

## Narażenie na organiczne związki chemiczne powstające w trakcie obróbki termicznej olejów jadalnych

### Exposure to organic compounds during heat treatment of cooking oils

Marzena Zaciera <sup>(a, b, c, e, f)</sup>, Jolanta Kurek <sup>(a, c, d)</sup>, Lidia Dzwonek <sup>(c, d)</sup>

Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego, Zakład Szkodliwości Chemicznych

<sup>(a)</sup> koncepcja

<sup>(b)</sup> opracowanie wniosku statutowego

<sup>(c)</sup> zebranie materiału do badań

<sup>(d)</sup> badania laboratoryjne

<sup>(e)</sup> statystyka

<sup>(f)</sup> opracowanie tekstu i piśmiennictwa

---

#### Streszczenie

Dymy pochodzące z obróbki termicznej olejów jadalnych wykazują właściwości genotoksyczne w testach krótkoterminowych. Ponadto w badaniach epidemiologicznych przeprowadzonych na kobietach w Chinach i na Tajwanie odnotowano wyższą zachorowalność na nowotwory płuc. Kobiety te nie paliły papierosów lub paliły ich niewiele, natomiast dużo czasu spędzały w kuchni przygotowując posiłki. W dymach powstających w wyniku obróbki termicznej olejów jadalnych podczas smażenia zidentyfikowano wiele związków organicznych w tym również związków z grupy WWA.

**Słowa kluczowe:** oleje jadalne, WWA, mutagenność

#### Abstract

Fumes from cooking oils were found to be genotoxic in several short-term tests. Epidemiological research among Taiwanese and Chinese women has shown high incidence of lung cancer. These women were not smoking or rarely smoking, but they cooked meals every day. A lot of organic compounds have been identified from cooking oils including PAH.

**Key words:** cooking oils, PAHs, mutagenicity

---

Nadesłano: 3.07.2012

Zatwierdzono do druku: 12.07.2012

## Wstęp

Badania naukowe dowodzą, że dymy powstające podczas termicznej obróbki (zwłaszcza podczas smażenia) olejów jadalnych wykazują właściwości genotoksyczne w testach krótkoterminowych, takich jak test wymiany chromatyd siostrzanych, test Ames, czy chromo test SOS. Potwierdzeniem właściwości rakotwórczych dymów z olejów jadalnych są również badania epidemiologiczne przeprowadzone na grupie kobiet w Chinach i na Tajwanie, u których odnotowano wyższą zachorowalność na nowotwory płuc. Kobiety te nie paliły papierosów lub paliły ich niewiele, a mimo to odnotowano u nich wyższą zachorowalność na nowotwory płuc [1]. Jednocześnie odnotowano fakt, że kobiety chińskie częściej chorowały na gruczolakoraka, aniżeli na raka płaskonabłonkowego, co dodatkowo świadczy o tym, że nie były to nowotwory związane z paleniem papierosów [1, 2]. Przypadki zachorowania na nowotwory płuc wśród kobiet zamieszkujących Chiny należą do najczęstszych na świecie: około 20 do 100.000 osób rocznie! [3]. Kobiety w Chinach, czy na Tajwanie dużo czasu spędzają w kuchni przygotowując posiłki, najczęściej są to posiłki mięsne smażone w oleju w wysokiej temperaturze, przeważnie w naczyniach typu „wok”. Wysokie narażenie na szkodliwe dymy związane jest ze zwykle słabą wentylacją kuchni [2, 3]. Również ryzyko zachorowania na nowotwór płuc rośnie jeżeli posiłki są przygotowywane w kuchniach połączonych z sypialniami. Obliczono, że dla kobiet w Chinach przyrządzających posiłki w takich pomieszczeniach jest ono 80% większe niż dla kobiet przygotowujących posiłki w osobno wydzielonych kuchniach [3]. Badania epidemiologiczne pochodzące z analiz zachorowań kobiet na Tajwanie wykazują, że ryzyko zachorowania na nowotwór płuc rośnie wraz z ilością przygotowywanych posiłków dziennie. Na częstotliwość zachorowań ma również wpływ przebywanie kobiet w kuchni w czasie gdy olej jest rozgrzewany, zanim zaczną gotować [5].

