

RP-HPLC에 의한 에폭시 통조림관 음료 중 비스페놀류의 분석을 위한 시료의 전처리

강경모 · 임홍렬 · 신호선
동국대학교 식품공학과

Sample Preparation for Quantitative Determination of Bisphenols in Canned Beverages Coated with Epoxy by RP-HPLC

Kyung-Mo Kang, Heung-Youl Lim and Hyo-Sun Shin
Department of Food Science and Technology, Dongguk University

Abstract

A suitable method of sample treatments to minimize the analytical interferences was presented in order to determine bisphenols [bisphenol F (BPF), bisphenol A (BPA), bisphenol F diglycidyl ether (BFDGE), and bisphenol A diglycidyl ether (BADGE)] in various canned beverages coated with epoxy resin by the reverse-phase high performance liquid chromatography (RP-HPLC) equipped with a fluorescence detector and the gas chromatography with mass selective detection. The recovery test of bisphenols was performed using 1, 5, and 10 µg/L bisphenols spiked beverages with the combined technique of the solid-phase extraction (SPE) and the liquid-phase extraction (LPE). Both BPA and BADGE showed quite adequate resolutions in HPLC-chromatograms. The recoveries of BPA obtained by LPE with diethyl ether were higher than those obtained with methylene chloride on coffee, shikhye and fruit juice. For cola and tea, the recoveries of BPA obtained by SPE were higher than those by LPE with diethyl ether. The recoveries of BADGE were less than those of BPA for all beverage samples treated by either SPE or LPE method. In survey of bisphenols for eighteen commercial canned beverage samples, BPA contents of coffee, cola, tea, shikhye, and fruit juice were in the range of 1.3~11.6, 0.5~0.9, 1.0~1.3, 2.4~7.9, and 3.0~3.4 µg/L, respectively, but there was no detection of BPA in beer sample.

Key words: bisphenols, canned beverage, epoxy can coating

서 론

에폭시 수지는 각종 용매와 금속에 대하여 내성이 커서 음료를 비롯한 각종 식품 통조림관의 내면 코팅제로 많이 사용된다⁽¹⁾. 통조림관의 내면 코팅제인 에폭시 수지의 제조에는 비스페놀류가 주요한 반응물질로 사용된다⁽²⁾. 에폭시 수지가 식품과 접촉할 때 특히 통조림 식품과 같이 높은 온도로 열처리 하는 과정에서 내면 코팅제의 제조에 사용한 비스페놀류가 식품으로 이행될 수 있다. 최근 bisphenol A(BPA)는 *in vitro* 시험에서 에스트로젠 활성을 나타내는 것으로 보고되

고⁽³⁾ 있어 관심의 대상이 되고 있으며, 미국 일리노이주 환경청이 분류한 내분비계 장애물질일 가능성이 있는 물질 중의 하나이다⁽⁴⁾.

세계 여러나라에서는 식품의 용기 및 포장재와 식품에서 비스페놀류의 잔존량을 이미 규제하고 있거나⁽⁵⁻⁶⁾ 앞으로 규제할 것으로 예상된다. 식품중 비스페놀류의 잔존량에 대한 법적 규제를 결정함에 있어 중요한 것은 먼저 그것의 분석방법을 확립하는 것이다. 따라서 최근 통조림관 코팅제로부터 중류수, 아세트산, 에탄올, 유지 등의 식품유사용매로 이행되는 비스페놀류의 분석방법에 관한 연구가 보고되고 있다⁽⁷⁻¹²⁾. 또한 에폭시 수지로 코팅한 각종 통조림관 식품인 생선 및 육류^{(2)(13,14)}, 각종 음료⁽¹⁵⁾, 유아용 조제 농축액⁽¹⁾, 전자렌지용 냉동피자⁽¹⁶⁾등에서 비스페놀류의 함유량과 분석방법에 관한 연구가 발표되고 있다. 그러나 우리나라의 식품공전⁽⁶⁾ 및 외국에서 규정된⁽⁸⁻¹¹⁾ 식품의 기

