

BADANIA NAD ZAWARTOŚCIĄ FURANU W PRZETWORACH DLA NIEMOWLĄT METODĄ CHROMATOGRAFII GAZOWEJ ZE SPEKTROMETRIĄ MAS

STUDIES ON THE OCCURRENCE OF FURAN IN FOOD FOR INFANTS BY GAS CHROMATOGRAPHY WITH MASS SPECTROMETRY METHOD

Maria Minorczyk¹, Andrzej Starski², Małgorzata Jędra², Halina Gawarska²,
Dorota Sawilska-Rautenstrauch²

¹Zakład Toksykologii Środowiskowej

²Zakład Badania Żywności i Przedmiotów Użytku

Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny, Warszawa

Słowa kluczowe: furan, chromatografia gazowa, spektrometria mas, żywność dla niemowląt

Key words: furan, gas chromatography, mass spectrometry, infant food

STRESZCZENIE

Furan jest związkem organicznym powstającym podczas obróbki termicznej żywności, w badaniach na zwierzętach wykazuje działanie kancerogenne. Celem pracy było badanie zawartości furanu w przetworach warzywnych i warzywno-mięsnych przeznaczonych dla niemowląt. Do badań wykorzystano chromatograf gazowy sprzężony ze spektrometrem mas (GC-MS). Oznaczono zawartość furanu w 48 próbkach przetworów gotowych do spożycia. We wszystkich badanych próbkach wykryto furan w zakresie stężeń od 13,2 do 91,1 µg/kg, a średnia jego zawartość wynosiła 43,3 µg/kg. Dokonano oceny stopnia narażenia niemowląt na furan występujący w żywności. Oszacowana wielkość narażenia wyniosła od 0,23 do 1,77 µg/kg m.c./dzień przy średniej zawartości furanu w przetworach od 35,3 do 52,2 µg/kg i nie przekroczyła wartości ADI równej 2 µg/kg m.c./dzień.

ABSTRACT

Furan is an organic compound formed during heat treatment. It has been shown to be carcinogenic in animal laboratory studies. The aim of this study was to determine the content of furan in vegetables and vegetable-meat products intended for infants. The testing system used during this study was gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC/MS). The content of furan in 48 samples of processed food ready to eat has been determined. In all samples furan was detected within the range from 13.2 to 91.1 µg/kg, and its average value was 43.3 µg/kg. The paper estimate the exposure assessment of infants to furan found in food. The calculated exposure ranged from 0.23 to 1.77 µg/kg bw/day with the average content of furan in ready to eat products ranged from 35.3 to 52.2 µg/kg. Exposure did not exceed the ADI value 2 µg/kg bw/day.

WSTĘP

W 1979 roku opublikowano raport [24] z badań nad występowaniem i tworzeniem się furanu oraz jego pochodnych w żywności. Opisane w nim badania przeprowadzono w ostatnich latach i obecnie wiadomo, że reakcja *Maillarda* nie jest jedyną drogą, w wyniku której w żywności powstaje furan. Wyróżniono główne grupy związków: kwas askorbinowy i jego pochodne, aminokwasy i cukry redukujące, wielonienasycone

kwasy tłuszczowe (PUFA) i triglicerydy, a także kwasy organiczne i karoteny, które są prawdopodobnie odpowiedzialne za tworzenie się furanu w żywności [5, 11, 14, 22, 23, 25, 27, 28, 33]. Furan może tworzyć się na drodze termicznego rozkładu węglowodanów, termicznego utleniania PUFA, termicznego rozkładu kwasu askorbinowego i jego pochodnych i wspomnianej już wcześniej reakcji *Maillarda* z udziałem aminokwasów i cukrów redukujących. Wszystkie powyższe reakcje przebiegają wieloetapowo, np. reakcja termicznego roz-

Adres do korespondencji: Maria Minorczyk, Zakład Toksykologii Środowiskowej, Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego - Państwowy Zakład Higieny, 00-791 Warszawa, ul. Chocimska 24, tel. 22 54 21 383, fax 22 849 74 47
e-mail: mminorczyk@pzh.gov.pl

kładu węglowodanów i PUFA obejmuje fragmentację długiego łańcucha, zamknięcie pierścienia a następnie aromatyzację, której końcowym produktem jest furan.