Również bardzo ważnym aspektem wpływającym na wielkość ryzyka zachorowania jest stosowanie w kuchniach wyciągów mechanicznych. Badania epidemiologiczne kobiet Tajwańskich stwierdzają ponad sześciokrotnie większe ryzyko zachorowania dla kobiet przebywających w kuchniach bez wyciągu, aniżeli dla kobiet przyrządzających posiłki w kuchniach wyposażonych w wyciąg [6].

Na podstawie badań powietrza przeprowadzanych w kuchniach w gospodarstwach domowych jak również w restauracjach stwierdzono, że powietrze to wykazuje właściwości mutagenne w testach Salmonella TA98 i TA100 [2]. Najczęściej stosowane oleje w kuchniach w Chinach to: olej rzepakowy,

olej sojowy, olej z orzechów arachidowych oraz smalec [2, 3].

W Polsce na rynku dostępne są oleje otrzymane z różnych roślin. Do najpopularniejszych należą: olej rzepakowy, olej słonecznikowy, olej sojowy, oliwa z oliwek.

Najczęściej wykorzystywany jest olej rzepakowy, którego udział w rynku wynosi 80%. Na pozostałe wymienione oleje przypada niespełna 10% rynku.

## Właściwości mutagenne i rakotwórcze dymów powstających podczas obróbki termicznej olejów jadalnych

Jak wspomniano wcześniej badania dowodzą, że dymy powstające podczas obróbki termicznej olejów jadalnych wykazują właściwości genotoksyczne i mutagenne w testach aktywności mutagennej [1, 2, 4, 12–14]. W dymach powstających podczas smażenia olejów jadalnych w wysokich temperaturach identyfikowane są związki o działaniu rakotwórczym lub prawdopodobnie rakotwórczym. Badania wykazują, że w głównej mierze za właściwości mutagenne dymów powstających podczas smażenia w olejach jadalnych odpowiedzialne są związki z grupy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, są to [1, 2, 4, 11]:

- benzo(a)piren,
- dibenzo(a,h)antracen,
- benzo(a)antracen,
- bezno(b)fluoranten.

W dymach z olejów jadalnych identyfikowane są również inne kancerogeny, takie jak [2]:

- acetaldehyd,
- formaldehyd,
- naftalen.

Spośród badanych olejów jadalnych takich jak: olej sezamowy, olej słonecznikowy, olej z kiełków pszenicy, olej lniany, olej sojowy, olej z oliwy z pierwszego tłoczenia oraz rafinowany olej z oliwy, jedynie olej z oliwy z pierwszego tłoczenia nie wykazywał właściwości genotoksycznych [14].

## Związki chemiczne identyfikowane podczas termicznej obróbki olejów jadalnych

Badania dotyczące identyfikacji związków chemicznych emitowanych podczas smażenia w olejach jadalnych prowadzone były dla różnych rodzajów olejów jadalnych i były uzależnione od temperatury, do której ogrzewany był olej, czasu trwania obróbki termicznej i ilości używanego oleju. Badania przeprowadzono zarówno w warunkach laboratoryjnych jak i podczas smażenia w kuchniach domowych oraz w restauracjach. Temperatura oleju kształtowała się zazwyczaj w zakresie 260–280° C [3, 11].

I tak na przykład podczas smażenia warzyw na oleju sojowym zidentyfikowano około 99 związków organicznych. W fazie gazowej najczęściej zidentyfikowano związki z grupy [8,13]:

- n-alkanów,
- rozgałęzione alkany,
- n-alkeny,
- rozgałęzione alkeny,
- alkiny,
- węglowodory aromatyczne,
- aldehydy alifatyczne,
- związki dwukarbonyłowe,
- ketony,
- związki karbonyłowe nienasycone,
- kwasy n-alkanowe,
- furany,
- aminy aromatyczne.

