

JAN CZOGAŁA, WŁADYSŁAW WARDAS

ZAWARTOŚĆ FENOLI LOTNYCH Z PARĄ WODNĄ W GŁÓWNYM STRUMIENIU DYMU WYBRANYCH GATUNKÓW PAPIEROSÓW

CONTENT OF VOLATILE IN STEAM PHENOLS IN THE MAIN STREAM OF CIGARETTE SMOKE FROM SELECTED BRANDS OF CIGARETTES

Katedra i Zakład Chemii Ogólnej i Analitycznej Śląskiej Akademii Medycznej,
41-200 Sosnowiec, ul. Jagiellońska 4

Kierownik: prof. dr hab. n. techn. *W. Wardas*

Stwierdzono uzależnione od gatunku papierosów, duże zróżnicowanie zawartości fenoli lotnych z parą wodną w głównym strumieniu dymu papierosowego, ich współwystępowanie w dymie tego samego gatunku papierosów w podobnych proporcjach oraz znaczną toksyczność dawek badanych fenoli pobieranych przez palaczy po wypaleniu 20 papierosów w ciągu doby.

Dym papierosowy zawiera ponad 200 lotnych i średniolotnych fenoli będących produktami pirolizy i innych przemian, głównie zawartych w tytoniu węglowodanów [8, 17, 19]. Ponadto, do dymu papierosowego przedostaje się bezpośrednio wiele polifenoli będących składnikami tytoniu. Całkowitą zawartość fenoli w dymie jednego papierosa szacuje się na około 600 µg [6].

Wśród tych związków odrębną grupę stanowią fenole lotne z parą wodną, tj. fenol i izomeryczne krezole, które w kategoriach toksykologicznych charakteryzują się działaniem drażniącym. Zawartość fenolu w głównym strumieniu dymu (GSD) papierosowego waha się od 0,1 do 321 g/papieros [10, 13, 14, 21], zawartość o-krezolu wynosi 0,2-26 [10, 13, 14, 21], p- i m-krezolu, odpowiednio 0,2-8 oraz 0,2-3,92, natomiast łączna zawartość dwóch ostatnich izomerów, według innych autorów [13, 14, 21] może wynosić od 10 do 82 µg/papieros.

Drugą ważną grupą związków fenolowych znajdujących się w dymie papierosowym są pochodne dihydroksylowe, przede wszystkim pirokatechol oraz jego izomery i homologi. *Nanni* i wsp. [10] podają, że zawartość dihydroksypochodnych benzenu w GSD w zależności od gatunku papierosów waha się w granicach od 0,42 do 58 µg/papieros, natomiast według innych autorów może być znacznie wyższa i zmienia się od 21 do 520 µg/papieros [13, 14, 21]. Pirokatechol oraz niektóre jego homologi i pochodne zalicza się do związków kancerogennych. Zawierająca głównie fenole, tzw. słabokwaśna frakcja dymu papierosowego okazała się inicjatorem nowotworu skóry myszy [5, 22].

Poprzednio stwierdziliśmy, że zawartość fenoli lotnych z parą wodną w dymie papierosowym w dużym stopniu była zależna od warunków palenia [8]. Ponadto, w odróżnieniu od zawartości pirokatecholu, jego izomerów oraz pochodnych, zawartość

fenoli lotnych z parą wodną w dymie papierosowym zależy również od klasy tytoniu [15], a w przypadku papierosów z filtrami (celulozowo-acetatomymi lub z innych materiałów hydrofilowych) może być mniejsza nawet o 90%, w porównaniu z ich zawartością w GSD papierosów bez filtra [22]. Oznacza to uzależnienie zawartości tych związków w dymie papierosowym od gatunku papierosów.

Celem pracy było określenie zawartości fenoli lotnych z parą wodną w GSD wybranych, polskich i importowanych gatunków papierosów, dostępnych na krajowym rynku oraz ocena toksyczności pobieranych przez palaczy dawek badanych fenoli z zastosowaniem kryteriów środowiskowych.

MATERIAŁY I METODYKA

Badano następujące dostępne w Polsce, wyprodukowane w 1994 r.

- papierosy polskie: Carmen, Caro, Klubowe, Popularne, Mars, Ekstra Mocne oraz
- produkowane na licencji: Marlboro, Camel i
- papierosy importowane: Rothmans.

Badane papierosy były kondycjonowane przez 48 godz. w atmosferze o wilgotności względnej 54%.

Oznaczenia zawartości fenoli prowadzono w 3 próbkach GSD wytwarzanych każdorazowo z 10 papierosów, spalanych w symulatorze palenia własnej konstrukcji [9], absorbowanych w trzech połączonych szeregowo, wypełnionych 10 cm³ metanolu płuczkach *Zajcewa*, do których były dołączone jeszcze dwie puste płuczki zabezpieczające. Stosowano standardowe warunki palenia: czas zaciągania 2 s, szybkość zaciągania 17,5 cm³/s i czas przerw między zaciągnięciami dymu 60 s. Pozostawiono niedopałki (część papierosa powyżej filtra) o długości 8 mm [10, 13].