Na problem występowania furanu w żywności zwrócono większą uwagę po opublikowaniu w 1995 roku przez Międzynarodową Agencję ds. Badań nad Rakiem pracy dotyczącej jego prawdopodobnego kancerogenego działania [17]. Furan został zaklasyfikowany do związków grupy 2B jako przypuszczalnie kancerogeny dla człowieka, a za najbardziej prawdopodobny czynnik odpowiedzialny za hepatotoksyczność i kancerogenność uznano aktywny metabolit *cis*-2-buteno-1,4-diał [7]. Badania na myszach i szczurach wskazują, że furan jest szybko absorbowany i intensywnie metabolizowany po spożyciu. Ze względu na niewielką polarność może też przenikać przez błony biologiczne. Do organizmu człowieka furan może dostawać się drogą pokarmową oraz przez płuca, podczas przygotowywania żywności [15].

Istnienie wielu dróg tworzenia się furanu powoduje, że może on powstawać w licznych środkach spożywczych w trakcie obróbki termicznej, m.in. w zamkniętych naczyniach np. podczas pasteryzacji, jak również w naczyniach otwartych w trakcie gotowania, smażenia czy pieczenia. Jak dotąd, udało się zidentyfikować furan w około 300 środkach spożywczych. Pomimo niskiej temperatury wrzenia (32°C) tego związku i przez to utrudnionej analizy stosowane metody analityczne zapewniają dobrą wykrywalność, nawet przy niewielkich jego stężeniach w próbce żywności. Najwyższe zawartości wykrywane są w produktach spożywczych poddanych procesowi pieczenia, takich jak ciastka, chipsy i skórka chleba, w których stwierdzano nawet do 200 µg/kg. FDA i EFSA opublikowały raport, który zawierał wyniki badania 273 dań dla dzieci, w których zawartość furanu dochodziła do 112 µg/kg [9, 31]. Raport zawiera również dane dotyczące dziennego pobrania furanu obecnego w komercyjnie dostępnych przetworach gotowych do spożycia. W pracach różnych autorów [8, 10, 19] można znaleźć podobne dane dotyczące spożycia. Na przykład *Kersting* [20] podaje, że przy spożyciu 234 g/dzień pobranie wahało się od 0,2 do 26,2 µg/osobę. Ze względu na niską masę ciała niemowląt i małych dzieci są one szczególnie narażone na ewentualne szkodliwe działanie furanu. Wśród dań gotowych dla dzieci najwyższe zawartości stwierdzono w daniach warzywnych i warzywno-mięsnych, natomiast najniższe w daniach owocowych.

Najpowszechniejszymi metodami oznaczania lotnych substancji w żywności jest technika chromatografii gazowej sprzężonej ze spektrometrią mas (GC/MS). W 2004 roku FDA opublikowała opis i wyznaczyła parametry walidacyjne metody oznaczania furanu w różnego rodzaju produktach spożywczych przy pomocy HS-GC/MS (badanie fazy nadpowierzniowej tzw. *head-space* HS) [31]. W piśmiennictwie można również

odnaleźć inne metody analityczne z użyciem HS-GC/MS [3-5, 14, 26]. Drugą, często prezentowaną metodą oznaczania furanu, jest mikroekstrakcja do fazy stałej na włóknach SPME i dalsza analiza na chromatografii gazowej ze spektrometrem mas [2, 3, 6, 12, 16, 19]. Obie metody są dogodne w użyciu i dają satysfakcjonujące wyniki. Istotnym elementem analizy jest prawidłowe przygotowanie standardów oraz kalibracji [32].

Ze względu na stwierdzane poziomy furanu w żywności oraz możliwe jego kancerogenne działanie przy stosunkowo niskiej wartości marginesu narażenia MOE¹ (ang.: *Margin of Exposure*), Komisja Europejska zaleciła Państwu Członkowskim monitoring poziomów furanu w różnego rodzaju produktach spożywczych, poddawanych obróbce termicznej, w celu dokładnego określenia narażenia konsumentów na to zanieczyszczenie [34].

