

BENZEN W ŻYWNOSCI I ŚRODOWISKU CZŁOWIEKA**BENZENE IN FOOD AND HUMAN ENVIRONMENT***Małgorzata Jędra, Andrzej Starski*Zakład Badania Żywności i Przedmiotów Użytku
Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny, Warszawa**Słowa kluczowe:** *benzen, żywność, środowisko***Key words:** *benzene, food, environment***STRESZCZENIE**

Benzen jest uwalniany do środowiska głównie w wyniku działalności człowieka. Jest związkem o udowodnionym działaniu rakotwórczym. Przedstawiono informacje dotyczące obecności benzenu w środowisku i źródłach narażenia człowieka. Omówiono działanie toksyczne benzenu i jego metabolizm w organizmie ludzkim. Na podstawie wyników własnych, badań europejskich i amerykańskich oraz dokumentów Kodeksu Żywnościowego omówiono poziom zanieczyszczenia benzenem różnych środków spożywczych oraz poziom narażenia na benzen pobrany z żywnością. Szczególną uwagę zwrócono na powstawanie i występowanie benzenu w napojach bezalkoholowych konserwowanych kwasem benzoowym i jego solami oraz działania podjęte przez producentów w celu ograniczenia tworzenia się benzenu w napojach. Omówiono regulacje prawne dotyczące limitowania zawartości benzenu w wodzie i powietrzu.

ABSTRACT

Benzene is releasing to environment in cause of industry activities. This compound is known as carcinogenic. This article contains information about benzene occurrence in people environment and sources of people exposition on this compound. Toxicology and metabolism in human organism were discussed. Benzene contamination of various food was presented on the basis of our results and also other European and American investigations and Codex Alimentarius documents. Especially formation and occurrence of benzene in non-alcoholic beverages preserved by benzoates were considered. Article describes also action, which was taken up by non-alcoholic beverages industry to mitigate benzene formation in soft drinks. National regulations concerning maximum levels of benzene in drinking water and air were also presented.

WSTĘP

Obecność benzenu w środowisku jest wynikiem procesów naturalnych takich jak wybuchy wulkanów lub pożary, jednakże głównym źródłem jego emisji do atmosfery jest działalność człowieka polegająca na wydobywaniu i przetwarzaniu ropy naftowej i innych palnych surowców kopalnych. Benzen jest stosowany w przemyśle chemicznym przy produkcji m.in. barwników, detergentów i niektórych tworzyw sztucznych. Podczas wszystkich tych procesów również następuje jego emisja do atmosfery. Pary benzenu znajdujące się w powietrzu opadają wraz z deszczem i śniegiem. Zanieczyszczający glebę i wodę benzen, przy udziale bakterii, ulega rozkładowi poprzez formy przejściowe fenol i katechole do mleczanów i pirogronianów. Proces ten w warunkach tlenowych przebiega w czasie kilku

godzin natomiast w warunkach beztlenowych może trwać nawet miesiące. Benzen jest wszechobecny w środowisku. Nawet na obszarach oddalonych od ośrodków przemysłowych stwierdzono jego obecność w powietrzu w stężeniu $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a w pobliżu zakładów przemysłowych nawet $349 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Znaczne ilości benzenu może też zawierać woda deszczowa ($87,2 \mu\text{g}/\text{dm}^3$), a jego ślady stwierdzono również w wodach Atlantyku – $0,06 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{dm}^3$, Bałtyku $0,1 - 4,6 \cdot 10^{-3} \mu\text{g}/\text{dm}^3$ [22].

**METABOLIZM I DZIAŁANIE
TOKSYCZNE**

Benzen jest łatwo absorbowany przez organizm człowieka. Wnika drogą pokarmową, inhalacyjną i

Adres do korespondencji: Małgorzata Jędra, Zakład Badania Żywności i Przedmiotów Użytku, Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego-Państwowy Zakład Higieny, 00-791 Warszawa, ul. Chocimska 24, tel. 22 54 21 383, fax 22 54 21 392, e-mail: mjedra@pzh.gov.pl

przez skórę, a następnie rozprowadzany jest po wszystkich tkankach organizmu. Metabolizm ma miejsce przede wszystkim w wątrobie, a także w szpiku kostnym, gdzie przy udziale systemu oksydazy przekształcany jest głównie w fenol. Niewielkie ilości fenolu są metabolizowane do hydrochinonu i katecholu, a jeszcze mniejsze przekształcane w kwas fenylomerkaptoowy lub trans-mukonowy. Część (kilkanaście procent) wchłoniętej dawki znajduje się w wydychanym powietrzu. Z moczem wydalana jest niewielka ilość benzenu w postaci niezmienionej, a pozostała część w postaci koniugatów fenolowych.