Zawartość płuczek z zaadsorbowanym dymem papierosowym przenoszono ilościowo do kolby destylacyjnej o objętości 100 cm³, dodawano 10 cm³ 1M roztworu H₂SO₄, 10 cm³ H₂O i przeprowadzono destylację z parą wodną do uzyskania 60 cm³ destylatu [44]. Uzyskany destylat zakwaszono do pH 2, dodawano 15 g stałego NaCl, po czym zawarte w nim fenole ekstrahowano dwoma porcjami po 3 cm³ octanu etylu.

Fenole zawarte w uzyskanych ekstraktach rozdzielano metodą ciśnieniowej chromatografii cienkowarstwowej – OPTLC (w urządzeniu Cobrabid KB-5120-1) – na płytkach z poliamidem (DC-Alufolien Polyamid 11F254, Merck, aktywacja w ciągu 30 min, w temp. 105°C), za pomocą układu rozwijającego chloroform-metanol (99:1, v/v). Chromatogramy rozwijano dwukrotnie (po raz drugi po wysuszeniu chromatogramu po pierwszym rozwinięciu) oraz wywoływano je 1% acetonowym roztworem diazofluoroboranu sodu i powstające pochodne eluowano etanolem. Następnie, mierzono absorbancję eluatów przy długościach fali (λ_{maks}), wynoszących dla fenolokrezolu oraz mieszaniny p- i m-krezolu, kolejno 385, 395 i 390 nm. Przy opracowaniu stosowanej metody wzorowano się na opisanych wcześniej rozdziałach TLC fenoli oznaczanych w materiale biologicznym [7, 8, 9].

W doświadczeniach kontrolnych zbadano (pod względem ilościowym) operacje absorpcji, destylacji i ekstrakcji, stosowane jako elementy omawianej procedury analitycznej. W doświadczeniach dotyczących procesu absorpcji badanych fenoli, w symulatorze palenia umieszczono podgrzewaną palnikiem gazowym (z częstotliwością odpowiadającą zaciąganiu powietrza i rozżarzaniu papierosa podczas jego symulowanego palenia) rurkę szklaną z naważką fenolu. Stwierdzono, że proces absorpcji par fenolu w opisanych warunkach zachodzi praktycznie ze 100% wydajnością oraz że nie towarzyszy mu ich desorpcja (przy napowietrzaniu roztworów w płuczkach w tych samych warunkach, jak przy absorpcji dymu papierosowego). Wydajność destylacji i ekstrakcji (określona również w doświadczeniach kontrolnych z fenolem (wynosiła, odpowiednio 95±1,6* oraz 81,1±3,6%*.

Stosując roztwory wzorcowe badanych fenoli i ich mieszaniny ustalono wartości R_f , wykrywalność, oznaczalność, współczynniki kalibracji i precyzję oznaczeń fenolu, o-krezolu i (nierozdzielającej się mieszaniny) p- i m-krezolu. Zawartość poszczególnych fenoli w GSD obliczano ze wzoru:

$$Z_i = \frac{(A_i - A_{i0}) \times V_e}{a_i \times W_d \times W_e \times V_n \times n}$$

Z_i – zawartość w GSD oznaczanego fenolu $\mu\text{g}/\text{papier}$

A_i, A_{i0} – absorbancja eluatów poszczególnych oznaczanych fenoli oraz tła (odpowiedniej próbki nośnika chromatograficznego)

V_e, V_n – końcowa objętość ekstraktu (6000 μl) oraz objętość ekstraktu nanoszonego na płytki chromatograficzne (600 μl)

a_i – współczynnik kalibracji μg^{-1} dla fenolu (0,0214) o-krezolu (0,0432) oraz mieszaniny p- i m-krezolu (0,0430)

W_d, W_e – wydajności destylacji i ekstrakcji, wyznaczone doświadczalnie dla fenolu (odpowiednio 0,95 i 0,81)

n – liczba papierosów wypalanych dla uzyskania analizowanej próbki GSD (10 sztuk)

i – indeks odpowiadający oznaczanemu fenolowi

Wartości A_i, A_{i0} oraz a_i stanowiły średnie z 3 oznaczeń.

W obliczeniach nie uwzględniano wynoszących prawdopodobnie, odpowiednio 100% i 0% wydajności omawianych procesów absorpcji i desorpcji. W obliczeniach zawartości krezoli posługiwano się wartościami W_d i W_e wyznaczonymi doświadczalnie dla fenolu.

