působením kyslíku, tzv. autooxidace, např. při skladování nebo záhřevu potravin. Nejdříve vznikají hydroperoxydy s jednou trans-dvojnou vazbou, které dále přecházejí na hydroperoxydy se dvěma trans-vazbami.

Vznik trans-kyselin při hydrogenaci lipidů. Protože je na světovém trhu větší poptávka po tuhých tucích než je nabídka, přeměňují se kapalné rostlinné oleje v průmyslovém měřítku katalytickou hydrogenací za přítomnosti niklu na tuhé tuky; proto se tomuto procesu říká ztužování. Při tomto procesu jako vedlejší produkt vznikají trans-nenasycené mastné kyseliny, jejichž podíl může dosáhnout až 50 % mastných kyselin ve ztuženém tuku. Procento trans-kyselin závisí na podmínkách hydrogenace, např. na teplotě, tlaku vodíku a druhu katalyzátoru (Kellens, 2000). V poslední době byly vyvinuty technologické postupy, kdy konečný produkt obsahuje podstatně méně, např. jen 10 % trans-kyselin. Ztužené tuky se mohou nahradit jinými rostlinnými tuhými tuky, neobsahujícími trans-kyseliny, jako je frakce palmového oleje nebo interesterifikované tuky. Ztužené tuky se dnes přidávají do nejrozmanitějších potravin, např. do pečiva, takže můžeme dokázat až 2-3 % mastných kyselin i v chlebu (Richardson et al., 1997).

Vznik trans-kyselin záhřevem. Kyseliny s cis-konfigurací se přeměňují v trans-kyseliny dodáním energie,

např. ultrafialovým ozářením nebo záhřevem na vysoké teploty, zpravidla nad 220 °C. Takové teploty se vyskytují při rafinaci jedlých olejů deodorací. Citlivost mastných kyselin roste s rostoucím počtem dvojných vazeb, takže kyselina linolenová se mění mnohem rychleji než kyselina linolová a kyselina olejová zůstává při průmyslové deodoraci téměř beze změny. V rafinovaných olejích se tedy vždy najde kolem 1 % trans-kyselin, ale většinou jde o směsi izomerů obsahujících cis- i trans-vazby (Schwarz et al., 1995). Účinek těchto izomerů na metabolismus není bezpečně znám, ale předpokládá se, že by jejich konzum neměl být vyšší než 5-6 mg denně (Wolff, 2002).

Metody přípravy trans-kyselin. Čisté trans-kyseliny se většinou vyrábějí z cis-kyselin působením oxidů dusíku nebo selenem. Při pokusech s trans-kyselinami je tedy nutné se vždy přesvědčit, zda v preparátu nezbyly stopy těchto katalyzátorů.

Reaktivita trans-nenasycených mastných kyselin. Protože jsou trans-kyseliny chudší energií než cis-kyseliny, mají tendenci se samovolně tvořit z cis-kyselin při různých chemických procesech. Naproti tomu je ze stejného důvodu jejich reaktivita nižší než reaktivita cis-kyselin, např. se méně snadno oxidují nebo hydrogenují a zvláště obtížně mohou probíhat některé stereospecifické enzymové reakce, na nichž se podílí dvojná vazba. Proto se v reakčních produktech spíše hromadí na úkor cis-kyselin.

ZÁVĚR

Výzkum fyziologického působení trans-kyselin a jejich úloha ve výživě jsou teprve v počátcích a stanovení jejich škodlivosti nebo zdravotní nezávadnosti není ještě uzavřeno. Podobně jako u nasycených kyselin závisí jejich působení v metabolismu na struktuře, má také u trans-kyselin zřejmě velký vliv poloha dvojných vazeb v molekule, počet atomů uhlíku v molekule mastné kyseliny, přítomnost další trans- nebo cis-dvojných vazeb v sousedství aj. Na trávení má vliv také poloha mastné kyseliny na mo-

lekule glycerolu, zda je vázána v 1- nebo 2-poloze. Záleží pochopitelně také mnoho na trávicích orgánech, které jsou např. u krysy značně odlišné od vepře nebo člověka. Další intenzivní výzkum bude nepochybně pokračovat i v nejbližších letech, takže lze očekávat rychlý pokrok ve stavu poznatků o trans-kyselinách.

LITERATURA

1. Ackman RG: Has evolution and long-term coexistence adapted us to cope with trans fatty acids? *J. Food Lipids*, 1997, 4, 295-318.
2. Aro A: Fatty acid composition of foods in Europe. *Third Int. Food Data Conf., Rome*, 1999.
3. Kellens M: Oil modification processes. 2000. In: *Edible oil processing*. Sheffield, Sheffield Academic Press, s. 129-142.
4. Kohn R, Pokorný J: Unsaturated fatty acids with a trans-configuration of the double bond in infant nutrition. *Rev. Czechoslov. Med.*, 1964, 10, 31-38.
5. Nichols DS, Sanderson K: The nomenclature, structure and properties of food lipids. 2002. In: *Chemical and functional properties of lipids*. Boca Raton, CRC Press, s. 29-60.
6. Pokorný J, Kohn R, Pokorná V: Rozdíly obsahu esenciálních mastných kyselin a jejich izomerů v přípravcích ze sušeného mléka pro dětskou výživu vyrobených v zimním a v letním období. *Čs. gastroenter.*, 1964, 18, 62-66.
7. Richardson RK, Fong BY, Rowan AM: The trans fatty acid content of fats in some manufactured foods commonly available in New Zealand. *Asia Pacific J. Clin. Nutr.*, 1997, 6, 239-245.
8. Schwarz W, Čmolík J, Pokorný J: Isomerisierung der Polyenfettsäuren während der Desodorierung von Speiseölen. *Fat Sci. Technol.*, 1995, 97, 491-495.
9. Vodrážka Z: *Biochemie*, sv. 2. Praha, Academia, 1992, s. 71.
10. Wolff RL: Are isomers of alpha-linolenic acid of nutritional significance for certain populations? *Lipids*, 2002, 37, 1147-1148.

*Prof. Ing. Jan Pokorný, DrSc.
Ústav chemie a analýzy potravin VŠCHT
Technická 5,
160 00 Praha 6*

PŘÍJEM TRANS-NENASYCENÝCH IZOMERŮ MASTNÝCH KYSELIN V ČR

PAVEL DLOUHÝ¹, JAN POKORNÝ², JANA DOSTÁLOVÁ²

¹Oddělení výživy CPL 3, LF UK, Praha

²Ústav chemie a analýzy potravin, Vysoká škola chemicko-technologická, Praha

Odhadnout příjem trans-nenasycených izomerů mastných kyselin (TFA) z výživy je možné v zásadě třemi způsoby:

a) pomocí metod hodnocení globální spotřeby – na základě statistických údajů o spotřebě potravin v daném roce a státě a na základě znalosti průměrného obsahu tuku v potravinách a zastoupení trans-nenasycených izomerů mastných kyselin v něm lze usuzovat na příjem těchto látek;

b) pomocí metod hodnocení individuální spotřeby – u definovaného souboru populace se vhodnou metodou sledování individuální spotřeby určí spotřeba potravin každé jednotlivé osoby a na základě znalostí složení potravin se odhadne průměrný příjem TFA;

c) na základě určení koncentrace TFA v podkožním tuku sledovaných osob, případně v tuku mateřského mléka. Metoda vychází ze skutečnosti, že obsah TFA v těchto biologických materiálech (a především v podkožním tuku) dobře koreluje s příjmem TFA výživou (Emken, 1984; Katan, 1986; VanStaveren, 1986; Kris-Etherton, 1995; Lemaitre, 1998; Baylin, 2002). Jedná se v podstatě o období biologického monitoringu, používaného k hodnocení expozice toxickým látkám. Předpokládá se, že TFA v podkožním tuku a tuku mateřského mléka pocházejí z exogenního přívodu - v organismu se trans-nenasycené mastné kyseliny sice tvoří, ale zejména jako meziprodukt beta-oxidace v mitochondriích, který se dále odbourává.