Toksyczne działanie benzenu jest przypuszczalnie wynikiem współdziałania kilku metabolitów benzenu powstających zarówno w wątrobie jak i szpiku. Badania epidemiologiczne obejmujące pracowników narażonych na benzen wykazały, że powoduje on uszkodzenia szpiku i anemię lub trombocytopenię oraz działa rakotwórczo wywołując białaczkę. Działanie kancerogenne benzenu potwierdzono doświadczalnie na zwierzętach, u których benzen powodował powstawanie różnego typu nowotworów w wątrobie i innych narządach oraz leukemię. Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem (IARC) zaliczyła benzen do grupy 1 – o udowodnionym działaniu kancerogennym u ludzi. Po wniknięciu do organizmu, zarówno u ludzi jak i zwierząt, benzen i jego metabolity wywoływały strukturalne i liczbowe aberracje chromosomów. Ponadto benzen przenikając przez łożysko może być toksyczny dla płodów choć nie stwierdzono jego działania teratogenne [11, 22].

ŹRÓDŁA NARAŻENIA NA BENZEN

Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (EPA) na podstawie badań podała główne źródła narażenia człowieka na benzen. Potwierdzono wcześniejsze obserwacje o narażeniu pracowników rafinerii, przemysłu chemicznego wykorzystującego benzen jako rozpuszczalnik oraz zatrudnionych przy transporcie i dystrybucji paliw płynnych. Jednocześnie zwrócono uwagę na inne źródła, takie jak opary benzyny podczas tankowania i jazdy samochodem, spaliny samochodowe, a przede wszystkim palenie tytoniu. Również farby, kleje, wyroby z gumy czy flamastry mogą emitować opary benzenu w ilości od 0,01 do 140 $\mu\text{g/g}$ [21].

Na podstawie badań przeprowadzonych w USA, opartych na pomiarach stężenia benzenu w środowisku i ocenie jego akumulacji w łańcuchu pokarmowym, wykazano, że dominującą drogą narażenia człowieka na benzen było wdychanie zanieczyszczonego powietrza, co stanowiło ponad 99% dziennego pobrania tego związku. Spożycie zanieczyszczonej żywności miało mniejszy udział. Średnie dzienne pobranie benzenu oszacowano w badaniach długoterminowych trzema

niezależnymi metodami mierząc jego stężenie w powietrzu w miejscu przebywania, w powietrzu wydychanym oraz w tkance tłuszczowej. Uzyskano zbieżne wyniki wynoszące odpowiednio: 73, 63 i 72 $\mu\text{g}/\text{dzień}$ [10].

Podobne wnioski wysunięto na podstawie badań wykonanych w ramach monitoringu prowadzonego przez *Food and Drug Administration* (FDA). Zwiększone pobranie benzenu związane jest z działalnością człowieka. Dla przykładu paląc 1 papierosa wdycha się około 40 μg benzenu, opary paliwa podczas tankowania mogą spowodować ekspozycję ocenianą na 20 μg , prowadząc samochód można absorbować 20-30 $\mu\text{g}/\text{godz.}$, a oddychając powietrzem w mieście 25 $\mu\text{g}/\text{godz.}$ W porównaniu z tymi wartościami średnia dzienna dawka benzenu pobranego z żywnością jest znacznie mniejsza i może być oszacowana na 5 μg [2, 8].

Badania narażenia na benzen zostały wykonane również przez *Ballesta* i wsp. [1] w *Joint Research Center European Commission, Institute for Environment and Sustainability* w Ispra (Włochy) w ramach projektu PEOPLE (*Population Exposure to Air Pollutants in Europe*). Badaniami objęto w latach 2002 - 2004 następujące miasta: Brukselę, Lizbonę, Bukareszt, Lubljanę, Madryt i Dublin. Stwierdzono, że samochody były dominującym źródłem benzenu, a najbardziej narażoną grupą wśród uczestników ruchu ulicznego byli kierowcy. W społeczeństwie grupę o najwyższym narażeniu stanowili palacze papierosów. Najwyższy poziom benzenu, wynoszący do 27,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, wykazano w powietrzu wewnątrz barów i pojazdów samochodowych. Roczny poziom narażenia na benzen mieszkańców miast objętych badaniem został oszacowany na poziomie od 2,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w Dublinie do 12,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ w Bukareszcie [1]. *Clayton* i wsp. w opracowaniu *Conservation of Clean Air and Water in Europe* (CONCAWE) [2] podają źródła, poziom narażenia na benzen i oszacowanie dziennej absorbowanej dawki benzenu dla różnych grup ludności, z uwzględnieniem rodzajów ich aktywności i stylu życia.