WYNIKI

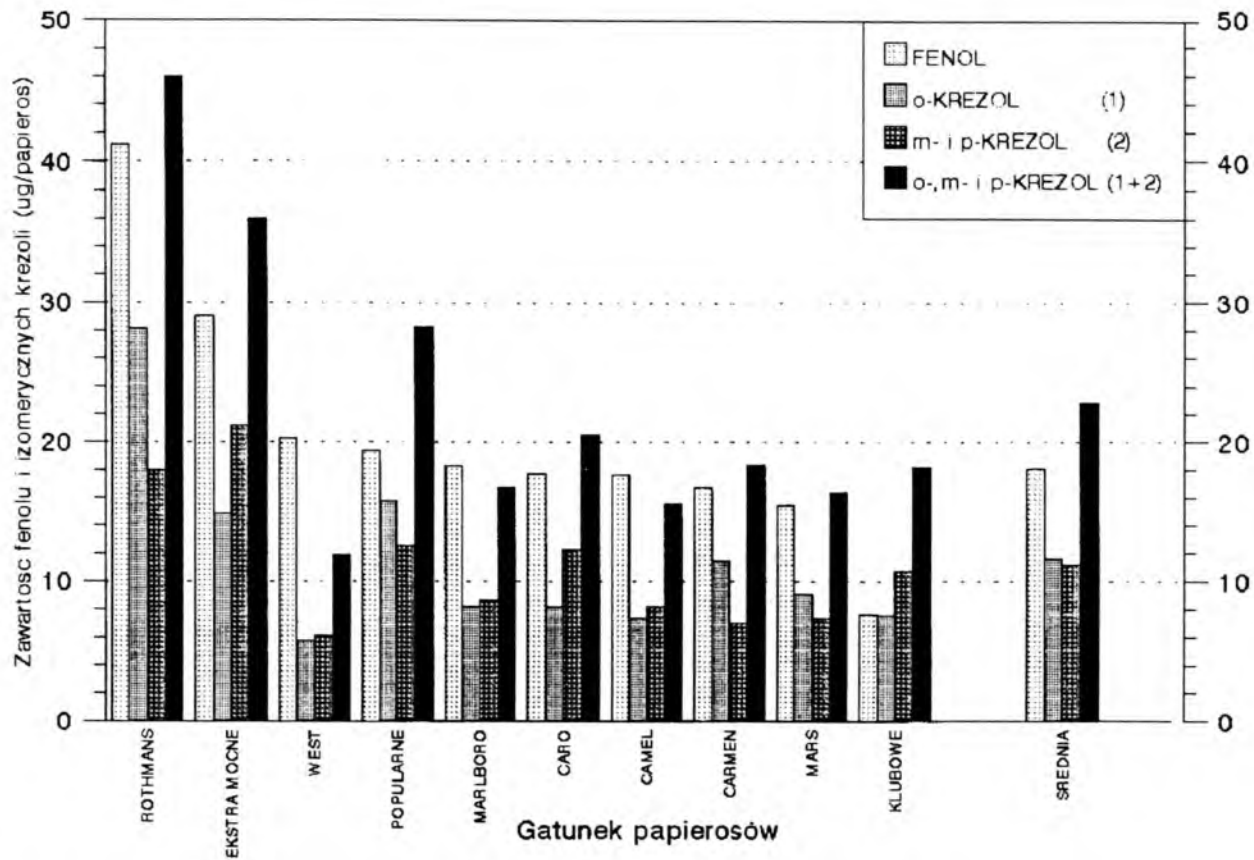
Wyniki przedstawione na rys. 1 oraz w tabeli I wskazują, że w większości przypadków miało miejsce statystycznie znaczne zróżnicowanie zawartości oznaczanych fenoli lotnych z parą wodną w GSD badanych gatunków papierosów. Zamieszczona w tabeli II analiza korelacyjna wykazuje ponadto, istnienie określonych współzależności pomiędzy wynikami, dotyczącymi fenolu, rozdzielających się chromatograficznie krezoli (o-krezolu oraz p- i m-krezoli) oraz sumarycznej zawartości w GSD badanych papierosów wszystkich izomerycznych krezoli.

Na rys. 2 i 3 przedstawiono toksykologiczną ocenę wyników pracy w kategoriach środowiskowych (w odniesieniu do normowanych średniodobowych i średniorocznych stężeń fenolu oraz krezoli w powietrzu atmosferycznym). W tym celu obliczono dawki badanych fenoli zawartych w GSD 20 papierosów określonego gatunku (zawartość danego fenolu w $\mu\text{g}/\text{papieros}$ – Z_i , pomnożona przez 20) i porównano je najwyższymi dopuszczalnymi, dobowymi dawkami (NDD) w warunkach narażenia środowiskowego na fenol i krezole. W ten sposób obliczono tzw. SPD, czyli stopień przekroczenia NDD po wypaleniu przez palacza 20 papierosów danego gatunku

$$\text{SPD}_{ij} = Z_i \times 20/\text{NDD}_j$$

Indeks i – oznacza gatunek papierosów, natomiast j charakteryzuje NDD jako średnią dawkę dobową, którą obliczono w postaci NDD_d lub NDD_r . Dawki te (w μg obliczano mnożąc dopuszczalne stężenia fenolu lub dopuszczalne sumaryczne stężenie wszystkich izomerycznych krezoli w powietrzu atmosferycznym, czyli DS_j ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) przez

* odchylenie standardowe.