Celem pracy było zbadanie zawartości furanu w przetworach warzywnych i warzywno-mięsnych przeznaczonych dla niemowląt oraz próba oszacowania narażenia tej grupy wiekowej dzieci na furan występujący w żywności.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły próbki przetworów dla niemowląt pobrane w 2010 roku z obrotu handlowego na terenie całego kraju². Próbkę przetworów różniących się nazwą handlową i składem recepturowym, pochodziły od czterech głównych producentów. Na podstawie deklarowanego na etykiecie składu badane przetwory podzielono na produkty warzywne, warzywno-mięsne i owocowe. Wśród 50 badanych próbek 48 stanowiły przetwory warzywne i warzywno-mięsne, a 2 próbki przetwory owocowe. Badania zależności między zawartością furanu a składem recepturowym przetworów przeprowadzono podczas wcześniejszych badań wykonanych w ramach monitoringu [30].

Zawartość furanu w przetworach dla niemowląt oznaczano metodą HS/GC/MS opracowaną w Labo-

¹ MOE – margines narażenia to stosunek pomiędzy poziomem nie wywołującym dających się zaobserwować szkodliwych skutków (NOAEL) a oszacowaną wielkością narażenia [28]. Dla furanu margines narażenia wyznaczany jest ze stosunku dawki wyznaczającej BMDL₁₀ do oszacowanej wielkości narażenia.

² Próbkę pobierane były w ramach monitoringu i przesłane przez następujące Inspekcje Sanitarne z terenu kraju: Bytom, Hajnówka, Siemiatycze, Bolesławiec, Kępno, Gostyń, Tomaszów Lubelski, Biłgoraj, Hrubieszów, Międzyrzecz, Bydgoszcz, Inowrocław, Rzeszów, Zambrów, Brzeziny, Dąbrowa Górnicza, Kielce, Starachowice, Sandomierz, Sieradz, Działdowo, Ostróda, Giżycko, Warszawa, Puck, Bytów, Starogard Gdański, Łódź, Namysłów, Prudnik, Opole, Strzelce Opolskie, Limanowa, Nowy Sącz, Myślibórz, Stargard Szczeciński, Łobez oraz Ruda Śląska.

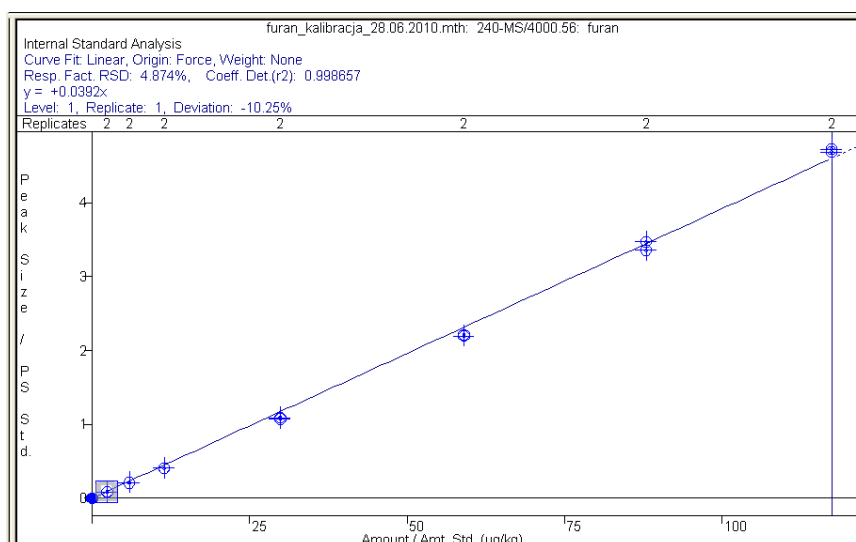
ratorium Zakładu Badania Żywności i Przedmiotów Użytku NIZP-PZH. Laboratorium posiada akredytację Polskiego Centrum Akredytacji PCA Nr AB 509 na oznaczanie furanu metodą zwalidowaną dla dwóch matryc (owocowej i warzywnej). Wyznaczone parametry walidacyjne metody: granica wykrywalności (LOD) - 0,5 µg/kg, granica oznaczalności (LOQ) - 1,0 µg/kg, zakres roboczy 2-100 µg/kg, odzysk 70-120%, niepewność rozszerzona ($k=2$) pomiaru 19,7%.