Každá metoda má určité nevýhody. První dvě metody vyžadují dobré znalosti o aktuálním obsahu TFA v potravinách, metody globální spotřeby pracují s poměrně hrubými údaji o spotřebě, metody individuální spotřeby jsou náročné na spolupráci s probandy. Problémem stanovení koncentrace mastných kyselin v podkožním tuku může být odběr vzorku a otázka, zda publikovaný přepočítávací faktor je v každém případě stejný.

Na základě statistických údajů o spotřebě potravin odhadli příjem TFA Dostálová a Pokorný (2002) – viz tabulky 1–3. Dle těchto výpočtů činil příjem trans C18:1 mastných kyselin v roce 2000 přibližně 5,2g/osobu/den. Patrný je pokles příjmu těchto mastných kyselin v porovnání s rokem 1990.

V podkožním tuku 46 osob (36 mužů a 10 žen), průměrného věku 61,4 ± 8,9 let, bez známek ischemické choroby srdeční, bylo metodou plynové chromatografie určeno spektrum mastných kyselin a stanoveny koncentrace TFA (Dlouhý et al.,

2003). Průměrný obsah celkových TFA činil 2,56 % (SD = 0,89 %), průměrný obsah trans-monoenových C18:1 mastných kyselin činil 1,95 % (SD = 0,77 %). Vyšší hodnoty TFA však byly nalezeny v podkožním tuku pacientů s angiograficky prokázanou aterosklerózou koronárních arterií.

Na základě stanovení obsahu TFA v podkožním tuku lze odhadnout zastoupení TFA v tuku, přiváděném do organismu výživou. V literatuře je uváděn přepočet, podle něhož: % TFA v tuku diety = 2 x % TFA v podkožním tuku (Kris-Etherton et al., 1995). V tuku, přiváděném výživou, tak celkové TFA tvořily přibližně 5,12 % a trans C18:1 mastné kyseliny 3,9 %. Vezmeme-li v úvahu uváděnou průměrnou spotřebu tuku v ČR 128 g /den, lze odhadnout denní příjem celkových TFA kolem 6,5 g a trans C18:1 mastných kyselin cca 5 g. Tyto výsledky jsou v souladu s údaji Dostálové a Pokorného (viz výše).

Konzum TFA ve vybraných zemích udává tabulka 4. Průměrný příjem TFA, nalezený v 8 evropských zemích ve studii TRANSFAIR, činil u mužů 2,40±1,53g/den a u žen 1,98±1,49g /den (Van de Vijver et al., 2000).

Příjem TFA v naší dietě je o něco vyšší než v západní Evropě, kde byly pokrmové tuky s obsahem ztužených olejů nahrazeny tuky bez přídavku ztužených olejů, a než ve Středomoří, kde značnou část tukového podílu v dietě tvoří olivový olej. Naproti tomu je u nás menší příjem TFA než v USA, což souvisí s celkovým vyšším příjmem tuku v této oblasti a s větším podílem hotových pokrmů připravených s použitím ztužených olejů. Podle dosavadního trendu lze očekávat, že se příjem TFA u nás bude postupně přibližovat hladině dosažené v západní Evropě.

Tab. 1: Konzum hlavních zdrojů tuků v ČR v letech 1950–2000 (kg potravin na osobu a rok)

Skupina potravin	Rok 1950	Rok 1970	Rok 1990	Rok 2000
Máslo	5,1	8,8	8,7	4,1
Sádlo	6,1	6,1	6,9	4,8
Rostlinné tuky a oleje	5,6	10,6	12,8	16,3
Maso (bez drůbeže)	46,2	69,6	82,9	57,1
Mléko	227,9	197,1	256,2	214,1
Drůbež	2,4	7,7	13,6	22,3
Vejce (ks)	181	289	340	275
Ryby	3,5	6,0	5,4	5,4
Pečivo	26,2	35,0	32,5	50,6

Zdroj: Český statistický úřad

Tab. 2: Hrubý odhad konzumu tuků z různých skupin potravin v ČR v letech 1950 – 2000 (kg tuku na osobu a rok)

Tuk z potraviny	Rok 1950	Rok 1970	Rok 1990	Rok 2000
Máslo	4,0	7,0	6,9	3,2
Sádlo	6,1	6,1	6,9	4,8
Rostlinné tuky a oleje	5,0	9,5	11,5	15,5
Maso (bez drůbeže)	9,2	13,9	16,6	11,4
Mléko a mléčné výrobky	6,8	5,9	7,7	6,4
Drůbež a vejce	0,7	1,3	1,7	3,0
Ryby	0,2	0,3	0,3	0,3
Pečivo	1,6	2,1	2,0	2,8
Jiné potraviny	2,0	2,0	2,2	2,3
Celkem	34,0	46,0	53,8	46,9 *)

Zdroj: Český statistický úřad; výpočty Dostálové a Pokorného na základě obsahu tuku podle vlastních analýz a různých dalších zdrojů
*) 128 g.den⁻¹

Tab. 3: Hrubý odhad příjmu mastných kyselin v ČR v letech 1950 - 2000 (g na osobu a den)

Mastné kyseliny	Rok 1950	Rok 1970	Rok 1990	Rok 2000
Nasycené	44,7	57,6	65,5	50,1
cis-monoenové	37,0	49,6	58,1	55,3
trans-monoenové	6,2	9,0	9,4	5,2
n-6 polyenové	7,1	10,3	13,6	22,0
n-3 polyenové	0,6	1,2	1,3	2,8
Celkem	95,6	127,7	147,9	135,4

Zdroj: Český statistický úřad; výpočty Dostálové a Pokorného na základě obsahu tuku a složení mastných kyselin podle vlastních analýz a různých dalších zdrojů

Tab. 4: Průměrný denní příjem TFA v různých zemích

Stát	Denní příjem (g/den)	Pramen:
Německo	3,4 ženy 4,1 muži (trans C18:1)	Steinhart, 1992
Německo	2,2	Van Poppel, 1998
Francie	2,3	Van Poppel, 1998
Island	5,4	Van Poppel, 1998
Nizozemí	4,3	Van Poppel, 1998
Belgie	4,1	Van Poppel, 1998
Řecko	1,4	Van Poppel, 1998
Dánsko	2,6	Van Poppel, 1998
Španělsko	2,4	Boatella, 1993
Velká Británie	3,6 - 4,8	BNF, 1995
USA	5,6	London, 1991
USA	8,6	Hudgins, 1991
USA	8,1 - 12,8	ASCN/AIN, 1996; Kris-Etherton et al., 1995; Hunter, 1991; Enig, 1990
USA	3,8	Ascherio, 1994
USA	2,24	Lemaitre et al., 1998
USA	3 - 13	Craig-Schmidt, 2001
	(% tuku v dietě)	
USA	8,8	London, 1991
USA	8,2	Hudgins, 1991
USA	4,2	Ascherio, 1994
USA	5,0	Lemaitre et al., 1998
USA	7,4	Allison, 1999

Podpořeno výzkumným záměrem 3. LF UK „Prevence, diagnostika a terapie iniciálních stadií diabetes mellitus, metabolických, endokrinních, nutričních a toxických postižení organismu“ (MSMT 1112200001).