Ryc. 1. Zawartość fenolu i izomerycznych krezoli w GSD badanych gatunków papierosów.
Content of phenol and isomeric cresols in MS of examined brands of cigarettes.

Tabela I. Znamienność statystyczna różnic średniej zawartości poszczególnych fenoli w badanych gatunkach papierosów
 Statistical significance of differences in the average content of respective phenols in examined brands of cigarettes

	Ekstra Mocne	West	Popularne	Marlboro	Caro	Camel	Carmen	Mars	Klubowe
Rothmans	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Ekstra Mocne		+++	+2+	+++	+++	+++	+++	+++	+++
West			1++	+++	+++	++3	+++	+++	+++
Popularne				1++	+++	++3	+++	+++	+++
Marlboro					12+	1,2,3	+++	+++	+2+
Caro						1,2+	1++	+++	+2+
Camel							1++	+++	+2+
Carmen								++3	+++
Mars									+++

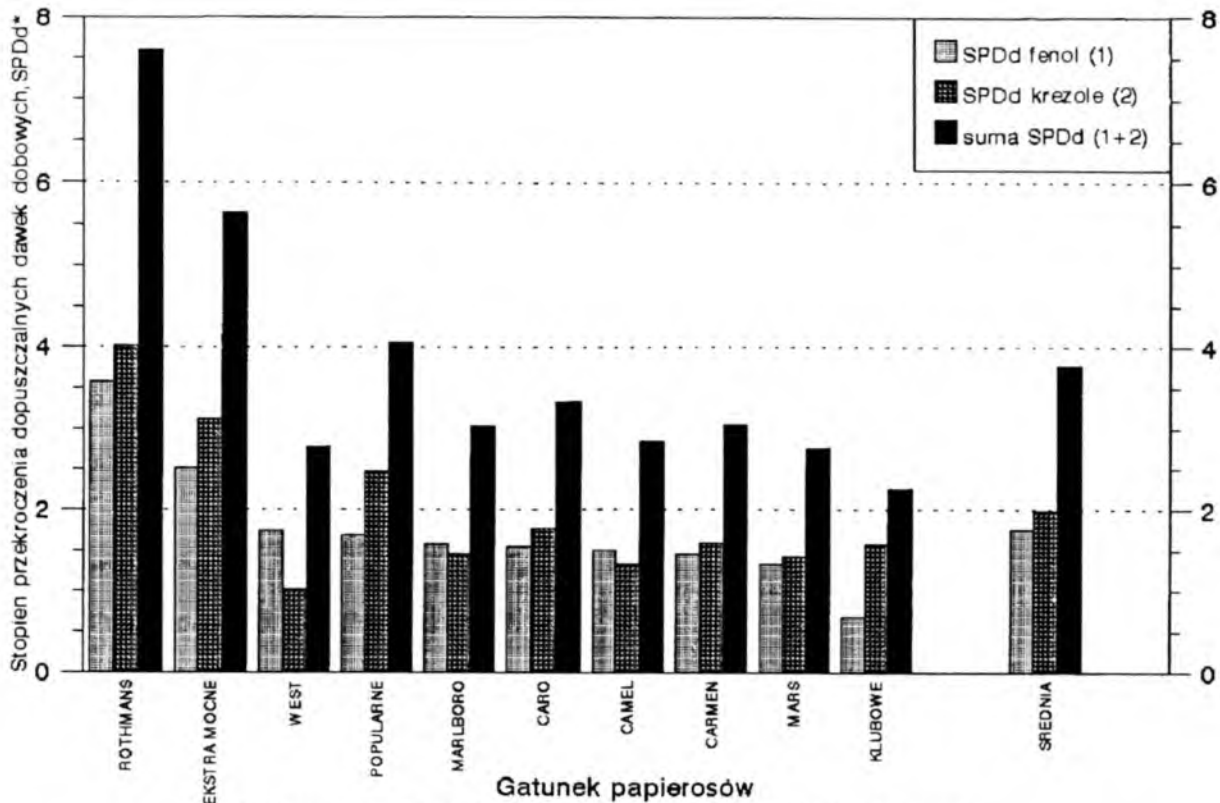
Objaśnienia:

+ oznacza występowanie statystycznie znamiennych różnic pomiędzy badanymi gatunkami papierosów w kolejności: fenol, o-krezol oraz p- i m-krezole

1, 2, 3 oznacza brak statystycznie znamiennych różnic między badanymi gatunkami ppaierosów odpowiednio dla fenolu, o-krezolu oraz p- i m-krezoli