Przygotowanie próbek

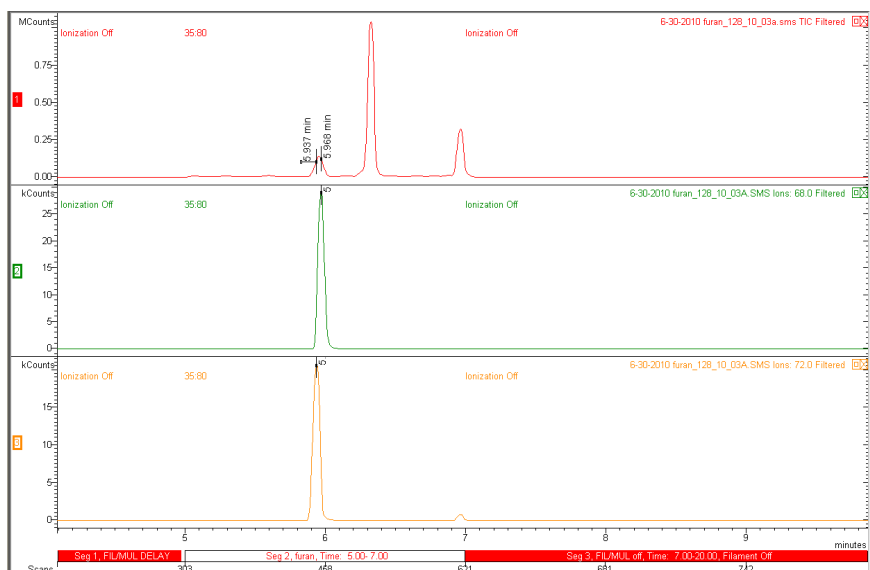
Próbkę i naczynia laboratoryjne oraz wodę destylowaną schładzano do temperatury 4°C. Odważano 3 g homogennej próbki i dodawano wodę tak, aby zawartość matrycy stanowiła 30%. Całość mieszaniny homogenizowano w łaźni lodowej, a następnie 10 ml przenoszono do wialki chromatograficznej. Do szczelnie zamkniętej

wialki, dodawano roztwór wzorca wewnętrznego, a dokładną masę próbki i dodanego wzorca wyznaczano grawimetrycznie. Każdą próbkę wykonano dwukrotnie. W celu zbadania odzysku dla każdej badanej próbki przygotowano równolegle w dwóch powtórzeniach, próbki wzbogacone na poziomie odpowiadającym 50% zawartości furanu, przewidywalnej na podstawie wcześniejszych badań [29]. Ze względu na lotność analitu, w celu zminimalizowania ewentualnych strat, całkowity czas przygotowania próbki do badań był możliwie jak najkrótszy i powtarzalny.

Następnie przygotowano krzywą kalibracyjną odnoszącą zawartość furanu do stosunku powierzchni piku furanu do powierzchni piku wzorca wewnętrznego, którym był deuterowany furan. Roztwory podstawowe przygotowano w metanolu, natomiast roztwory pośrednie i robocze w wodzie destylowanej. Stężenia



Ryc. 1. Krzywa kalibracyjna furanu
Furan calibration curve



Ryc. 2. Przykładowe chromatogramy dla furanu i d_4 -furanu
Chromatograms for furan and d_4 -furan

roztworów do krzywej kalibracyjnej furanu mieściły się w zakresie 2-100 µg/kg. Typową krzywą kalibracyjną zamieszczono na rycinie 1.