Corresponding author : Hyo-Sun Shin, Department of Food Science and Technology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea
Tel : 82-2-2260-3370
Fax : 82-2-2275-6013
E-mail : shin@cakra.dongguk.ac.kr

구 및 용기·포장의 재질 시험에서 식품유사용매에 의한 비스페놀류의 용출시험만을 법으로 규정하고 있고, 각종 식품 중 비스페놀류의 잔존량의 분석 방법에 대하여는 규정하지 않고 있다. 우리나라는 연간 생산되는 식품통조림관의 70% 이상이 각종 음료관으로⁽¹⁷⁾ 이용된다. 그러나 우리나라에서 통조림관 음료로부터 비스페놀류의 이행에 관한 보고는 찾아보기 힘들다. 특히 음료는 그 종류에 따라 구성분이 다양하여 비스페놀류를 분석함에 있어 방해물질의 최소화 등 적당한 분석방법을 개발 할 필요가 있다. 그 이유는 식품의 용기 및 포장재로부터 식품으로 이행되는 비스페놀류의 양이 극히 미량이고 식품의 종류에 따라 구성분이 복잡하여 분석 방해물질이 많이 존재하기 때문에 신뢰할만한 한 분석방법이 개발되지 않고 있기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 에폭시 수지로 코팅한 국내산 통조림의 각종 음료 중 비스페놀류의 함유량을 HPLC와 GC/MSD에 의해 분석할 때 몇 가지 조건에 대하여 연구하였다. 즉, 각종 음료에 비스페놀류의 표준액을 첨가한 후 추출, 정제 등으로 분석 방해물질을 최소화하는 등의 최적 전처리 방법을 설정하여 HPLC로 분리 정량하여 회수율을 검토하였고, 이를 토대로 하여 몇가지 시판 통조림 음료중 비스페놀류의 함유량을 분석하는데 적용하였다.

재료 및 방법

재료

BPA, bisphenol F(BPF) 및 bisphenol F diglycidyl ether(BFDGE)는 Aldrich 회사(Millwaukee, WI, USA) 제품을, bisphenol A diglycidyl ether(BADGE)는 Fluka 회사(Buchs, Switzerland) 제품을 사용하였다. 고상추출(solid phase extraction)시 사용한 카트리지는 Waters 회사(Milford, MA, USA)의 Oasis™ HLB를 사용하였다. 그 외 사용한 모든 시약은 HPLC용 또는 특급시약을 사용하였다. 시판되는 통조림 음료인 커피, 탄산음료(콜라, 사이다), 식혜, 과즙주스, 홍차, 맥주 등은 서울의 대형 백화점에서 구입하여 사용하였다.

HPLC에 의한 분리 및 정량

비스페놀류의 분리 및 정량은 autosampler(model 717, Waters, USA), gradient controller가 장착된 high performance liquid chromatograph(HPLC, model 510, Waters, USA)를 사용하였고, 이때 모든 분석조건과 검량선 작성은 Kang등⁽¹²⁾의 경우와 같으며, BPA와 BADGE의 검출한계는 각각 0.5 및 1.2 µg/L 였다.

GC/MS에 의한 확인

HPLC로 분리한 비스페놀류를 동정하기 위해 gas chromatograph(model 8060, Fisons, UK)에 mass selective detector(MSD, model 800, Fisons, UK)를 부착한 GC/MSD system을 사용하였고, 이때의 모든 분석조건과 전처리 방법은 Kang등⁽¹²⁾의 경우와 동일하다.

음료중의 첨가 회수시험

커피, 식혜, 과즙음료, 콜라, 홍차, 맥주의 음료에 비스페놀류를 10, 5, 1 µg/L가 되도록 첨가한 후 고상추출과 액상추출(liquid phase extraction)로 전처리한 후 HPLC로 분리, 정량하여 회수율을 비교, 검토하였다. 이때 고상추출은 Lambert등⁽¹⁸⁾의 방법에 따라 음료 20 mL를 methanol과 증류수로 활성화시킨 카트리지(Oasis™ HLB)에 loading하고, 증류수 3 mL와 20% methanol로 순차세정한 후 methanol 2 mL로 용리하였다.