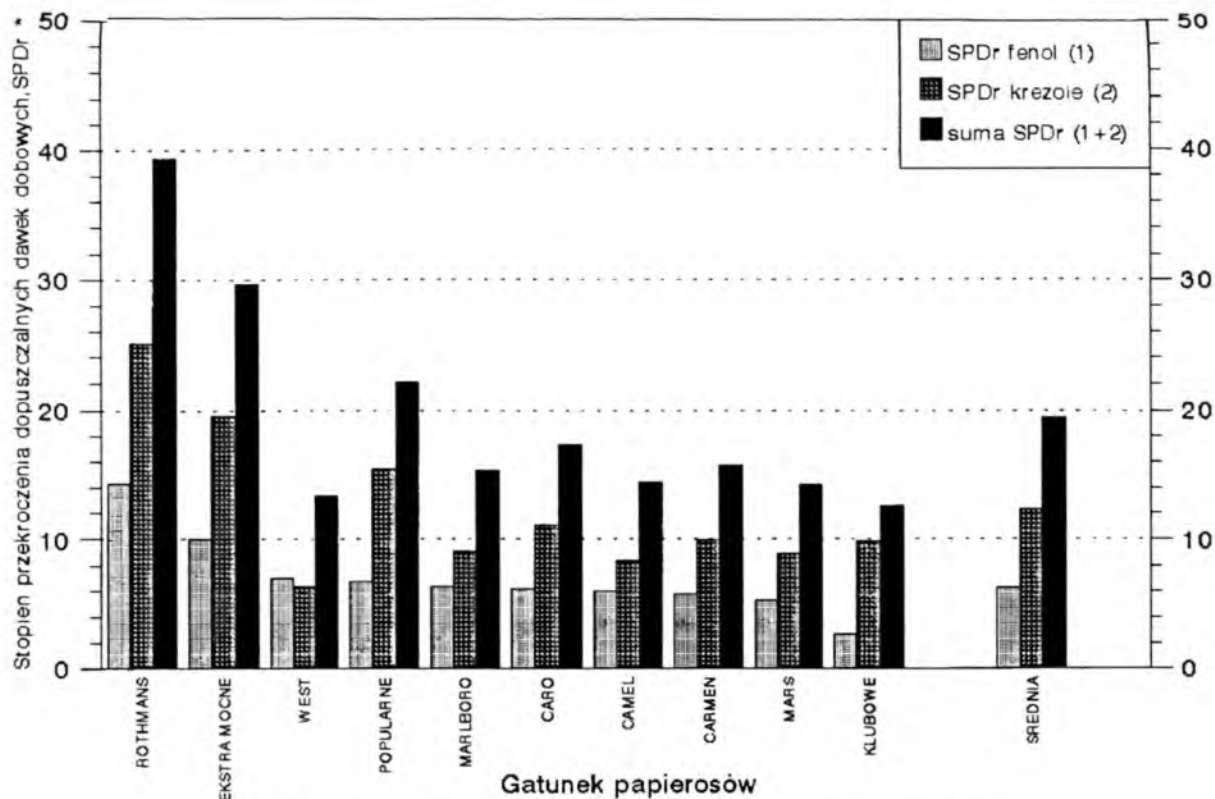
+ means the presence of statistically significant differences between the examined sorts of cigarettes in the order: phenol, o-cresol and p- and m-cresols

1, 2, 3 means the absence of statistically significant differences between the examined sorts of cigarettes for phenol, o-cresol, and p- and m-cresols, respectively



*obliczonych na podstawie dopuszczalnych stężeń średniodobowych

Ryc. 2. Stopień przekroczenia dopuszczalnych dawek dobowych (SPD_d) fenolu i izomerycznych krezoli po wypaleniu w ciągu doby 20 papierosów w odniesieniu do średniodobowych dopuszczalnych stężeń.
The degree by which permissible daily doses (PDD_d) of phenol and isomeric cresols were exceeded after smoking 20 cigarettes a day, in relation to average permissible concentrations per a day.



*obliczonych na podstawie dopuszczalnych stężeń średniorocznych

Ryc. 3. Stopień przekroczenia dopuszczalnych dawek dobowych (SPDr) fenolu i izomerycznych krezoli po wypaleniu w ciągu doby 20 papierosów w odniesieniu do średniorocznych dopuszczalnych stężeń.
The degree by which permissible daily doses (PDD_r) of phenols and isomeric cresols were exceeded after smoking 20 cigarettes a day, in relation to average permissible concentrations per a year.