LITERATURA:

- Emken EA: Nutrition and biochemistry of trans and positional fatty acids isomers in hydrogenated oils. *Ann Rev Nutr* 1984; 4: 339-376.
- Katan MB, Van Staveren WA, Deurenberg P: Linoleic and trans unsaturated fatty acids content of adipose tissue biopsies as objective indicators of the dietary habits of individuals. *Prog Lip Res* 1986; 25: 193-195.
- Van Staveren WA, Deurenberg P, Katan MB, Burema J, DeGroot LC, Hoffmans AF: Validity of the fatty acid composition of subcutaneous fat tissue microbiopsies as an estimate of the long term average fatty acid composition of the diet of separate individuals. *Am J Epidemiol* 1986; 123: 455-463.
- Kris-Etherton PM, Allison DB, Denke MA, Dietschy JM, Emken EA, Nicolosi RJ: Trans fatty acids and coronary heart disease risk. Report of the expert panel on trans fatty acids and coronary heart disease. *Am J Clin Nutr* 1995; 62: 655S-708S.
- Lemaitre RN, King IB, Patterson RE, Psaty BM, Kestin M, Heckbert SR: Assessment of trans-fatty acid intake with a food frequency questionnaire and validation with adipose tissue levels of trans fatty acids. *Am. J. Epidemiol.* 1998; 148: 1085-1093.
- Baylin A, Kabagambe EK, Siles X, Campos H: Adipose tissue biomarkers of fatty acid intake. *Am. J. Clin. Nutr.* 2002; 76: 750-757.
- Dostálová J, Pokorný J: Příjem mastných kyselin v České republice. Sborník přednášek z XL. mezinárodní konference z technologie a analytiky tuků. Harrachov-Rýžoviště, 2002: 14-19.
- Dlouhý P, Tvrzická E, Staňková B, Vecka M, Žák A, Fanta J, Páchl J, Kubisová D, Rambousková J, Bílková D, Anděl M: Higher Content of 18:1 trans Fatty Acids in Subcutaneous Fat of Persons with Coronarographically Documented Atherosclerosis of the Coronary Arteries. *Ann. Nutr. Metab.* 2003; 47: 302-305.
- British Nutrition Foundation: Trans Fatty Acids - The Report of the British Nutrition Foundation Task Force. London, 1995: 56
- Stender S, Dyerberg J, Holmer G, Ovesen L, Sandstrom B: Significance of trans fatty acids for health. *Ugeskr-Laeger* 1994; 156: 3764-3769.
- Steinhart H, Pfalzgraf A: Aufnahme trans-isomerer Fettsäuren - eine Abschätzung auf Basis der Daten der nationalen Verzehrsstudie 1991. *Z-Ernahrungswiss* 1992; 31: 196-204.
- Boatella J, Rafecas M, Codony R: Isomeric trans fatty acids in the Spanish diet and their relationships with changes in fat intake patterns. *Eur. J. Clin. Nutr.* 1993; 47 (Suppl. 1): 62-65.
- Ascherio A, Hennekens CH, Buring JE, Master C, Stampfer MJ, Willett WC: Trans fatty acids intake and risk of myocardial infarction. *Circulation* 1994; 89: 94-101.
- Van Poppel G: Intake of trans fatty acids in western Europe: the TRANSFAIR study. *Lancet* 1998; 351: 1099.
- Allison DB, Egan SK, Barraj LM, Caughman C., Infante

- M., Heimbach JT.: Estimated intakes of trans fatty and other fatty acids in the US population. *J. Am. Diet. Assoc.* 1999; 99: 166-174.
16. Craig-Schmidt MC: Isomeric fatty acids: Evaluating status and implications for maternal and child health. *Lipids* 2001; 36: 997-1006.
17. Hudgins LC, Hirsch J, Emken EA: Correlation of isomeric fatty acids in human adipose tissue with clinical risk factors for cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr* 1991; 53: 474-482.
18. London SJ, Sacks FM, Caesar J, Stampfer MJ, Siguel E, Willet WC: Fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue and diet in postmenopausal US women. *Am J Clin Nutr* 1991; 54: 340-345
19. Van de Vijver LP, Kardinaal AF, Couet C, Aro A, Kafatos A, Steingrimsdottir L, Amorim Cruz JA, Moreiras O, Becker W, Van Amelsvoort JM, Vidal-Jessel S, Salminen I, Moschandreas J, Sigfusson N, Martins I, Carbajal A, Ytterfors A, Poppel G: Association between trans fatty acid intake and cardiovascular risk factors in Europe: the TRANSFAIR study. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2000; 54: 126-135.

*MUDr. Pavel Dlouhý
Odd. výživy CPL 3. LF UK
Ruská 87, 100 00 Praha 10*

OBSAH TRANSIZOMERŮ MASTNÝCH KYSELIN V JEDLÝCH TUCÍCH

JIŘÍ BRÁT

PTZ Nelahozeves

Úvod

Transizomery mastných kyselin (dále TFA) patří mezi nejdiskutovanější složky tuku z pohledu lidské výživy a zdravotních aspektů při jejich konzumaci.

Zatímco se v 80. letech tvrdilo, že konzumace TFA je z hlediska zdravotního srovnatelná s monoénovými mastnými kyselinami, v polovině let 90. byl fyziologický účinek srovnáván s mastnými kyselinami nasycenými. Dnes začíná převažovat názor, že TFA negativně ovlivňují hlavní rizikové faktory kardiovaskulárních onemocnění. Pokud nahradí TFA na stejné úrovni příjmu sacharidy, dochází ke zvýšení celkového a LDL-cholesterolu stejně jako ke zvýšení poměru celkový/HDL cholesterol. Na rozdíl od ostatních mastných kyselin TFA nezvyšují HDL cholesterol a nesnižují hodnoty triacylglycerolů při isoenergetické záměně za sacharidy (Mensink et al. 2003).

REGULACE A ZNAČENÍ OBSAHU TFA

Společná diskuse odborníků v rámci WHO a FAO o roli výživy v prevenci chronických onemocnění vyústila v konstatování, že TFA zvyšují rizika kardiovaskulárních onemocnění. Z tohoto pohledu vzešlo doporučení limitovat konzumaci TFA pod 1 % denního příjmu energie (Joint WHO/FAO expert consultation 2003).

Na poznatky z posledních let o zdravotních aspektech zvýšené konzumace TFA reagovaly legislativními opatřeními i některé země. Dánsko stanovilo limit obsahu TFA ve výrobcích na 2 % počítáno v tuku (Legislativa Dánska 2003). Americký úřad pro kontrolu potravin a léčiv (FDA) vyhlásil povinné značení obsahu TFA v rámci nutriční tabulky od 1. 1. 2006 (Legislativa USA 2003). V řadě dalších zemí se začaly objevovat diskuse na téma, zda jít cestou povinného značení obsahu TFA nebo stanovování limitů.