Aparatura i oznaczanie metodą GC/MS

Próbki oznaczano techniką HS/GC/MS (*head-space* HS). Oznaczanie zawartości furanu wykonano za pomocą chromatografu gazowego firmy Varian sprzężonego poprzez ogrzewaną linię transferową ze spektrometrem mas typu pułapka jonowa. Chromatograf wyposażony był w automatyczny podajnik próbek oraz zestaw do dozowania fazy nadpowierzchniowej (*head-space*). Próbkę inkubowano przed analizą w temperaturze 50°C przez 30 minut. 250 µl fazy nadpowierzchniowej wprowadzano do dozownika pracującego w temperaturze 250°C w trybie bez podziału strumienia. Rozdziału dokonano stosując kolumnę kapilarną CP-PoraBOND Q (Varian) o długości 25 m, średnicy wewnętrznej 0,32 mm i grubości filmu 5 µm. Jako gaz nośny zastosowano hel ze stałym przepływem 2 ml/min. Rozdział chromatograficzny prowadzono w programie temperaturowym: 40°C (1 min), 40°C → 200°C (20°/min), 200°C (11 min). Temperatura linii transferowej wynosiła 270°C, a pułapki jonowej 170°C. Analizy MS prowadzono przy zastosowaniu jonizacji elektronowej. W widmie MS monitorowano jony o stosunku masy do ładunku $m/z=68$ dla furanu i $m/z=72$ dla d_4 -furanu. Typowy chromatogram przedstawiono na rycinie 2.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość furanu w badanych próbkach produktów dla niemowląt obliczono na podstawie krzywej kalibracyjnej z uwzględnieniem odzysku. Ze względu na różnorodność matryc, wynikającą ze składu badanych przetworów warzywnych i warzywno-mięsnych, odzysk obliczono dla każdej próbki. Minimalny odzysk wśród zbadanych próbek wynosił 85,3%, a maksymalny 102,9%. Wartości te mieściły się w założonych w procesie walidacji granicach tj. 70–120%. Obliczony średni odzysk i mediana z wartości odzysków są zbliżone do siebie i wynoszą odpowiednio 90,9% i 91,4%.

Wyniki uzyskane dla próbek badanych przetworów warzywnych i warzywno-mięsnych poddano ocenie statystycznej i przedstawiono w tabeli 1. Próbki produktów owocowych, ze względu na ich małą liczbę tj. 2, nie były brane pod uwagę w poniższym zestawieniu.

We wszystkich zbadanych próbkach przetworów warzywnych i warzywno-mięsnych dla niemowląt stwierdzono obecność furanu w zakresie od 13,2 do 91,1 µg/kg. Średnia zawartość furanu była zbliżona do wyznaczonej wartości mediany i wynosiła odpowiednio 44,0 i 43,3 µg/kg. Najwięcej wyników mieściło się w zakresie stężeń od 40 do 50 µg/kg, co stanowiło 35,4% oraz w zakresie 30–40 µg/kg (25,0%). Wartości 75-ego i 90-ego percentyla wynosiły odpowiednio 50,5 i 59,7 µg/kg.

W latach 2008 – 2009, podczas badań monitoringowych wykonanych w Zakładzie Badania Żywności i Przedmiotów Użytku [29], zbadano zawartość furanu w 251 próbkach utrwalonych termicznie przetworów dla niemowląt, będących gotowymi do spożycia daniami. Średnia zawartość furanu wynosiła 39,8 µg/kg i była zbliżona do uzyskanej w badaniach z 2010 roku (44,0 µg/kg).

Dotychczas w Unii Europejskiej nie ustanowiono żadnych uregulowań prawnych mających na celu limitowanie zawartości furanu w środkach spożywczych.

Uwzględniając jednak, że furan zakwalifikowany jest do związków grupy 2B jako przypuszczalnie kancerogeny, podjęto próbę oszacowania stopnia narażenia niemowląt na furan występujący w przetworach warzywnych i warzywno-mięsnych utrwalanych termicznie. Wielkości narażenia niemowląt na furan występujący w przetworach gotowych do spożycia oszacowano biorąc pod uwagę wiek dzieci, płeć oraz wielkość spożycia tych produktów. Przy ocenie posłużono się danymi spożycia dla chłopców w wieku 4, 6, 9, 12 miesięcy [20]. Masę ciała (50-ty percentyl), dla odpowiedniej grupy wiekowej, odczytano z wykresów prezentujących standardową siatkę centylową wg Instytutu Matki i Dziecka w Warszawie. Dane te posłużyły do oszacowania narażenia niemowląt na furan pobierany z żywności, a następnie odniesienia tej wielkości do