Tabela II. Współczynniki korelacji pomiędzy średnimi zawartościami fenolu, o-krezolu, mieszaniny p- i m- krezoli oraz łącznej zawartości krezoli
Correlation coefficient between average contents of phenol, o-cresol, mixture of p- and m-cresol and the total content of cresols

Badany związek	o-krezol	p- i m-krezol	krezole łącznie
fenol	0,856	0,693	0,861
o-krezol		0,706	0,952
p- i m-krezol			0,887

średnią wartość dobowej wentylacji płuc dorosłego człowieka (23 m^3). DS_d , a konkretnie DS_d (dopuszczalne stężenie średniodobowe), zarówno dla fenolu, jak i dla krezoli wynosi $10 \mu\text{g}/\text{cm}^3$, natomiast DS_r (dopuszczalne stężenie średnioroczne) wynosi odpowiednio 2,5 oraz $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [23]. Odpowiadające omawianym kryteriom wartości N_{DDd} i NDD_r wynoszą dla fenolu 230 i $57,5 \mu\text{g}$, a dla krezoli 230 i $36,8 \mu\text{g}$.

Na rys. 2 i 3, które pozwalają na porównanie SPD obliczonego w odniesieniu do poszczególnych oznaczanych fenoli, uwzględniono również stopień przekroczenia omawianych dawek w postaci sumy jego wartości uzyskanych dla fenolu, o-krezolu oraz łącznie p- i m-krezoli.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Największe różnice oznaczanej w GSD (rys. 1, tabela I) zawartości fenolu występują pomiędzy papierosami Rothmans ($41,25 \pm 1,15$) i Klubowe ($7,66 \pm 0,93$), o-krezolu pomiędzy papierosami Rothmans ($28,16 \pm 0,95$) i West ($5,72 \pm 0,53$), a p- i m-krezoli pomiędzy papierosami Ekstra Mocne ($21,12 \pm 0,5$) i Mars ($7,31 \pm 0,45 \mu\text{g}/\text{papieros}$). Średnia zawartość – obliczona dla wszystkich badanych gatunków papierosów – jest największa w przypadku fenolu ($20,31 \pm 9,61$) i maleje dla o-krezolu ($11,56 \pm 6,7$) oraz dla mieszaniny p- i m-krezolu ($11,18 \pm 4,98 \mu\text{g}/\text{papieros}$). Średnia sumaryczna zawartość wszystkich izomerycznych krezoli wynosiła $22,79 \mu\text{g}/\text{papieros}$.

Uzyskane wyniki, dotyczące zarówno importowanych papierosów Rothmans, jak i badanych gatunków polskich papierosów, mieszczą się w granicach podawanych w innych pracach [10, 13, 14, 15, 21]. Równocześnie wykazano, co widoczne jest w tabeli II, współzależność omawianych wyników we wszystkich relacjach pomiędzy zawartością w GSD poszczególnych gatunków papierosów, m.in. fenolu i o-krezolu, fenolu oraz p- i m-krezoli, jak również fenolu i wszystkich trzech krezoli. Podane (tabela II) współczynniki korelacji świadczą o tym, że oznaczane fenole współwystępują w GSD badanych gatunków papierosów w podobnych proporcjach ilościowych.

Wartości SPD przedstawione na ryc. 2 i 3 pozwalają na ocenę w kategoriach środowiskowych, toksyczności dla palaczy, pobieranych przez nich w wyniku wypalenia 20 papierosów danego gatunku w ciągu doby, dawek oznaczanych w GSD fenoli. Stwierdzono uprzednio, że palenie papierosów może być głównym źródłem środowiskowego narażenia ludzi na fenole lotne z parą wodną. Dawka (tych samych co oznaczane obecnie) fenoli, zawarta w GSD z 20 papierosów Ekstra Mocne, zależnie od warunków utrzymywanych podczas symulowanego palenia przekraczała NDD (NDD_d) z powietrza atmosferycznego (obliczona w odniesieniu do normatywnego

stężenia fenolu $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) w granicach od 8,8 do 16,1 razy [23]. Przekroczenie N_{DDd} (po wypaleniu w ciągu doby 20 papierosów danego gatunku z wyjątkiem Klubowych), w stosowanych standardowych warunkach, w przypadku fenolu, mieściło się w granicach od $1,34 \pm 0,06$ do $3,58 \pm 0,10$ razy. Wartość średnia SPD_d – dla wszystkich gatunków – wynosiła $1,76 \pm 0,74$. Przekroczenie NDD_d w przypadku krezoli (z pominięciem papierosów West) wynosiło od $1,34 \pm 0,11$ do $4,01 \pm 0,17$ (średnio $1,98 \pm 0,89$) razy. Suma wartości SPD_d fenolu i krezoli (traktowana jako sumaryczny indeks toksyczności [7, 16], czyli przekroczenie dopuszczalnej dawki fenoli lotnych z parą wodną, zmienia się od $2,26 \pm 0,23$ (Klubowe) do $7,59 \pm 0,27$ (Rothmans); średnio jest równe $3,74 \pm 1,57$. SPD_r (obliczony w odniesieniu do średniorocznych stężeń fenolu i krezoli) był w każdym przypadku, odpowiednio większy od SPD_d . Wartość SPD_r dla fenolu wynosiła od $2,72 \pm 0,33$ (Klubowe) do $14,33 \pm 0,40$ (Rothmans). Wartość średnia SPD_r w przypadku fenolu wynosiła $7,05 \pm 2,83$. Dla krezoli wartości te mieściły się w granicach od $6,37 \pm 0,56$ (West) do $25,06 \pm 1,96$ (Rothmans); wartość średnia wynosiła $12,37 \pm 5,58$. Suma wartości SPD_r fenolu i krezoli wynosiła od $12,59 \pm 1,16$ (Klubowe) do $39,98 \pm 1,46$ (Rothmans); wartość średnia wynosiła $19,45 \pm 8,25$.