Další významnou iniciativou týkající se používání TFA ve výrobcích jsou doporučení Mezinárodní evropské margarínové asociace (IMACE 2002). Renomovaní výrobci se zavázali uplatňovat po 1. 1. 2003 tyto zásady:

1. Margaríny a roztíratelné tuky by měly obsahovat maximálně 1 % TFA vztaženo na produkt – tj. významně méně, než je průměrný obsah TFA v másle.

2. Směsné margaríny a směsné roztíratelné tuky by měly obsahovat maximálně 5 % TFA vztaženo na produkt.

3. Margaríny používané pro průmyslové zpracování by měly obsahovat maximálně 5 % TFA, přičemž je nutno zvažovat požadavky na funkčnost, specifické použití a požadavky zákazníků.

4. Při uplatnění těchto principů by neměl vzrůst celkový obsah TFA a nasycených mastných kyselin v rámci výrobku.

5. V delším časovém horizontu by měl být v produktech dále snižován celkový obsah TFA a nasycených mastných kyselin.

TRENDY VE ZMĚNÁCH OBSAHU TFA V TUCÍCH

Renomovaní výrobci potravin se v poslední době snaží snižovat obsah TFA ve svých produktech. Tento trend byl v České republice a na Slovensku nastartován přibližně v polovině 90. let. V roce 1996 se na trhu objevil výrobek s obsahem TFA pod 1 % (Flora). V dalším roce následovaly výrobky: Rama, Hera, Perla, Planta, Linc light a Summer light (Brát, Pokorný 1999, Brát, Pokorný 2000). K významnému snížení obsahu TFA došlo v roce 2000 u značek Alfa Plus (Suchánek et al. 2002) a Saga Vita. V roce 2001 zaznamenaly významný pokles obsahu TFA značky Palmarin, Veto, Palma a Helia (Brát 2003). V některých výrobcích (Palmarin) se však v současné době opět začaly používat částečně ztužené tuky, a tím se v nich výrazně zvýšil i obsah TFA.

V současné době se začíná rychle rozšiřovat sortiment průmyslově vyráběného pečiva či jiných produktů rychlého občerstvení, obsahujících vysoké množství TFA. Jak prokazují rozbory těchto výrobků, řada z nich stále obsahuje částečně ztužené tuky a tudíž i vyšší obsah TFA (Dostálová, Brát 2002, Dostálová et al. 2004). Změny na trhu potravin vedou tudíž k nutnosti periodicky monitorovat aktuální složení výrobků.

STANOVENÍ OBSAHU TFA

Pomocí plynové chromatografie byly analyzovány výrobky dostupné na trhu v České republice a na Slovensku. Výrobky byly zakoupeny v obchodní síti koncem roku 2003 a začátkem roku 2004.

Příprava methylesterů mastných kyselin

Do zábrusové zkumavky se nadávkuje 100mg až 150mg vzorku oleje. Přidá se 5ml petroletheru, směs se mírně protřepe, přidá se 0,2ml 2 mol/l KOH. Zkumavka se zazátkuje, protřepe a po nahátí k varu ve vodní lázni se obsah zkumavky protřepává 1 minutu. Pak se přidá 0,4ml 1 mol/l HCl, uzavřená zkumavka se krátce protřepe a nechá se ustát. Po rozsazení a vyčeření se horní vrstva – extrakt opatrně slijí do vialky a použije přímo k analýze na plynovou chromatografii.

Analýza methylesterů mastných kyselin plynovou chromatografií.

Analýzy byly prováděny na přístroji HP6890, firmy Hewlett Packard, na kapilární koloně 100m x 0,25mm s nánosem stacionární fáze SP-2560 0,2 µm od firmy Supelco Inc., Bellefonte PA, USA. Obsah TFA byl vyjádřen v procentech hmotnostních ve výrobku.

SOUČASNÝ STAV OBSAHU TFA V TUCÍCH NA TRHU V ČR A SLOVENSKU

Analýzované výrobky jsou rozděleny do tří tabulek. První skupina obsahuje výrobky, které mají obsah TFA nižší než 1 % hm. ve výrobku (tabulka 1). Tato skupina produktů je tedy zcela v souladu s doporučením mezinárodní evropské margarínové asociace (IMACE 2002) nedávno aktualizovaným. Druhá skupina (tabulka 2) má hodnoty obsahu TFA mírně vyšší než hodnoty doporučené IMACE. Na zvýšených hodnotách obsahu TFA se u těchto produktů může projevat i vysoká teplota desodorace olejů a tuků. Třetí skupinu (tabulka 3) tvoří výrobky obsahující částečně hydrogenované tuky. Tyto výrobky neodpovídají výše zmíněným moderním vývojovým či legislativním trendům a stále čekají na svoji modernizaci.

ZÁVĚR

Závěrem lze konstatovat, že složení výrobků na trhu se v posledních letech z hlediska hodnot obsahu TFA zlepšuje. Přibývá více výrobků s nutričně nevýznamným obsahem těchto mastných kyselin. Je vidět, že poznatky z oblasti výživy mohou být realizovány i v praxi. Na druhé straně jsou zde i rezervy v dalším potenciálním snižování konzumace TFA. U zpracovatele olejů tyto rezervy spočívají v optimalizaci procesu zpracování olejů

Tab. 1: Přehled výrobků s obsahem transizomerů mastných kyselin do 1% hm. v produktu

Výrobky s obsahem TFA do 1%	
Výrobek	obsah TFA
Flora	0,1
Rama Crème.Bonjour s tvarohem	0,1
Perla TIP	0,1
Veto fit	0,1
Perla vitamin	0,2
Rama	0,2
Rama Crème Bonjour (kostka)	0,2
Rama máslová	0,2
Flora light	0,2
Flora Crema	0,3
Hera	0,3
Zlaté ráno	0,3
Linco light	0,3
Rama Linie	0,4
Veto	0,4
Linco jogurt	0,4
Felix na pečení	0,5
Linco family multivitamin	0,5
Tesco light	0,6
Felix light	0,6
Senna Delikates	0,7
Palma Provitae	0,8
Helia	0,9

a u výrobců tuků ve výběru vhodných tukových surovin místo částečně ztužených tuků. Na straně spotřebitele se jedná o možnost volby mezi jednotlivými výrobky. Zvláštní pozornost je nutno věnovat při nákupu produktů určených na pečení nebo smažení. Rozdíly v obsahu TFA u těchto produktů mohou být velmi vysoké. Při častém používání těchto výrobků bude opakovaně překračována výše zmíněná hladina 1% z energetického příjmu doporučená WHO. Rovněž je nutno nepodceňovat možný příjem TFA prostřednictvím skrytých tuků při konzumaci jemného pečiva nebo smažených produktů ze sortimentu prodejen s rychlým občerstvením.

LITERATURA

1. Brát J. Význam mastných kyselin ve výživě. Výživa a potraviny 2003; 58: 24–27.
2. Brát J, Pokorný J. Pokrok ve výrobě jedlých tuků o vysoké výživové hodnotě. Výživa a potraviny 1999; 54: 126–127.
3. Brát J, Pokorný J. Fatty Acid Composition of Margarines and Cooking Fats Available on the Czech Market. J. Food Compos. Anal. 2000; 13: 337–343.
4. Dostálová J, Brát J. Složení mastných kyselin tuku trvanlivého pečiva z tržní sítě České republiky. Výživa a potraviny 2002; 57: 189–190.