REGULACJE PRAWNE

Wynikiem poszerzającego się ciągle zakresu danych o toksycznym działaniu benzenu było ustanowienie uregulowań prawnych dotyczących dopuszczalnego stężenia tego związku na stanowisku pracy, w Polsce na poziomie 1,6 mg/m^3 powietrza [14]. W Unii Europejskiej Dyrektywa 2000/69/WE Parlamentu Europejskiego i Rady [5] określa dopuszczalną średnią zawartość benzenu w powietrzu na poziomie 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Wyznacza także datę 1 stycznia 2010 r. jako termin, w którym zawartość ta powinna być osiągnięta. Takie same wymagania dla benzenu w powietrzu zostały określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska [15].

Benzen uwalniany w procesach przemysłowych do atmosfery może powodować zanieczyszczenie wody i żywności. W niektórych krajach na podstawie danych z monitoringu ustalono najwyższe dopuszczalne stężenie benzenu w wodzie przeznaczonej do spożycia (tab.1).

Brak dotychczas uregulowań prawnych krajowych jak i na poziomie Unii Europejskiej dotyczących zawartości benzenu w żywności.

Tabela 1. Akty prawne ustalające najwyższe dopuszczalne stężenie benzenu w wodzie przeznaczonej do spożycia

Legislation lay down maximum admissible concentration level of benzene in drinking water

Dopuszczalna zawartość benzenu w wodzie przeznaczonej do spożycia	Akty prawne
1 µg/dm ³	Polska Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz. U. 2007, Nr 61, poz. 417 [16].
1 µg/dm ³	Unia Europejska Dyrektywa Rady 98/83/WE z dnia 3 listopada 1998 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [4].
5 µg/dm ³	Stany Zjednoczone Ameryki US Environmental Protection Agency – 2006 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories [19].
10 µg/dm ³	Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) World Health Organization, Geneva, 1996. Guidelines for drinking-water quality, 2 nd ed. Vol.2. Health criteria and other supporting information [23].

WYSTĘPOWANIE BENZENU W ŻYWNÓŚCI

W Stanach Zjednoczonych Ameryki (USA) w ramach monitoringu prowadzonego przez FDA badano stężenie różnych lotnych związków organicznych w żywności, w tym również benzenu [8]. Próbkę żywności dostępnej w sieci supermarketów w USA pobierano przez 5 lat, 4 razy w roku w różnych regionach kraju. Wyniki tych badań przedstawia tabela 2.

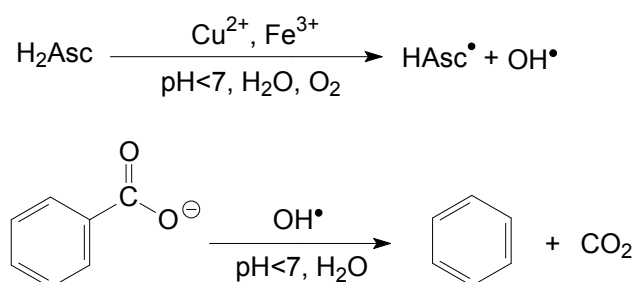
We wszystkich rodzajach badanych produktów żywnościowych stwierdzono występowanie benzenu od 1 do 190 µg/kg. Spośród badanych produktów najniższy poziom benzenu obserwowano w mlecznych mieszkankach dla niemowląt i surowych truskawkach, a największe zawartości benzenu wykazano w wołowinie, w której w 12 zbadanych próbkach średni poziom wynosił 40 µg/kg. Zawartość benzenu powyżej 100 µg/kg stwierdzono w surowych bananach i sałatce Colesław [8].