Charakterystyczna dla oceny toksyczności różnych związków a więc, i dla badanych fenoli, suma wartości SPD fenolu i krezoli, pobieranych (w określonych warunkach) podczas palenia papierosów poszczególnych gatunków, w przypadku SPD_d i SPD_r , sięga, odpowiednio około 750 i 4000%.

WNIOSKI

1. Oprócz warunków palenia papierosów (dotyczących czasu i szybkości zaciągania oraz długości przerw między zaciągnięciami dymu) duży wpływ na zawartość w GSD fenoli lotnych z parą wodną ma gatunek papierosów.

2. Stwierdzono, że oznaczane fenole współwystępują w GSD badanych gatunków papierosów w podobnych proporcjach ilościowych.

3. Ocena dawek pobieranych (w określonych warunkach, w ciągu doby z GSD) przez palaczy, obejmująca różne gatunki papierosów, wskazuje na istotny udział badanych fenoli w toksyczności dymu papierosowego.

4. Mimo szacunkowego charakteru omawianej oceny, wskazuje ona, że wypalenie 20 papierosów w ciągu doby, dostarcza organizmowi palacza, nieporównywalnie większej dawki toksycznych fenoli, od tej która jest pobierana przez ludzi z zanieczyszczonego ponad normę powietrza atmosferycznego.

J. Czogała, W. Wardas

CONTENT OF VOLATILE IN STEAM PHENOLS IN THE MAIN STREAM OF CIGARETTE SMOKE FROM SELECTED BRANDS OF CIGARETTES

Summary

Phenols constitute an important toxic component of the main stream (MS) of cigarette smoke. The content of volatile fraction of that group of compounds in MS depends on the tobacco type and conditions in which cigarettes are smoked, as well as on the filters applied.

The purpose of the research was to determine the content of volatile in steam phenols in the MS of selected brands of cigarettes produced in Poland, as well as imported ones, and the assessment of the toxicity of doses of the phenols that smokers were exposed to.

Cigarettes conditioned in constant humidity were smoked in standard conditions in the simulator of smoking, designed by the authors, while MS was absorbed in *Zaitcev* washers, filled with methanol. The absorbed phenols were distilled in steam and extracted with ethyl acetate. Then the phenols were separated by the method of overpressure thin-layer chromatography on DC Alufolien Polyamid 11F₂₅₄ Merck chromatoplates, in the developing system chloroform-methanol 99:1 v/v, were induced with sodium diazofluoroborate, and after elution the separated phenol, and o-cresol were determined, as well as the non-separated mixture of p- and m-cresols, by the spectrophotometric method.

The determined contents of phenols in MS were assessed regarding their toxicity applying the criteria of environmental exposure.

When calculating the results, the efficiencies of the applied in the analytical procedures processes of absorption, distillation and extraction of the investigated phenols previously determined experimentally, were taken into consideration.

The content of determined compounds in the brands of the cigarettes examined was in the case of phenols, changing within the range from $41,25 \pm 1,15$ to $7,60 \pm 0,93$ (the average of $20,31 \pm 9,61$ μg per cigarette); in the case of o-cresol it was within the range from $28,16 \pm 0,95$ to $5,72 \pm 0,53$ (the average of $11,56 \pm 6,7$), while for the non-separated p- and m-cresols the range was from $21,12 \pm 0,5$ to $7,31 \pm 0,45$ (the average amounted to $11,48 \pm 4,98$ μg per cigarette).

The conclusions of the study were

- the brands of cigarettes significantly influences the content of the phenols examined in the cigarette smoke
- the phenols determined coexist in the MS of examined cigarettes in similar proportions
- the doses of phenols inhaled by a smoker during a day with the MS of examined brands of cigarettes participate essentially in the toxicity of the cigarette smoke and
- smoking 20 cigarettes a day causes the smoker's organism to be exposed to incomparably larger doses of phenols than those from unpolluted atmospheric air.