Tab. 2: Přehled výrobků s obsahem transizomerů mastných kyselin v rozmezí 1–3 % hm. v produktu

Výrobky s obsahem TFA 1–3 %	
Výrobek	obsah TFA
Beiuša-margarin se sníženým obsahem tuku	1,1
Alfa Vital+inulin	1,4
Palma	1,9
Alfa máslová	2,3
Olivia	2,7

Tab. 3: Přehled výrobků s obsahem transizomerů mastných kyselin nad 3 % hm. v produktu

Výrobky s obsahem TFA nad 3 %	
Výrobek	obsah TFA
Alfa Optima	3,2
Roztíratelný tuk (Euro Shopper)	3,7
Adéla	5,6
Diana light	6,0
Easy	6,5
Finea garden s česnekem	7,3
Finea light mix	8,4
Finea mix	8,8
Linco na pečení	10,0
Jedlý rostlinný tuk (Euro Shopper)	10,0
Zlatá Haná	11,5
Tesco na pečení a vaření	12,6
Linco family multivitamin+kalcium	12,8
Palmarin	15,9
Stella Extra	20,8
Lukana cukrářská	22,0
Ceres Soft (100% tuk)	22,3
Omega (100% tuk)	25,1
Cera (100% tuk)	28,8

5. Dostálová J, Brát J, Hanzlík P, Bednářová K. Obsah tuku a složení mastných kyselin tuku jemného pečiva z tržní sítě České republiky. *Výživa a potraviny* 2004; 59: 100–101.
6. IMACE. Code of Practice on TFA 2002.
7. Joint WHO/FAO expert consultation. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. WHO Tech Report Series 916. WHO, Geneva 2003: 89.
8. Legislativa Dánska. Bekendtgørelse om indhold af transfedtsyrer i olier og fedtstoffer m.v. Bekendtgørelse nr. 160 af 11. marts 2003.
9. Legislativa USA: Food Labeling; Trans Fatty Acids in Nutrition Labeling; Consumer Research to Consider Nutrient Content and Health Claims and Possible Footnote or Disclosure Statements; Final Rule and Proposed Rule. Federal Register 2003; 68: 41434–41506.
10. Mensink RP, Zock PL, Kester ADM, Katan MB. Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *Am J Clin Nutr* 2003; 77: 1146–1155.
11. Suchánek P, Brát J, Poledne R. Přehled jedlých tuků a olejů na našem trhu a jejich hodnocení. *DMEV* 2002; 7: 106–110

*Jiří Brát
PTZ Nelahozeves*

OBSAH TRANS IZOMERŮ MASTNÝCH KYSELIN V JEMNÉM A TRVANLIVÉM PEČIVU A MRAŽENÝCH KRÉMECH

JANA DOSTÁLOVÁ¹, JIŘÍ BRÁT², MAREK DOLEŽAL¹ A PAVEL HANZLÍK¹

¹ Ústav chemie a analýzy potravin, Vysoká škola chemicko-technologická, Praha

² Unilever PTZ Nelahozeves

Úvod

Podle řady studií je příjem trans izomerů mastných kyselin významným rizikovým faktorem kardiovaskulárních onemocnění, má vliv na inzulínovou rezistenci a může být rizikovým faktorem nádorových a některých dalších onemocnění (Aro, 2003). Podle našich výpočtů klesl příjem trans izomerů mastných kyselin od roku 1990 do roku 2000 z 9,4 na 5,2 g na osobu a den (Dostálová, Pokorný, 2003) Tento pokles byl způsoben výrazným snížením spotřeby másla a mléka a mléčných výrobků, zejména s vyšším obsahem tuku. Snižující se příjem také ovlivňuje výrazně nižší obsah (někdy pouze několik desetin %) trans mastných kyselin v margarinech. Pozitivní trend v příjmu trans mastných kyselin však zhoršuje zvyšující se spotřeba některých výrobků, při jejichž výrobě se používají tuky s vysokým obsahem trans izomerů mastných kyselin a které, ve většině případů, obsahují větší množství tuku. K těmto výrobkům patří například trvanlivé a jemné pečivo. Stanovením obsahu tuku a složení jeho mastných kyselin jsme se proto zabývali. Další komoditou, kterou jsme se zabývali, byly mražené krémy. U těchto výrobků jsme sice nepředpokládali vysoký obsah trans mastných kyselin (většina výrobků již neobsahuje mléčný tuk), ale vysoký obsah nasycených mastných kyselin a vysoký obsah aterogenních kyselin myristové a palmitové, protože se v receptuře používá především kokosový tuk.

MATERIÁL A METODIKA

19 vzorků trvanlivého pečiva (oplatky, sušenky aj.) a 2 vzorky bramborových lupínků zakoupené v 1. čtvrtletí 2002. 18 vzorků jemného pečiva (koblihy, koláče aj.) zakoupených ve 3. čtvrtletí 2003. Vzorky byly zakoupeny v běžné tržní síti a vybrány tak, aby byly zastoupeny různé druhy pečiva a také různí výrobci. 10 vzorků mražených vanilkových krémů a zmrzlin, které vybrala a zakoupila MF DNES pro přílohu TEST dnes v srpnu 2003.

Tuk byl izolována po předchozím vysušení vzorků petroletherem v Soxhletově přístroji. Mastné kyseliny byly stanoveny po transesterifikaci methanolickým roztokem hydroxidu draselného. Methylestery mastných kyselin byly extrahovány do hexanu a analyzovány metodou plynové chromatografie (Ratnayake, 1990).

VÝSLEDKY

Výsledky stanovení obsahu tuku a složení mastných kyselin tuku trvanlivého pečiva jsou v tabulce č. 1. Obsah tuku se pohyboval v širokém rozmezí (3,6–49,3%), přičemž 8 výrobků mělo více než 29% tuku. Obsah trans mastných kyselin byl u většiny vzorků do 2,3%; vyšší podíl (55,6; 35,2; 31,9; 18,5; 13,8 a 8,8%) mělo 6 výrobků. Většina výrobků měla vysoký obsah nasycených mastných kyselin (kolem 50%), maximálně 88,6%.

Tab. 1: Obsah tuku (%) a složení mastných kyselin trvanlivého pečiva v % z celkových mastných kyselin

Výrobek	Obsah tuku ¹	SAFA	MUFA	PUFA	TRANS
Kávěnky	30,1	16,3	22,5	4,6	55,6
Klember	32	29,6	29,8	8,2	31,9
Lusette	20	57,3	29,5	10,7	2,2
Tatry	29,1	57,3	28,4	5,4	8,8
Salzletten original	6	46,1	36,0	16,8	0,8
Graham tyčinky	7,6	53,4	29,6	16,4	0,5
Princezky	18,3	52,0	32,7	12,9	2,0
Telka	29	47,9	41,5	9,6	0,8
Sachr mléčný	31	57,7	23,2	4,9	13,8
Zlaté dez.piškoty	13,6	52,2	38,0	9,4	0,2
Loacker	26,8	88,6	7,5	3,4	0,0
Disko	20,4	56,0	32,9	10,2	0,8
Kakaové řezy	29,5	36,9	25,0	2,2	35,2
BeBe	13,3	44,8	37,0	17,4	0,6
David	31,4	50,0	24,8	6,3	18,5
Vitalinea	5,8	50,8	37,8	10,4	0,8
Club	20,4	58,3	31,5	8,7	1,3
Trvanlivé tyčinky	3,6	17,2	20,6	60,3	1,2
Vaječné věnečky	20,4	49,3	33,6	14,0	2,3
Perri Drops Snacks ²	49,3	45,9	42,1	11,0	0,8
Albert ²	49,3	46,4	41,4	11,1	1,1

¹ podle údajů na obalu, ² bramborové lupínky

SAFA - nasycené mastné kyseliny, MUFA - monoenoové mastné kyseliny, PUFA - polyenoové mastné kyseliny.