액상추출은 Summerfield등⁽¹⁴⁾의 방법에 따라 음료 20 mL를 분액깔대기에서 diethyl ether 또는 methylene chloride 50 mL로 추출하고 10분간 정지한 다음 하층을 반복 추출하여 상층의 추출액과 합쳐 진공회전 증발 농축기(model Auto Jack NAJ, Eyera, Japan)로 증발건고시킨 후 methanol 2 mL로 정용하여 분석용 시료로 하였다. 이 때 농축시료는 혼탁정도에 따라 고상추출법을 변형하여 정제과정을 첨가하였다. 즉, 활성화시킨 카트리지에 용매추출액 1 mL를 증류수 10 mL에 희석하여 loading하고 세정한 후 methanol 2 mL로 용리하여 HPLC로 분석하였다.

시판 통조림 음료중의 함유량

시판되는 통조림 음료 중 커피, 콜라, 홍차, 식혜, 사과주스, 맥주 각 3종, 총 18종에 대하여 비스페놀류를 액상추출 또는 고상추출하여 HPLC로 분리, 정량함과 동시에 GC/MS로 확인하였다. 이때 HPLC 분석을 위한 시료의 전처리는 각 음료에 비스페놀류를 첨가하였을 때 양호한 회수율을 나타낸 본 연구 방법에 따랐으며, GC/MS에 의한 확인용 시료의 전처리는 Kang등의 방법⁽¹²⁾에 의하였다.

결과 및 고찰

HPLC에 의한 비스페놀류의 분리

커피중의 비스페놀류를 고상추출 및 액상추출 등의 방법으로 추출하여 HPLC로 분리한 chromatogram은 Fig. 1과 같다. 고상추출과 액상추출만으로 처리한 경

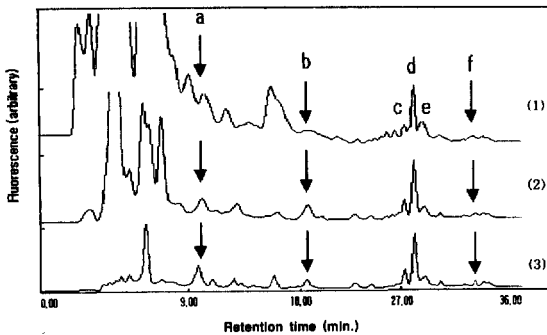


Fig. 1. HPLC-fluorescence chromatograms of coffee extracted by (1), solid-phase extraction; (2), liquid-phase extraction with diethyl ether; (3), liquid-phase extraction with diethyl ether and clean up.

Peak identity: a, BPF; b, BPA; c, d and e, three isomers of BFDGE; f, BADGE.

우는 그림 1에서와 같이 용리되는 당류, 카페인 등의 방해성분들에 의해 비스페놀류, 특히 BPF와 BFDGE는 분리가 어려웠으나 액상추출액을 카트리지로 정제하였을 때는 BPA와 BADGE의 분리가 크게 향상되었다. 따라서 본 연구의 시료에서는 BPA와 BADGE만을 분리정량하였다.

음료중의 첨가 회수율

각종 음료중에 비스페놀류를 10, 5, 1 $\mu\text{g/L}$ 의 농도가 되도록 첨가한 후 추출, 정제, 농축한 후 HPLC로 분리 정량하여 회수율을 측정된 결과는 Table 1과 같다.

커피, 식혜, 과즙음료는 다량의 카페인, 당등을 함유하고 있어 고상추출이 불가능하여 액상추출 후 정제단계의 전처리를 하였다. 커피, 식혜, 과즙음료에서 BPA의 평균 회수율은 diethyl ether에 의한 용매추출 때 각각 93.4, 89.9, 89.3%로 methylene chloride 용매추출 때의 65.8, 61.7, 79.1%보다 높았다. 한편, 커피, 식혜, 과즙음료에서 BADGE의 평균 회수율은 BPA 때와 같이 methylene chloride보다 diethyl ether에 의한 용매추출이 높았으나 BPA보다는 회수율이 매우 낮았다. 또한 이들 식품에서 비스페놀의 첨가농도가 낮을수록 BPA와 BADGE의 회수율이 모두 낮았다. Realini⁽¹⁹⁾은 수질 중 phenol류의 회수율은 diethyl ether에 의한 추출에서 64%, methylene chloride에 의한 추출에서 43%라고 보고하였는데, 이는 본 연구의 결과와 비슷한 경향이다.