PIŚMIENNICTWO

1. *Arrendale R.F., Severson R.F., Chortyk O.T.*: Application of capillary gas chromatography to the analyses of acidic constituents of tobacco leaf and smoke. *Beitr. Tabakforsch.*, 1984, 12, 186.
2. *Bieniek G., Bocheńska T., Pieroń G., Skorek R.*: Ocena przydatności metod spektrofotometrycznych z 4-aminoantypiryną i z 2,6- dibromochinonochloroimidem do oznaczania fenolu w moczu. *Chem. Anal.*, 1987, 32, 1019.
3. *Bieniek G., Małysa J., Bocheńska T., Sochacka J.*: Poziom fenolu, 1-naftolu, o-, p- i m-krezolu i 2,5-ksylenu w moczu pracowników zakładu koksochemicznego w warunkach równoczesnej ekspozycji. *Ann. Acad. Med. Siles.*, 1989, 18.
4. *Bieniek G., Wilczok T.*: Separation and determination of phenol, 1-naphthol, m- and p-o-cresols and 2,5-xylenol and catechol in the urine after mixed exposure to phenol, naphthalene, cresols and xylenols. *Br. J. Ind. Med.*, 1986, 43, 570.
5. *Bock F.G., Swain A.P., Stedman R.L.*: Compositions studies on tobacco. XLIV Tumor Promoting activity of subfractions of the weak acid-fraction of cigarette smoke condensate. *J. Natl. Cancer. Inst.*, 1971, 47, 429.
6. *Gori G.B., Bock F.G.*: A safe cigarette (Banbury Report 3) Could Spring Harber N.Y. Could Spring Harbor Laboratory, 1980, 191.
7. *Czogała J., Dutkiewicz T.*: Próba oceny narażenia na pierwiastki toksyczne u palaczy papierosów. Cz. II. Retencja pierwiastków z dymu papierosowego w układzie oddechowym palacza i ocena dawek zatrzymywanych metali. *Bromat. Chem. Toksykol.*, 1992, 25, 52.

8. Czogała J., Wardas W.: Narażenie palaczy na fenole w dymie papierosowym w zależności od warunków palenia. Rocz. PZH, 1993, 44, 253.
9. Czogała J., Wardas W., Nawrocka A.: Benzo(a)piren w dymie wybranych gatunków papierosów. Ann. Acad. Med. Siles., 1991, 22, 7.
10. Nanni E.J., Lovette M.E., Hicks R.D., Fowler K.W., Borgerding M.F.: Separation and quantitation of phenolic compounds in mainstream cigarette smoke by capillary gas chromatography with spectrometry in the selected-ion mode. J. Chromatogr., 1990, 505, 365.
11. Nevell M.P., Heckman R.A., Moates R.F., Green C.R., Best F.W., Schumacher J.N.: Isolation and identification of new compounds in other soluble portion of cigarette smoke condensat. Tob. Sci., 1978, 22, 6.
12. Opińska-Blauth J., Kraczkowski H., Brzuskiewicz H.: Zarys chromatografii cienkowsarstwowej. PWRiL, Warszawa 1971.
13. Philips G.F., Waller R.F.: Yields of tar and other smoke components from UK cigarettes. Food Chem. Toxicol., 1991, 29, 469.
14. Risner C.H., Cash S.L.: A high performance liquid chromatographic determination of major phenolic compounds in tobacco smoke. J. Chromatogr. Sci., 1990, 28, 239.
15. Rathkamp G.T., Hoffman D.: Chemical studies on tobacco smoke. XX Smoke analysis of cigarettes made from bright tobaccos differing in variety and stalk position. Beitr. Tabackforsch., 1993, 7, 179.
16. Rolecki M., Dutkiewicz T.: Narażenie człowieka na chemiczne czynniki środowiska. W: Środowisko i Zdrowie pod red. Karski J.B., Pawlak J. Centrum Organizacji i Ekonomiki Ochrony Zdrowia, Warszawa 1995, 210.
17. Schumacher J.N., Green O.R., Best F.W., Newel M.P.: Smoke composition. An extensive investigation of the water soluble portion of cigarette smoke. J. Agric. Food Chem., 1977, 25, 310.
18. Smith G.A.L., King D.A.: An improvement in the colorimetric determination of total steam-volatile phenols present in cigarette smoke condensate. Analyst., 1965, 90, 55.
19. Snook M.E., Fortson P.J., Chortyk O.T.: Application of gel chromatography to characterize more completely the phenols of cigarette smoke. Tob. Sci., 1980, 24, 30.
20. Spears A.W.: Quantitative determination of phenol in cigarette smoke. Anal. Chem., 1963, 35, 320.
21. WHO International Agency For Research on Cancer, IARC Monographs. The Carcinogenic Risk of Chemical to Humans. Tobacco Smoking 1985, 38, 104.
22. Wynder E.L., Hofman D.: Experimental tobacco carcinogenesis. Science 1968, 162, 867.
23. Wytyczne Obliczenia Stanu Zanieczyszczenia Powietrza. Ministerstwo Administracji Gospodarki Komunalnej i Ochrony Środowiska, Warszawa 1981, 83.

Otrzymano: 1997.10.20