Výsledky stanovení obsahu tuku a složení mastných kyselin tuku jemného pečiva jsou v tabulce č. 2. Obsah tuku v korpusu se pohyboval s výjimkou 6 vzorků s nižším obsahem v mezích 20–30%. Obsah trans mastných kyselin vyšší než 5% byl u 10 vzorků, přičemž 3 vzorky měly více než 20%. Obsah SAFA byl výrazně nižší než u trvanlivého pečiva, pouze dva vzorky měly přes 50% (51,1 a 52,2%).

Tab. 2: Obsah tuku (g/100g korpusu) a složení mastných kyselin tuku jemného pečiva (% z celkových mastných kyselin)

Výrobek	Obsah tuku	SAFA	MUFA	PUFA	TRANS
České buchtíčky I	10,9	15,6	27,3	54,4	2,2
Koblihy I	24,4	49,0	37,9	12,2	0,8
Vánočka I	5,3	16,2	27,1	55,0	1,5
České buchtíčky II	11,4	15,4	27,4	56,4	1,7
Koblihy II	21,5	35,9	32,5	8,7	22,8
Vánočka II	5,3	14,4	35,5	48,8	0,9
Loupák plněný	24,0	39,9	27,9	21,6	10,5
Velká buchta	9,4	8,9	62,1	28,6	0,1
Koblihy III	38,5	52,2	38,2	8,7	0,8
Loupák neplněný	19,4	43,3	26,5	20,3	9,8
Vánočka III	5,3	10,2	59,8	29,5	0,3
Meruňková kapsa	30,8	47,1	32,2	8,5	12,2
Koblihy IV	26,8	31,4	29,7	9,9	28,8
Loupák	30,6	40,6	34,7	14,0	10,7
Croissant	22,2	51,1	34,1	8,5	6,3
Linecké kolečko	28,3	29,5	32,5	16,0	21,7
Kapsičky višňové	30,0	38,7	30,7	21,3	9,2
Kapsičky kokosové	30,7	39,7	24,5	17,3	18,4

Tab. 3: Obsah tuku (%) a složení mastných kyselin tuku mražených vanilkových krémů a zmrzlin (% z celkových mastných kyselin)

Výrobek	Obsah tuku	SAFA	MUFA	PUFA	TRANS
Algida jahoda-vanilka-kakao	5,1	80,5	16,9	2,6	0,1
Nestlé Schöller kakao-vanilka-jahoda	8,2	90,3	7,9	1,8	0,4
Pohádka s příchutí vanilkovou	7,5	90,4	7,8	1,8	0,5
Family Frost	9,4	91,1	7,2	1,7	0,5
Vanilkový zmrazený krém	8,0	90,9	7,7	1,5	0,3
Nanuk vanilka	7,7	90,2	7,9	1,9	0,4
Stilla dolce Ice cream	6,1	92,3	6,5	1,2	0,8
Vanilková s příchutí vanilky	0,3	80,1	17,2	2,7	1,5
Prima Primissimo Vanilka	11,2	77,3	20,2	2,5	4,2
Tesco vanilková zmrzlina	2,8	89,4	9,1	1,5	0,9

Výsledky stanovení obsahu tuku a složení mastných kyselin tuku mražených vanilkových krémů a zmrzlin jsou v tabulce č. 3. Obsah tuku byl u těchto výrobků poměrně nízký (0,3–11,2%), ale složení mastných kyselin velice nepříznivé. Obsah SAFA byl v mezích 77,3–92,3%, s vysokým podílem aterogenních mastných kyselin myristové a palmitové. Obsah trans mastných kyselin byl do 5%. Složení mastných kyselin svědčí o používání kokosového tuku, který je z hlediska výživového nevhodný.

ZÁVĚR

I když celkový trend v příjmu trans izomerů mastných kyselin je příznivý, existují skupiny potravinářských výrobků s jejich poměrně vysokým obsahem, jejichž spotřeba bohužel roste.

LITERATURA

- 1) Aro, A., Trans-fatty Acids Health Effects, in: Encyclopedia of Food Science and Nutrition, Caballero B. ed., Oxford, UK, Academic Press, 2003, 2324-2330
- 2) Dostálová J., Pokorný J.: Význam n-6 a n-3 nenasycených mastných kyselin ve výživě, Zborník prednášok z XLI. medzinárodnej konferencie z technológie a analytiky tukov, Bratislava, SK, Palma - Tumys a.s., 2003, 43-46
- 3) Ratnayake W.M.N., Hollywood R., O'Grady E., Beare-Rogers J.L.: Determination of cis and trans-Octadecenoic Acids in Margarines by Gas Liquid Chromatography-Infrared Spectrophotometry. J. Amer. Oil Chem. Soc. (1990), 67, 804-810

Doc. Ing. Jana Dostálová, CSc.
Ústav chemie a analýzy potravin VŠCHT
Technická 5,
160 00 Praha 6

TRANS MASTNÉ KYSELINY JAKO RIZIKOVÝ FAKTOR KARDIOVASKULÁRNÍCH ONEMOCNĚNÍ

PAVEL DLOUHÝ^{1,2}, JOLANA RAMBOUSKOVÁ¹, DANA KUBISOVÁ¹, MICHAL ANDĚL^{1,3}

¹ Oddělení výživy CPL 3. LF UK, Praha, ² Subkatedra hygieny výživy IPVZ, Praha,

³ II. interní klinika FNKV a 3. LF UK, Praha

Trans izomery mastných kyselin (TFA) jsou podezřívány, že náleží k rizikovým faktorům ischemické choroby srdeční. Mann např. upozorňuje na nápadnou shodu mezi nárůstem spotřeby ztužených tuků a epidemií ischemické choroby srdeční v průběhu minulého století (Mann, 1994). Již před třiceti lety upozornil Thomas (1975) na možnou souvislost mezi obsahem TFA v tukové tkáni a výskytem úmrtí na kardiovaskulární onemocnění ve Walesu. Další epidemiologické studie případů a kontrol, v nichž byl porovnáván přívod TFA u pacientů s ischemickou chorobou srdeční a u osob bez této diagnózy, nepřinesly zcela jednoznačné výsledky – viz tabulka 1.

V neprospěch TFA mluví výsledky prospektivní epidemiologické studie (Nurses' Health Study), které publikovali Willet a spol. (1993). V ní byla sledována incidence ICHS u 85 095 amerických žen v průběhu 8 let. Přívod TFA byl kvantifikován pomocí dotazníků, u žen s nejvyšším příjmem TFA bylo relativní riziko (RR) kardiovaskulárních onemocnění 1,5 (95% konfidenční interval 1,12–2,00) oproti skupině s nejnižším příjmem. Další výsledky publikovali Hu a spol. (1997). V průběhu 14 let v souboru 80 082 žen zaznamenali 939 případů kardiovaskulárních onemocnění, vyšší příjem TFA před-

stavoval RR 1,27 (95% CI 1,03–1,56). Autoři zároveň odhadují, že 2 % zvýšení energetického přívodu z TFA (ve srovnání s ekvivalentním příjmem energie ze sacharidů) představuje relativní riziko kardiovaskulárního onemocnění 1,93 (95 % CI 1,43 – 2,61), resp. že nahrazení 2 % energie z TFA stejným energetickým příjmem z nenasycených nehydrogenovaných tuků může snížit riziko až o 53 %.