Tabela 1. Zawartość furanu w przetworach dla niemowląt
The content of furan in baby foodstuffs

Przedział stężeń [µg/kg]	Liczba próbek	Min. [µg/kg]	Maks. [µg/kg]	Średnia [µg/kg]	Mediana [µg/kg]	Odchylenie standardowe [µg/kg]	75-ty percentyl [µg/kg]	90-ty percentyl [µg/kg]
1 – 20	1	13,2	91,1	44,0	43,3	13,6	50,5	59,7
20 – 30	5							
30 – 40	12							
40 – 50	17							
50 – 60	8							
60 – 70	3							
70 – 100	2							

Tabela 2. Oszacowane narażenie na furan występujący w żywności
The estimated exposure to furan found in food

Wiek [miesiąc]	Masa ciała* [kg]	Spożycie [g/kg m.c./dzień]**	Średnia zawartość furanu w przetworach warzywnych/warzywno-mięsnych [µg/kg]	Narażenie na furan [µg/kg m.c./dzień]	Narażenie wg EFSA [16] [µg/kg m.c./dzień]
4	7,0	5,8	44,1	0,26	0,13***
6	8,1	33,9	52,2	1,77	0,85
9	9,3	38,6	35,3	1,36	0,97
12	10,3	26,4	43,7	1,15	0,66

* masa ciała chłopców

** Kersting i wsp. (1998)

*** wartość narażenia obliczona dla dzieci 3-miesięcznych

wartości dziennego akceptowalnego pobrania furanu (ADI = 2 µg/kg m.c./dzień) [1, 21]. Oszacowaną wielkość narażenia na furan pobierany z żywnością gotową do spożycia przedstawia tabela 2.

Z przeprowadzonej w taki sposób oceny wynika, że najbardziej narażone na furan występujący w diecie są niemowlęta w wieku 6 i 9 miesięcy. Wielkość narażenia w ich wypadku wynosi odpowiednio 1,77 i 1,36 µg/kg m.c./dzień. Wartości te są nieco wyższe od wielkości narażenia obliczone przez EFSA [10], jednak nie przekraczają one wartości Akceptowanego Dziennego Pobrania (ADI). Uwzględniając fakt, że ADI jest wyznaczane z dużym marginesem bezpieczeństwa, pozwala sądzić, że stwierdzane poziomy furanu nie stwarzają zagrożenia w świetle aktualnej wiedzy toksykologicznej. Tym niemniej, ze względu na nie do końca ukształtowane mechanizmy detoksykacyjne i niską masę ciała, niemowlęta są szczególnie narażone na ewentualne szkodliwe działanie furanu.

Żywność dla dzieci w postaci produktów utrwalonych termicznie w słoikach, ze względu na łatwość i szybkość przygotowania posiłku jest powszechnie wykorzystywana w żywieniu dzieci. Informacje podawane w reklamach takiej żywności podkreślają jej wartość odżywczą oraz zapewniają, że owoce i warzywa będące jej składnikami, pochodzą ze specjalnych upraw i są kontrolowane pod względem jakości zdrowotnej. Stwierdzenie faktu, że w przetworach utrwalonych termicznie tworzy się furan wskazuje na potrzebę ograniczenia występowania tej toksycznej substancji w żywności dla dzieci.

Podsumowując problem oceny narażenia niemowląt na występujący w żywności furan obliczono wartość marginesu narażenia MOE ze stosunku wartości dawki wyznaczającej BMDL₁₀ do wartości obliczonego narażenia. W raporcie Połączonego Komitetu Ekspertów FAO/WHO ds. Substancji Dodatkowych (JECFA) z 2010 roku [18] podana jest wartość dawki wyznaczającej BMDL₁₀ wynosząca 0,96 mg/kg m.c./dzień. Wartość MOE dla najbardziej narażonych niemowląt 6 i 9 miesięcznych wynosi odpowiednio 542 i 706; mieszczą się one w granicach określonych przez JECFA w zakresie 480-960.