Natomiast w fazie stałej identyfikowane były [8]:

- n-alkany,
- węglowodory aromatyczne,
- ketony,
- związki karbonyłowe nienasycone,
- kwasy n-alkanowe,
- kwasy n-alkenowe,
- furany.

W fazie gazowej w kuchniach restauracyjnych zidentyfikowano takie związki jak [2–4]: acetaldehyd, formaldehyd, naftalen, 1,3 butadien, benzen.

Przegląd dostępnej literatury [1–4, 8, 9, 11] pozwolił na wyszczególnienie związków najczęściej zidentyfikowanych podczas termicznej obróbki różnego rodzaju olejów jadalnych – wykaz ten zamieszczono w tabeli I.

**Tabela I.** Zestawienie związków chemicznych najczęściej zidentyfikowanych w dymach powstających podczas spalania olejów jadalnych [1–8, 9, 11]

**Table I.** Main organic compounds identified in fumes from cooking oils [1–8, 9, 11]

1-buten	n-oktanal	2-naftyloamina	1-decen
n-oktan	4-aminobifenyl	1-hepten	n-pentanal
naftalen	1-heksen	n-pentan	fenantren
1-nonen	n-nonanal	antracen	1-octan
n-nonan	fluoranten	1-octen	propanol
piren	1-penten-3-ol	akroleina	benzo[a]piren
1-pentanol	benzen	benzo[a]antracen	1-penten
m-ksylen	chryzen	2-heksenal	o-ksylen
benzo[b]fluoranten	n-butanal	p-ksylen	dibenzo[a,h]antracen
n-butan	1,3-butadien	1-nitronaftalen	n-butanol
toluen	2-nitrofluoranten	n-heptanal	formaldehyd
3-nitrofluoranten	n-heptan	acetaldehyd	1-nitropiren
n-heksanal	aldehyd krotonowy	1,3-dinitropiren	n-heksan

W tabeli II zestawiono wykaz związków chemicznych zidentyfikowanych w różnego rodzaju olejach jadalnych poddanych wysokotemperaturowej obróbce termicznej. Podano również ich zawartość, przy czym stężenia badanych związków w nieznanym stopniu uzależnione były od rodzaju spalanego oleju [2, 11].

W doświadczeniu polegającym na ogrzewaniu oleju szafranowego do temperatury 250° C najwyższe stężenia odnotowano dla bezno(a)pirenu, tj.: 22,751,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Stężenia pozostałych związków były około dziesięciokrotnie niższe. Istotna różnica w stężeniach benzo(a)pirenu występuje podczas zastosowania wyciągu mechanicznego, gdzie w przypadku stosowania wyciągu stężenia benzo(a)pirenu mogą zmaleć nawet o 75% [1].

W niektórych badaniach wykazywane są zależności pomiędzy stężeniem badanych związków a rodzajem stosowanego oleju, np.: stężenia 1,3-butadienu i benzenu były odpowiednio 22 razy i 12 razy wyższe w ogrzewanym oleju rzepakowym niż w oleju z orzechów arachidowych [3].

Komisja Wspólnot Europejskich zaleca (Dokument 2005/108/WE z 4 lutego 2005 r.), badanie metod produkcji i przetwarzania olejów jadalnych i tłuszczów ze względu na możliwość wystąpienia wysokich poziomów wielopierścieniowych węglodorów aromatycznych. Zaleca się badanie zawartości rakotwórczych WWA, a w razie konieczności optymalizację technologii produkcji olejów lub poszukanie technologii alternatywnych [7].