V jiné studii bylo u 43 757 mužů bez ischemické choroby srdeční a diabetu v průběhu 6 let dokumentováno 734 případů infarktu myokardu, včetně 229 fatálních onemocnění (Ascherio, 1997). U mužů s vyšším příjmem TFA (medián 4,3 g /den) v porovnání s nízkým příjmem (1,5 g /den) činilo RR infarktu myokardu 1,21 (95 % CI 0,93 – 1,58). Autoři dále usuzují, že 2 % energie z TFA představují relativní riziko 1,36 (95 % CI 1,03–1,81), resp. po adjustaci na příjem vlákniny a tuku 1,13 (95 % CI 0,81–1,58).

Celá řada autorů studovala změny sérových lipoproteinů u lidí po podání experimentálních diet s různě velkým obsahem TFA. Ukázalo se, že TFA (resp. trans C 18:1) zvyšují hladinu celkového a LDL-cholesterolu v porovnání s kyselinou olejovou nebo linolovou (Mensink a Katan, 1990; Zock a Katan, 1992; Nestel et al., 1992; Wood et

Tab. 1: Epidemiologické studie případů a kontrol

Studie	Soubory	Stanovení TFA	Výsledek
Thomas et al., 1983	136 britských mužů zemědělců na ICHS. 95 mužů zemědělců z jiné příčiny	tuková tkáň	U případů vyšší množství t-16:1, nesignif. rozdíly t-18:1
Thomas et al., 1987	59 britských mužů s EKG prokázanou ICHS a 61 mužů bez průkazu ICHS	tuková tkáň	nesignifikanční rozdíly v obsahu t-16:1, t-18:1 a t-18:2
Thomas a Winter, 1987	27 britských mužů zemědělců na ICHS a 27 zemědělců z jiných příčin	tuková tkáň	u případů vyšší množství t-16:1, nesignif. rozdíly t-18:1
Siguel a Lerman, 1993	35 mužů a 12 žen s angiograf. prokázanou koronární lezí; 29 mužů a 27 žen kontroly	plasmatické lipidy	u případů vyšší t-16:1, t-18:2. Pozit. korelace s TG, TC, LDL-C, negat. s HDL-C.
Ascherio et al., 1994	239 mužů a žen s IM, 282 osob kontrolní skupina	příjem určen dotazníkem	souvislost mezi příjmem TFA a IM
Aro et al., 1995	671 osob s akutním IM a 717 osob bez IM	tuková tkáň	neprokázána souvislost mezi t-18:1 a IM
Baylín et al., 2003	482 osob s IM, 482 kontrol	tuková tkáň	souvislost mezi obsahem t-18:2 a t-16:1 a IM; mezi t-18:1 a IM nikoliv
Dlouhý et al., 2003	34 osob s angiograficky prokázanou koronární lezí, 46 kontrol bez známek ICHS	tuková tkáň	u případů vyšší t-18:1, nesignif. celkové TFA
Clifton et al., 2004	biopsie tukové tkáně u 79 případů IM, 167 kontrol	tuková tkáň	t-18:1 zvyšuje riziko IM

al., 1993; Lichtenstein et al., 1993; Nestel et al., 1994; Judd et al., 1994). TFA ovšem také snižují hladiny HDL-cholesterolu, a to v porovnání s kyselinou olejovou, linolovou i saturevanými mastnými kyselinami (Mensink a Katan, 1990; Zock a Katan, 1992; Judd et al., 1994; Sundram et al., 1997; Aro et al., 1997; de Roos et al., 2001). 1% zvýšení přívodu TFA na úkor kyseliny olejové vede ke zvýšení hladiny LDL-cholesterolu o cca 0,040 mmol/l a snížení HDL-cholesterolu o 0,013 mmol/l (British Nutrition Foundation, 1995). V porovnání se saturevanými mastnými kyselinami mají TFA podobný vliv na koncentraci LDL-cholesterolu, ale opačný na hladinu HDL-cholesterolu (saturevané jej zvyšují, TFA snižují), takže zhoršují aterogenní index. Nahrazují-li v dietě sacharidy, na rozdíl od jiných skupin mastných kyselin hladinu HDL-cholesterolu nezvyšují; zároveň ani nesnižují hladinu triacylglycerolů (Mensink et al., 2003). V metaanalýze 60 studií Mensink et al. (2003) dokumentují výrazně nepříznivý vliv TFA na poměr celkového a HDL cholesterolu. Zatímco při nahrazení příjmu energie ze sacharidů izoenergetickým množstvím cis-MUFA nebo cis-PUFA dochází ke snížení poměru celkový/HDL cholesterol, TFA tento poměr zvyšují, a to výrazněji než SFA. Autoři uvádějí, že na poměr celkový/HDL - cholesterol má izoenergetické nahrazení 1 % energie z TFA sacharidy stejný efekt jako nahrazení 7,3 % energie ze saturevaných mastných kyselin. Podobně starší metaanalýza 20 studií, zabývajících se daným problémem, ukazuje, že nahrazení másla (měkkými) margaríny s nízkým obsahem TFA příznivě ovlivňuje profil krevních lipoproteinů a může tak snižovat riziko kardiovaskulárních onemocnění, zatímco (tvrdé) margaríny s vysokým obsahem TFA pravděpodobně z tohoto pohledu nepřinášejí výhody v porovnání s máslem (Zock, Katan, 1997). Z toho pak vyplývají i praktické důsledky pro kvalifikovanou edukaci obyvatelstva v dané oblasti.

Experimentální dieta s vysokým obsahem TFA kromě snížení hladin HDL-cholesterolu rovněž vedla ke zhoršení endoteliálních funkcí ve srovnání s dietou bohatou na saturevané mastné kyseliny (de Roos et al., 2001; de Roos et al., 2003).

TFA pravděpodobně také nepříznivě ovlivňují hladinu lipoproteinu Lp(a), jehož vyšší koncentrace je považována za rizikový faktor aterosklerózy (Nestel et al., 1992; Mensink et al., 1992; Sundram et al., 1997; Aro et al., 1997).

Na druhou stranu je třeba zmínit, že metabolickým studiím, které prokazují nepříznivý vliv TFA na lipoproteinový profil, bývá někdy vytýkáno poměrně vysoké procento TFA v experimentální dietě. V souladu s těmito názory vyznívají výsledky epidemiologické studie TRANSAIR, v rámci níž byl u 327 mužů a 299 žen z 8 evropských států určen běžný příjem TFA dietou a nebyly prokázány souvislosti mezi celkovým příjmem TFA a lipoproteinovým profilem (Van de Vijver et al., 2000).