Istnieje kilka potencjalnych źródeł obecności benzenu w żywności. Może on występować w śladowych ilościach w wyniku przetwarzania produktów spożywczych w wysokich temperaturach, wpływu promieniowania jonizującego i migracji z materiałów opakowaniowych. Może też zostać wprowadzony do żywności z zanieczyszczoną wodą lub ditlenkiem węgla stosowanym do gazowania napojów lub też pochodzić z zanieczyszczonego środowiska, w którym wytwarzane i przechowywane są surowce lub gotowe produkty [18]. Jednakże wymienione wyżej czynniki nie są jedynym źródłem obecności benzenu w żywności. W produktach

Tabela 2. Zanieczyszczenie benzenem produktów spożywczych w USA wg [8]
Benzene contamination of foodstuffs in USA by [8]

Lp.	Produkt	Zawartość benzenu (µg/kg)	Lp.	Produkt	Zawartość benzenu (µg/kg)
1	ser cheddar	20 - 47	20	grzanki jagodowe	3 - 8
2	ser kremowy	1 - 17	21	płatki owocowe	2 - 21
3	śmietana	3 - 15	22	ciasto rolada duńska	3
4	bekon	2 - 17	23	ciasto czekoladowe	2 - 23
5	wołowina surowa	9 - 190	24	ciasteczka	1 - 39
6	hamburger	4 - 47	25	ciasteczka z czekoladą	1 - 8
7	kielbaski wołowe	2 - 11	26	ciasteczka z cukrem	8 - 30
8	kurczak smażony	2 - 5	27	ciastko jabłkowe	2 - 11
9	czisburger	5 - 44	28	ciastka pączki	3 - 3
10	tuńczyk w oleju	4 - 13	29	czipsy ziemniaczane	2 - 7
11	jajka smażone	2 - 40	30	frytki smażone	2 - 58
12	masło orzechowe	2 - 25	31	popcorn	4 - 22
13	masło	4 - 22	32	sałatka Colesław	11 - 102
14	margaryna	7	33	sorbet owocowy	3 - 61
15	olej krokoszowy	1 - 46	34	orzechy	1 - 6
16	pizza serowa	1 - 2	35	banany	11 - 132
17	pizza bolońska	2 - 44	36	awokado	3 - 30
18	pizza peperoni	8 - 30	37	truskawki	1
19	krakersy graham	1 - 9	38	pomarańcze	11 - 15

spożywczych konserwowanych kwasem benzoowym lub jego solami, benzen może tworzyć się jako produkt dekarboksylacji kwasu benzoowego. Przebieg reakcji przedstawia schemat (Ryc. 1).



Ryc. 1. Schemat powstawania benzenu z kwasu benzoowego i kwasu askorbinowego
Scheme of benzene formation from benzoic acid and ascorbic acid

Benzoesany mogą być stosowane jako konserwanty w wielu wyrobach m.in. takich jak: napoje bezalkoholowe, niskocukrowe dżemy, warzywa w occie, oliwki, częściowo utrwalone przetwory rybne (w tym marynaty, ryby solone), sałatki gotowe do spożycia, desery mleczne nie poddawane obróbce termicznej, sosy (w tym majonez i keczup), musztardy, przyprawy kulinarne, płynne zupy (z wyjątkiem zup w puszkach), suplementy diety w postaci płynnej [17].

Znaczne ilości benzenu mogą powstawać w napojach, zwłaszcza o odczynie kwaśnym, zawierających kwas askorbinowy i kwas benzoowy lub jego sole. Dekarboksylacja przebiega w wyniku działania rodników hydroksylowych powstających w reakcji kwasu askorbinowego z jonami metali przejściowych, takich jak miedź czy żelazo. Jony metali będące katalizatorami, są obecne w wodzie wykorzystywanej w produkcji żywności [9]. Kwas askorbinowy stosowany jest w napojach jako substancja dodatkowa pełniąca funkcję przeciwutleniacza E300 (w ilości uzasadnionej dla osiągnięcia efektu technologicznego) bądź jako substancja wzbogacająca (witamina C). Kwas benzoowy E210 oraz jego sole: sodowa E211, potasowa E212 i wapniowa E213 pełnią funkcję konserwantów i mogą być dodawane do napojów bezalkoholowych w ilości do 150 mg/dm³ [17]. Wpływ na tworzenie się benzenu w napojach ma również wiele innych czynników: kolejność dodawania składników, obecność związków chelatujących jony metali, obecność cukrów inhibitujących reakcję, a także temperatura i dostęp światła słonecznego (promieniowanie UV) podczas przechowywania gotowego produktu [18].