**Tabela II.** Stężenia niektórych związków chemicznych w dymach powstających podczas spalania olejów jadalnych wraz z uwzględnieniem rodzaju ogrzewanego oleju w którym wymienione związki zostały zidentyfikowane [1–4, 8–10]

**Table II.** Concentrations of some chemical compounds in fumes generated during burning of cooking oils including type of heated up oil in which following compounds have been identified. [1–4, 8–10]

Lp.	Nazwa zidentyfikowanego związku	Rodzaj ogrzewanego oleju	Stężenie $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1	benzo[a]piren	olej szafranowy olej roślinny olej kukurydziany olej sojowy olej arachidowy	18,3–22,7
2	benzo[a]antracen	olej szafranowy olej roślinny olej kukurydziany smalec olej sojowy olej arachidowy	1,3–2,5
3	benzo[b]fluoranten	olej szafranowy olej roślinny olej kukurydziany	$1,8 \pm 0,3$
4	dibenzo[a,h]antracen	olej szafranowy olej roślinny, olej kukurydziany smalec olej sojowy olej arachidowy	1,8–2,8
5	1-nitropiren	smalec olej sojowy olej arachidowy	0,9 2,9 0,4
6	1,3-dinitropiren	smalec olej sojowy olej arachidowy	0,9 2,9 0,4
7	2-naftyloamina	olej słonecznikowy olej roślinny smalec	31,5 31,9 48,3
8	4-aminobifenyl	olej słonecznikowy olej roślinny smalec	35,7 26,4 23,3

## Wnioski

Badania epidemiologiczne dotyczące zapadalności na choroby nowotworowe kobiet w Chinach i na Tajwanie, wykazują jednoznacznie, że ryzyko powstania nowotworów płuc rośnie w przypadku narażenia na zanieczyszczenia powietrza wewnątrz pomieszczeń powstające w wyniku termicznej obróbki olejów jadalnych. Wskazano, że szczególnie niebezpieczne jest przyrządzanie potraw w naczyniach typu „wok”, w których olej podgrzewany jest do wysokich temperatur. Ryzyko to jest uzależnione

od częstotliwości przyrządzania potraw, sposobu wentylacji kuchni, zainstalowanych mechanicznych wyciągów powietrza oraz przede wszystkim od temperatury oleju.

W oparciu o literaturę przedmiotu można stwierdzić, że dymy powstające w trakcie termicznej obróbki olejów jadalnych wykazują właściwości mutagenne i genotoksyczne oraz powodują podwyższenie ryzyka zachorowania na nowotwory płuc.

Za toksyczność dymów powstających podczas smażenia mogą być odpowiedzialne zidentyfikowa-

ne w nich substancje o działaniu rakotwórczym i prawdopodobnie rakotwórczym, głównie z grupy węglowodorów aromatycznych: benzen, benzo(a)piren, dibenzo[a,h]antracen, benzo[a]antracen.

Szkodliwe substancje chemiczne emitowane w czasie ogrzewania olejów jadalnych w wysokich temperaturach mogą stanowić poważne zagrożenie dla zdrowia ludzi zatrudnionych przy przygotowywaniu potraw w różnego typu kuchniach.

Problem może być istotny ze względu na fakt, że roczna światowa podaż olejów roślinnych stale rośnie i w sezonie 2011/2012 przewidywana jest na około 157,8 mln ton i jest o około 4% większa niż w poprzednim sezonie. W UE najczęściej spożywa się oleju rzepakowego, słonecznikowego, sojowego oraz oliwy z oliwek. W Polsce w 2010 r. spożycie olejów wynosiło 20,4 kg/osobę rocznie [15].

W celu zminimalizowania narażenia na substancje chemiczne powstające w czasie smażenia olejów jadalnych, procesy smażenia i gotowania powinny być prowadzone pod wyciągami i w dobrze wentylowanych pomieszczeniach kuchennych.