WNIOSKI

1. Zastosowana metoda chromatografii gazowej ze spektrometrią mas umożliwia oznaczenie furanu w przetworach dla niemowląt. Jest metodą wystarczająco czułą do oznaczania śladowych ilości furanu w żywności. Wyznaczone parametry walidacyjne zastosowanej metody spełniają odpowiednie kryteria i normy.
2. Uzyskane wyniki oznaczania zawartości furanu są zbliżone do wcześniejszych wyników własnych badań monitoringowych z lat 2008 – 2009, a także do badań wykonywanych w innych krajach.
3. Najbardziej narażone na furan występujący w badanym pożywieniu są niemowlęta w wieku 6 i 9 miesięcy. Wielkość narażenia wynosi odpowiednio 1,77 i 1,36 µg/kg m.c./dzień i nie przekracza wartości ADI = 2 µg/kg m.c./dzień.
4. Konieczne są dalsze, obejmujące szerszy zakres, badania zawartości furanu w przetworach dla niemowląt.

Podziękowanie: Autorzy dziękują Pani Annie Moczydłowskiej za pomoc techniczną podczas wykonywania badań.

PIŚMIENNICTWO

1. Altaki M.S., Galceran M.T.: Occurrence of furan in coffee from Spanish market: Contribution of brewing and roasting. *Food Chemistry* 2011, 126, 15270–1532.
2. Altaki M.S., Santos F.J., Galceran M.T.: Analysis of furan in food by headspace soli-phase microextraction-gas chromatography-ion trap mass spectrometry. *J Chrom A.* 2007, 1146, 103-109.
3. Altaki M.S., Santos F.J., Galceran M.T.: Automated headspace solid-phase microextraction versus headspace for the analysis of furan in foods by gas chromatography-mass spectrometry. *Talanta* 2009, 78, 1315-1320.
4. Becalski A., Forsyth D., Casey V., Lau B.P., Pepper K., Seaman S.: Development and validation of a headspace method for determination of furan in food. *Food Addit Contam.* 2005, 22, 535-540.