Poziom zanieczyszczenia benzenem napojów obecnych na rynku badano w Kanadzie, USA i wielu krajach europejskich, w tym w Polsce. W badaniach 60 napojów produkowanych w Polsce, we wszystkich napojach konserwowanych benzoanem sodu i zawie-

rających równocześnie kwas askorbinowy stwierdzono obecność benzenu w ilościach od śladowych (poniżej granicy wykrywalności wynoszącej 0,36 µg/dm³) do 16,7 µg/dm³. W napojach pasteryzowanych nie wykryto benzenu lub był on obecny w ilościach śladowych, z wyjątkiem napojów zawierających sok z owoców żurawiny, w których naturalnie występuje kwas benzoowy [13]. Porównanie poziomów benzenu w napojach bezalkoholowych zbadanych w Polsce, Belgii i USA przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Porównanie poziomów benzenu w napojach bezalkoholowych produkowanych w Polsce [13], Belgii [20] i USA [7]
Benzene levels comparison in non-alcoholic beverages produced in Poland [13], Belgium [20] and USA [7]

Zawartość benzenu	Belgia n = 134	Polska n = 60	USA n = 114
nie wykryto	33%	28%	30%
ślady poniżej poziomu wykrywalności stosowanej metody analitycznej (LOD)	47%	33%	
w zakresie od ≥ LOD do 1,0 µg/dm ³ do najwyższego dopuszczalnego w Polsce poziomu benzenu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi	13%	20%	46%
w zakresie od 1,0 do 5,0 µg/dm ³ do maksymalnego dopuszczalnego poziomu zanieczyszczenia benzenem wody pitnej w USA	5%	13%	16%
powyżej 5,0 µg/dm ³	2%	5%	7%
Udział procentowy napojów konserwowanych benzoanem sodu	10%	53%	100%

n – liczba zbadanych próbek napojów

W badaniach własnych [13] nie stwierdzono benzenu w 28% napojów. W 11 napojach (ponad 18%) zawartość benzenu przekraczała 1 µg/dm³ tj. najwyższy dopuszczalny w Polsce poziom w wodzie przeznaczonej do spożycia. Podobnie jak w badaniach amerykańskich stwierdzono, że średnia zawartość benzenu w napojach konserwowanych benzoanem sodu była istotnie wyższa ($p < 0,02$) od jego zawartości w napojach pasteryzowanych.

Analizując wyniki badań przedstawione w tabeli 3 należy zwrócić uwagę na skład napojów pobranych z obrotu do badań: w badaniach amerykańskich badano jedynie napoje konserwowane benzoanem, w badaniach krajowych napoje takie stanowiły 53%, a w badaniach belgijskich jedynie 10%. Porównywane wyniki wykazują pewną prawidłowość wskazującą, że im więcej wśród badanych napojów było tych zawierających benzoan tym więcej uzyskano wyników znacząco wyższych – powyżej 1 µg/dm³ a nawet 5 µg/dm³. Potwierdza to, że głównym źródłem zanieczyszczenia napojów benzenem była przemiana kwasu benzoowego, a nie inne czynniki, np. stosowanie do produkcji napojów wody zanieczyszczonej benzenem.

DZIAŁANIA W CELU OBNIŻENIA POZIOMU BENZENU W NAPOJACH

Chociaż częstotliwość występowania jak i poziom zanieczyszczenia benzenem nie były wcześniej brane pod uwagę jako zagrożenie dla zdrowia publicznego, to jednak przemysł wziął na siebie odpowiedzialność za zapobieganie lub ograniczanie do minimum obecności benzenu w produkowanych napojach.

Unia Europejskich Stowarzyszeń Producentów Napojów (UNESDA), której członkami są stowarzyszenia producentów w krajach członkowskich UE oraz 10 wielkich producentów, opracowała przewodnik przeznaczony dla producentów napojów, w celu ograniczenia potencjalnie tworzącego się benzenu w napojach. Dokument ten został zaprezentowany Komisji Europejskiej i Państwom Członkowskim przez UNESDA na posiedzeniu Stałego Komitetu ds. Łańcucha Żywnościowego i Zdrowia Zwierząt (SCFCAH) w marcu 2006 r. Ostateczna wersja dokumentu została przyjęta w czerwcu 2006 r. przez światowy przemysł napojów reprezentowany przez Międzynarodową Radę Stowarzyszeń Producentów Napojów (ICBA) [12].