---

*Źródło finansowania publikacji: dotacja statutowa IMPiZŚ*

## Wykaz piśmiennictwa

1. Tai-An Chiang, Pei-Fen Wu, Ying-Chin Ko: Identification of carcinogens in cooking oil fumes. *Environmental Research* 1999; 81/1: 18-22.
2. Tai-An Chiang, Pei-Fen Wu, Li-Fang Wang, Huei Lee, Chien-Hung Lee, Ying-Chin Ko: Mutagenicity and polycyclic aromatic hydrocarbon content of fumes from heated cooking oils produced in Taiwan. *Mutation Research* 1997; 381/2: 157-161.
3. Zhong,-L; Goldberg,-M-S; Parent,-M-E; Hanley,-J-A: Risk of developing lung cancer in relation to exposure to fumes from Chinese-style cooking. *Scand-J-Work-Environ-Health* 1999; 25(4): 309-16.
4. Wu,-P-F; Chiang,-T-A; Ko,-Y-C; Lee,-H: Genotoxicity of fumes from heated cooking oils produced in Taiwan. *Environ-Res* 1999; 80: 122-126.
5. Ko,-Y-C; Cheng,-L-S; Lee,-C-H; Huang,-J-J; Huang,-M-S; Kao,-E-L;> Wang,-H-Z; Lin,-H-J: Chinese food cooking and lung cancer in women nonsmokers. *Am-J-Epidemiol* 2000; 151(2): 140-147.
6. Ko,-Y-C; Lee,-C-H; Chen,-M-J; Huang,-C-C; Chang,-W-Y; Lin,-H-J;> Wang,-H-Z; Chang,-P-Y: Risk factors for primary lung cancer among non-smoking women in Taiwan. *Int-J-Epidemiol* 1997; 26(1): 24-31.
7. Zalecenie Komisji z dnia 4 lutego 2005r. w sprawie dalszego badania poziomów wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych w niektórych środkach spożywczych; 2005/108/WE; Komisja Wspólnot Europejskich; Dziennik Urzędowy L034, 08/02/2005 P.0043-0045.
8. Schauer,-J-J; Kleeman,-M-J; Cass,-G-R; Simoneit,-B-R: Measurement of emissions from air pollution sources. 4. C1-C27 organic compounds from cooking with seed oils. *Environ-Sci-Technol* 2002; 36(4): 567-75.

9. Selected Nitro- and Nitro-oxy-polycyclic Aromatic Hydrocarbons; Environmental Health Criteria 229, WHO, Geneva 2003.
10. Wu,-P-F; Chiang,-T-A; Wang,-L-F; Chang,-C-S; Ko,-Y-C: Nitro-polycyclic aromatic hydrocarbon contents of fumes from heated cooking oils and prevention of mutagenicity by catechin. *Mutat-Res* 1998; 403(1-2): 29-34.
11. Purcaro,-G; Navas,-J-A; Guardiola,-F; Conte,-L-S; Moret,-S: Polycyclic aromatic hydrocarbons in frying oils and snacks. *J-Food-Prot* 2006; 69(1): 199-204.
12. Dung,-C-H; Wu,-S-C; Yen,-G-C: Genotoxicity and oxidative stress of the mutagenic compounds formed in fumes of heated soybean oil, sunflower oil and lard. *Toxicol-In-Vitro* 2006; 20(4): 439-47.
13. Chiang,-T-A; Pei-Fen,-W; Ying,-L-S; Wang,-L-F; Ko,-Y-C: Mutagenicity and aromatic amine content of fumes from heated cooking oils produced in Taiwan. *Food-Chem-Toxicol* 1999; 37(2-3): 125-34.
14. Rojas-Molina,-M; Campos-Sanchez,-J; Analla,-M; Munoz-Serrano,-A; Alonso-Moraga,-A: Genotoxicity of vegetable cooking oils in the *Drosophila* wing spot test. *Environ-Mol-Mutagen.* 2005; 45(1): 90-5.
15. [www.ekonomia24.pl](http://www.ekonomia24.pl)

*Adres do korespondencji:  
dr Marzena Zaciera  
Zakład Szkodliwości Chemicznych  
Instytut Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego  
ul. Kościelna 13; 41-200 Sosnowiec;  
tel.: (32) 63 41 298, (32) 266 08 85 wew. 298  
fax (032) 266 11 24*