Podpořeno výzkumným záměrem 3. LF UK „Prevalence, diagnostika a terapie iničiálních stadií diabetes mellitus, metabolických, endokrinních, nutričních a toxických postižení organismu“ (MSMT 1112200001)

LITERATURA:

1. Mann GV: Metabolic consequences of dietary trans fatty acids. *Lancet* 1994; 343: 1268-1271.
2. Thomas L.H.: Mortality from atherosclerosis disease and consumption of hydrogenated oils. *Br. J. Prev. Soc. Med.* 1975; 29: 82 - 90.
3. Thomas LH, Winter JA, Scott RG: Concentration of 18:1 and 16:1 trans unsaturated fatty acids in the adipose body tissue of decedents dying of ischaemic heart disease compared with controls: analysis by gas liquid chromatography. *J. Epid. Comm. Health* 1983; 37: 16-21.
4. Thomas LH, Olpin SO, Scott RG, Wilkins MP: Coronary heart disease and the composition of adipose tissue taken at biopsy. *Hum. Nutr. Food. Sci. Nutr.* 1987; 41: 167-172.
5. Thomas LH, Winter JA: Ischaemic heart disease and consumption of hydrogenated marine oils. *Hum. Nutr. Food. Sci. Nutr.* 1987; 41: 153-165.
6. Ascherio A, Hennekens CH, Buring JE, Master C, Stampfer MJ, Willett WC: Trans fatty acids intake and risk of myocardial infarction. *Circulation* 1994; 89: 94-101.
7. Siguel E.N., Lerman R.H.: TFA patterns in patients with angiographically documented coronary artery disease. *Am. J. Cardiol.* 1993; 71: 916-920.
8. Aro A, Kardinall AF, Siminen I et al.: Adipose tissue isomeric trans fatty acids and risk of myocardial infarction in nine countries: the EURAMIC study. *Lancet* 1995; 345: 273-278.
9. Baylin A, Kabagambe EK, Ascherio A, Spiegelman D, Campos H: High 18:2 Trans-Fatty Acids in Adipose Tissue Are Associated with Increased Risk of Nonfatal Acute Myocardial Infarction in Costa Rican Adults. *J. Nutr.* 2003; 133: 1186-1191.
10. Dlouhý P, Tvrzická E, Staňková B, Vecka M, Žák A, Straka Z, Fanta J, Páchl J, Kubisová D, Rambousková J, Bílková D, Anděl M: Higher Content of 18:1 Trans Fatty Acids in Subcutaneous Fat of Person with Coronarographically Documented Atherosclerosis of the Coronary Arteries. *Ann. Nutr. Metab.* 2003; 47: 302-305.
11. Clifton PM, Keogh JB, Noakes M: Trans Fatty Acids in Adipose Tissue and the Food Supply Are Associated with Myocardial Infarction. *J. Nutr.* 2004; 134: 874-879.
12. Willett WC, Stampfer MJ, Manson JE et al.: Intake of trans fatty acids and risk of coronary heart disease among women. *Lancet* 1993; 341: 581-585.
13. Hu FB, Stampfer MJ, Manson JE, Rimm E, Colditz GA, Rosner BA, Hennekens CH, Willett WC: Dietary Fat Intake and the Risk of Coronary Heart Disease in Women. *New Engl. J. Med.* 1997; 337: 1491-1499.
14. Ascherio A, Rimm EB, Giovannucci EL, Spiegelman D, Stampfer M, Willett WC: Dietary fat and risk of coronary heart disease in men: cohort follow up study in the United States. *BMJ* 1996; 313: 84-90.
15. Mensink RP, Katan MB: Effect of dietary trans fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects. *N. Engl. J. Med.* 1990; 323: 439-445.
16. Zock PL, Katan MB: Hydrogenation alternatives - effects of trans fatty acids and stearic acids versus linoleic acid on serum lipids and lipoproteins in humans. *J. Lip. Research* 1992; 33: 399-410.
17. Nestel PJ, Noakes M, Belling B et al.: Plasma lipoprotein lipid and Lp(a) changes with substitution of elaidic acid for oleic acid in the diet. *J. Lip. Research* 1992; 33: 1029-1036.
18. Lichtenstein AH, Ausman LM, Carrasco W, Jenner JL, Ordovas JM, Schaefer EJ: Hydrogenation impairs the

- hypolipidemic effect of corn oil in humans. *Arterioscler. Tromb.* 1993; 13: 154-161.
19. Wood R, Kubena K, O'Brien B, Tseng S, Martin G: Effect of butter, mono- and polysaturated fatty acid enriched butter, trans fatty acid margarine and zero trans fatty acid margarine on serum lipid and lipoproteins in healthy men. *J. Lipid Res.* 1993; 34: 1-11.
20. Judd JT, Clavidence BA, Muesing RA, Wittes J, Sunkin ME, Podczasy JJ: Dietary trans fatty acids: effect on plasma lipids and lipoprotein of healthy men and women. *Am. J. Clin. Nutr.* 1994; 59: 861-868.
21. Nestel P, Clifton P, Noakes M: Effects of increasing dietary palmitoleic acid compared with palmitic and oleic acids on plasma lipids of hypercholesterolemic men. *J. Lip. Research* 1994; 35: 656-662.
22. Sundram K, Ismail A, Hayes KC, Jeyamalar R, Pathmanathan R: Trans (elaidic) fatty acids adversely affect the lipoprotein profile relative to specific saturated fatty acids in human. *J. Nutr.* 1997; 127: 514S-520S.
23. Aro A, Jauhiainen M, Partanen R, Salminen I, Mutanen M: Stearic acid, trans fatty acids and dairy fat: effects on serum and lipoprotein lipids, apolipoproteins, lipoprotein (a) and lipid transfer proteins in healthy subjects. *Am. J. Clin. Nutr.* 1997; 65: 1419-1426.
24. de Roos NM, Bots ML, Katan MB: Replacement of dietary saturated fatty acids by trans fatty acids lowers serum HDL cholesterol and impairs endothelial function in healthy men and women. *Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.* 2001; 21: 1233-1237.
25. British Nutrition Foundation: Trans Fatty Acids - The Report of the British Nutrition Foundation Task Force. London, 1995: 56
26. Kris-Etherton PM, Allison DB, Denke MA et al.: Trans fatty acids and coronary heart disease risk. Report of the expert panel on trans fatty acids and coronary heart disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 1995; 62: 655S-708S.
27. Mensink RP, Zock PL, Kester AD, Katan MB: Effects of dietary fatty acids and carbohydrates on the ratio of serum total to HDL cholesterol and on serum lipids and apolipoproteins: a meta-analysis of 60 controlled trials. *Am. J. Clin. Nutr.* 2003; 77: 1146-1155.
28. Zock PL, Katan MB: Butter, margarine and serum lipoproteins. *Atherosclerosis* 1997; 131: 7-16.
29. de Roos NM, Schouten EG, Katan MB: Trans fatty acids, HDL-cholesterol and cardiovascular disease. Effects of dietary changes on vascular reactivity. *Eur. J. Med. Res.* 2003; 8: 355-357.
30. Mensink RP, Zock PL, Katan MB, Hornstra G: Effect of dietary cis and trans fatty acids on serum lipoprotein (a) levels in humans. *J. Lip. Research* 1992; 33: 1493-1501.
31. Van de Vijver LP, Kardinaal AF, Couet C, Aro A, Kafatos A, Steingrimsdottir L, Amorim Cruz JA, Moreiras O, Becker W, Van Amelsvoort JM, Vidal-Jessel S, Salminen I, Moschandreas J, Sigfusson N, Martins I, Carbajal A, Ytterfors A, Poppel G: Association between trans fatty acid intake and cardiovascular risk factors in Europe: the TRANSFAIR study. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2000; 54: 126-135.

*MUDr. Pavel Dlouhý
Odd. výživy CPL 3. LF UK
Ruská 87, 100 00 Praha 10*