Przewodnik ten zawiera cztery podstawowe zalecenia dla ograniczenia możliwości powstawania benzenu w napojach, które dotyczą:

- 1) przeglądu i analizy receptur napojów dotychczas produkowanych i wdrażanych do produkcji, a także oceny ich składu, z uwzględnieniem powstawania w nich benzenu,
- 2) badania obecności benzenu w napojach, w tym także w warunkach podwyższonej temperatury (40°- 60°C) i działania promieni UV,
- 3) zmian receptur lub technologii produkcji polegających na usunięciu kwasu askorbinowego i benzooesanu lub zastąpieniu go sorbinianem lub wprowadzenia sterylne go rozlewania i pasteryzacji,
- 4) prowadzenia monitoringu, po wdrożeniu zmian w recepturach, w celu potwierdzenia skuteczności ograniczenia powstawania benzenu.

Komisja Europejska otrzymała raport dotyczący wdrożenia Przewodnika do stosowania przez producentów [18]. Państwa członkowskie zostały zobowiązane do przedstawienia Komisji Europejskiej raportów z wynikami badań produktów rynkowych zawierających benzen. Uzgodniony został „*action level*” (poziom działania) – 10 µg/dm³, identyczny jak poziom benzenu w wodzie do picia według kryteriów WHO. Wyniki tych badań, pochodzące z państw członkowskich UE, przedstawia tabela 4. W tabeli podano także wyniki oznaczania benzenu w napojach produkowanych w kraju i zakupionych na polskim rynku [13]. Z zestawienia tego wynika, że zanieczyszczenie napojów krajowych benzenem jest porównywalne ze stwierdzonym w innych krajach UE.

Tabela 4. Wyniki badań zawartości benzenu w napojach bezalkoholowych produkowanych w Europie - dane wg [6] i badań własnych [13]

Results of investigation of benzene contents in non-alcoholic beverages produced in Europe - data from [6] and our investigations [13]

Kraj	Rok wykonania analiz	Liczba próbek	Liczba próbek o zawartości benzenu > 10 µg/dm ³
Austria	2006	69	1
Cypr	2006	15	1
Finlandia	2006	53	4
Francja	2006	10	0
Niemcy	2006	64	0
Grecja	2006	30	0
Irlandia	2006	76	2
Łotwa	2006	17	0
Słowenia	2006	5	3
Hiszpania	2006	224	0
Wielka Brytania	2006	150	4
Belgia	2007	18	3
Hiszpania	2007	19	3
Portugalia	2007	15	0
Polska	2007 - 2008	60	1

W styczniu 2009 roku Komitet Kodeksu Żywnościowego FAO/WHO ds. Zanieczyszczeń Żywności działający w ramach *Codex Alimentarius Commission* przygotował dokument, w którym zebrane zostały dotychczasowe dane na temat źródeł występowania benzenu, jego działania toksycznego, obecności w żywności i ograniczenia możliwości potencjalnego tworzenia się w napojach bezalkoholowych [3]. Opracowanie to, w oparciu o wyniki badań przeprowadzonych w wielu krajach, zawiera wniosek, że napoje znajdujące się na rynku są bezpieczne a narażenie na niskie poziomy benzenu zawartego w tych napojach nie zwiększa ryzyka dla zdrowia publicznego. Podkreśla przy tym znaczenie działań podjętych przez przemysł w celu ograniczenia potencjalnych możliwości tworzenia się benzenu w napojach. Władze ustawodawcze niektórych państw stoją na stanowisku, że poziom benzenu stwierdzany w napojach, jak również fakt podjęcia działań prewencyjnych przez przemysł napojowy, nie uzasadniają przyjęcia maksymalnego limitu dla benzenu w napojach bezalkoholowych, innego niż dla wody przeznaczonej do spożycia [3].

PODSUMOWANIE

Ustanowione regulacje prawne dotyczące benzenu oraz podjęte działania powinny przyczynić się do ograniczenia narażenia ludzi na działanie benzenu, wynikające z zanieczyszczenia środowiska i spożywania napojów bezalkoholowych zawierających substancje dodatko-

we będące potencjalnym źródłem benzenu. Należy podkreślić, że obecność benzenu wykazano w różnych produktach spożywczych. Niektóre z tych produktów mogą zawierać również kwas askorbinowy i stanowić potencjalne źródło narażenia konsumentów na benzen. Wskazany byłby monitoring tych produktów w zakresie zanieczyszczenia benzenem w celu określenia wielkości tego narażenia. Należałoby rozważyć podjęcie inicjatyw ustawodawczych na poziomie Wspólnoty, mających na celu ustanowienie wymagań w zakresie dopuszczalnego poziomu benzenu w środkach spożywczych.