5. *Becalski A., Seaman S.*: Furan precursors in food: a model study and development of a simple headspace method for determination of furan. *J AOAC* 2005, 88, 102-106.
6. *Bianchi F., Careri M., Mangia A., Musci M.*: Development and validation of a solid phase micro-extraction-gas chromatography-mass spectrometry method for the determination of furan in baby-food. *J Chrom A.* 2006, 1102, 268-272.
7. *Burka L.T., Washburn K.D., Irwin R.D.*: Disposition of [¹⁴C]-furan in the male F344 rat. *J. Toxicol. and Environ. Health.* 1991, 34, 245-257.
8. *Crews C., Castle L.*: A review of the occurrence, formation and analysis of furan in heat-processed foods. *Trends in Food Science & Technology* 2007, 18, 365-372.
9. *EFSA*: Report of the scientific panel on contaminants in the food chain on provisional findings on furan in food. *EFSA Journal* 2004, 137, 1-20.
10. *EFSA*: Results on the monitoring of furan levels in food. *EFSA Scientific Report of EFSA* 2009, 304, 1-23.
11. *Fan X.*: Formation of furan from carbohydrates and ascorbic acid following exposure to ionizing radiation and thermal processing. *J. Agric. Food Chem.* 2005, 53, 7826-7831.
12. *Goldmann T., Perisset A., Scanlan F., Stadler R.H.*: Rapid determination of furan in heated foodstuffs by isotope dilution solid phase micro-extraction-gas chromatography-mass spectrometry (SPME-GC-MS). *Analyst* 2005, 130, 878-883.
13. *Góraleczyk K., Kostka G., Ludwicki J.K., Struciński P.*: Leksykon terminów. red. *J.K. Ludwicki*, NIZP-PZH, Warszawa 2008.
14. *Hasnip S., Crews C., Castle L.*: Some factors affecting the formation of furan in heated foods. *Food Addit Contam.* 2006, 23, 219-227.
15. *Heppner C.W., Schlatter J.R.*: Data requirements for risk assessment of furan in food. *Food Addit. Contam.* 2007, 24, Suppl 1, 114-121. Review.
16. *Ho I.P., Yoo S.J., Tefera S.*: Determination of furan levels in coffee using automated solid-phase microextraction and gas chromatography/mass spectrometry. *J AOAC*, 2005, 88, 574-576.
17. *International Agency for Research on Cancer (IARC)*: Dry cleaning, some chlorinated solvents and other industrial chemicals, monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. *IARC* 1995, 83, 393-407.
18. *JECFA*: Summary report of the seventy-second meeting of JECFA. 2010, 1-10.
19. *Jestoi M., Järvinen T., Järvenpää E., Tapanainen H., Virtanen S., Peltonen K.*: Furan in the baby-food samples purchased from the Finnish markets – Determination with SPME-GC-MS. *Food Chemistry* 2009, 117, 522-528.
20. *Kersting M., Alexy U., Sichert-Hellert W., Manz F., Schoch G.*: Measured consumption of commercial infant food products in German infants: Results from the DONALD study. *J. of Pediatric Gastroenterology and Nutrition* 1998, 27, 547-552.
21. *Kuballa T., Stier S., Strichow N.*: Furan in kaffee und kaffegetränken. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau* 2005, 101, 229-235.
22. *Limacher A., Kerler J., Conde-Petit B., Blank I.*: Formation of furan and methylfuran from ascorbic acid in model systems and food. *Food Addit Contam.* 2007, 24 Suppl 1, 122-135.
23. *Limacher A., Kerler J., Davidek T., Schmalzried F., Blank I.*: Formation of Furan and Methylfuran by Maillard-Type Reactions in Model Systems and Food. *J. Agric. Food Chem.* 2008, 56, 3639-3647.
24. *Maga J.A.*: Furans in food. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 1979, 11, 355-400.
25. *Mark J., Pollien P., Lindinger C., Blank I., Mark T.*: Quantitation of furan and methylfuran formed in different precursor systems by proton transfer reaction mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 2006, 54, 2786-2793.
26. *Nyman P.J., Morehouse K.M., McNeal T.P., Perfetti G.A., Diachenko G.W.*: Single-laboratory validation of a method for the determination of furan in foods by using static headspace sampling and gas chromatography/mass spectrometry. *J AOAC*, 2006, 89, 1417-1424.
27. *Perez L.C., Yaylayan V.A.*: Origin and mechanistic pathways of formation of the parent furan-a food toxicant. *J Agric Food Chem.* 2004, 52, 6830-6836.
28. *Senyuva H.Z., Gokmen V.*: Potential of furan formation in hazelnuts during heat treatment. *Food Addit Contam.* 2007, 24, Suppl 1, 136-142.
29. *Starski A., Minorczyk M., Jędra M., Gawarska H., Sawilska-Rautenstrauch D., Karłowski K.*: Zawartość furanu w produktach dla niemowląt i małych dzieci. W: Ocena narażenia konsumentów na chemiczne i mikrobiologiczne zanieczyszczenia żywności – programy realizowane w latach 2004-2008. NIZP-PZH, Warszawa 2010, 119-133.
30. *Starski A., Minorczyk M., Jędra M., Karłowski K.*: Zależność zawartości furanu od składu przetworów dla niemowląt i małych dzieci. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLIII, 2010, 4, 469-477.
31. *US Food and Drug Administration*: Determination of furan in foods. Exploratory data on furan in food. Individual food products. 2004.
32. *Wenzl T.*: Method for the determination of furan in food. Outcome of a survey conducted among EU food control laboratories. *JRC Scientific and Technical Reports* 2008.
33. *Yaylayan V.A.*: Precursors, formation and determination of furan in food. *J. Verbr. Lebensm.* 2006, 1, 5-9.
34. *Zalecenie Komisji 2007/196/WE z dnia 28 marca 2007 r. w sprawie monitorowania obecności furanu w żywności.* Dz. U. L 88/56, 29.06.2007.

Otrzymano: 20.05.2011

Zaakceptowano do druku: 28.07.2011