PIŚMIENNICTWO

1. *Ballesta P.P., Field R.A., Connolly R., Cao N., Caracena A.B., Seager E.D.*: Population exposure to benzene: One day cross-sections in six European cities. *Atmospheric Environ.* 2006, 40, 3355-3366.
2. *Clayton M., Evans M., Gennart J-P., Roythorne C., Simpson B.*: Environmental Exposure to Benzene. CON-CAWE: Brussels, 1999.
3. Codex Alimentarius Commission, FAO/WHO: Discussion paper on benzene in soft drinks. Codex Committee on Contaminants in Foods Third Session Rotterdam, 23-27 March 2009. Doc CX/CF 09/3/10, January 2009.
4. Dyrektywa Rady nr 98/83/WE z dnia 3 listopada 1998 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U. L 330/32, 90 – 112. z 5.12.12.1998 r.
5. Dyrektywa 2000/69/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 listopada 2000 r. dotycząca wartości dopuszczalnych benzenu i tlenku węgla w otaczającym powietrzu.. Dz.U. L 313/12, 262 – 274. z 5.13.12.2000 r.
6. European Commission. Note to the members of the Standing Committee on Food Chain and Animal Health. Brussels SANCO/E3/MW/D, 2007.
7. FDA's Center for Food Safety and Applied Nutrition/Office of Food Additive Safety: Data on Benzene in Soft Drinks and other beverages. Data from November 2005 through April 20, 2006. 25 May 2006.
8. *Fleming-Jones M.E., Smith R.E.*: Volatile organic compounds in foods: a five year study. *J. Agric. Food Chem.* 2003, 51, 8120-8127.
9. *Gardner L.K., Lawrence G.D.*: Benzene production from decarboxylation of benzoic acid in the presence of ascorbic acid and a transition-metal catalyst. *J. Agric. Food Chem.* 1993, 41, 693-695.
10. *Hattemer-Frey H.A., Travis C.C., Land M.L.*: Benzene. Environmental partitioning and human exposure. *Environ. Res.* 1990, 53, 221-232.
11. International Agency for Research on Cancer. IARC Monographs. Supplement 7. 1987, 120-122.
12. International Council of Beverages Associations: ICBA Guidance Document to Mitigate the Potential for Benzene Formation in Beverages. Brussels, 22 June 2006.
13. *Jędra M., Starski A., Gawarska H., Sawilska-Rautenstrauch D.*: Występowanie benzenu w napojach bezalkoholowych. *Bromat. Chem. Toksykol.* 2008, XLI, 3, 382-388.
14. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Dz. U. 2002, Nr 217, poz. 1833.
15. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 3 marca 2008 r. w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu. Dz. U. 2008, Nr 47, poz. 281.
16. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz. U. 2007, Nr 61, poz. 417.
17. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 września 2008 r. w sprawie dozwolonych substancji dodatkowych. Dz. U. 2008, Nr 177 poz. 1094.
18. Union of European Beverages Associations: UNESDA Report for DG SANCO. Implementation to mitigate the potential for benzene formation in beverages. Brussels, 28 September 2007.
19. United States Environmental Protection Agency. 2006 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories. Office of Water U.S. EPA, Washington, DC, August 2006.
20. *Van Poucke Ch., Detavernier Ch., Van Bocxlaer J.F., Vermeylen R., Van Peteghem C.*: Monitoring the benzene contents in soft drinks using headspace gas chromatography. Mass spectrometry: a survey of the situation on the Belgian market. *J. Agric. Food Chem.* 2008, 56, 4504-4510.
21. *Wallace L.A.*: Major sources of benzene exposure. *Environ. Health Perspect.* 1989, 82, 165-169.
22. World Health Organization: Environmental Health Criteria 150. Benzene. WHO, Geneva, 1993.
23. World Health Organization: Benzene in Drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-Water Quality. WHO/SDE/WSH/03.04(24), Geneva, Switzerland, 2003.

Otrzymano: 27.05.2009

Zaakceptowano do druku: 04.11.2009