콜라와 홍차는 고상추출 및 diethyl ether에 의한 액상추출 후 정제 단계의 전처리를 하였다. 콜라는 고상추출에서 BPA와 BADGE의 평균 회수율은 각각 80.9

및 46.4%로 액상추출의 73.0 및 27.8%보다 높았다. 홍차도 고상추출에서 BPA와 BADGE의 평균 회수율이 각각 93.9와 55.2%로 액상추출 때의 78.1 및 43.1%보다 높았다. Kawamura⁽¹⁵⁾은 탄산음료와 홍차에 100 ng/mL의 BPA를 첨가하여 고상추출에 의한 BPA의 평균 회수율이 각각 98.8 및 103.5%로 보고하였는데, 이는 본 연구의 결과와 유사한 것이다.

맥주는 점도가 높고 단백질에 의한 거품형성의 특성이 있어 액상추출 후 정제하여 전처리하였다. 이때 추출용매로서 methylene chloride로 층분리가 불가능하기 때문에 diethyl ether를 사용하였으며, 이때 BPA와 BADGE의 평균 회수율은 각각 81.4%와 55.2%였다.

시판통조림 음료중 비스페놀류의 함유량

시판되는 각종 통조림 음료중의 비스페놀류를 HPLC로 분리, 정량하고 GC/MS로 확인한 결과는 Table 2와 같다. 맥주를 제외한 모든 음료에서 비스페놀류 중 BPA만이 검출되었으며, 함유량은 커피가 1.3~11.6 $\mu\text{g/L}$, 콜라가 0.5~0.9 $\mu\text{g/L}$, 홍차가 1.0~1.3 $\mu\text{g/L}$, 식혜가 2.4~7.9 $\mu\text{g/L}$, 사과주스가 3.0~3.4 $\mu\text{g/L}$ 로 검출되었으며, 맥주는 모두 검출한계 이하였다.

이와 같이 통조림관 음료의 종류에 따라 BPA의 함유량이 다소 차이가 있었는데 이는 통조림관에 충전되는 식품보다는 내면의 재질이나 식품의 종류에 따른 살균 또는 저장과정의 차이 때문인 것으로 생각된다. 즉, 커피는 충전된 상태에서 125°C로 20분간 고온으로 가압 가열살균하기 때문에 BPA의 이행량이 높은 반면, 콜라와 맥주는 제조 및 유통과정에서 고온에서 적게 노출되기 때문에 이행량이 적은 것으로 추정된다. 식혜와 과일주스는 다른 음료에 비해 함유량이 다소 많은 편이었다. 각 음료에 사용한 내면의 재질은 커피가 본체와 뚜껑이 epoxy phenolic 재질, 콜라와 맥주는 본체와 뚜껑이 vinyl organosol 또는 modified epoxy 재질, 식혜와 사과주스는 본체와 뚜껑 모두 modified epoxy 재질로 동일한 재질의 통조림관이라도 이행량이 차이가 있음을 알 수 있었다.

한편, 통조림 커피중의 비스페놀류를 GC/MS로 분석하였을 때의 TIC는 Fig. 2와 같고, NIST library에서 각 비스페놀류를 검색하여 확인한 결과는 Fig. 3과 같다. 즉, Fig. 2의 TIC에서 커피중에 비스페놀류로 추정되는 피크들의 머무름시간은 TMS-BPF, TMS-BPA, BADGE가 각각 14.1, 16.7, 29.1분이었으며, BFDGE의 3개의 이성질체는 각각 22.9, 24.8, 26.1분이었다. 이들의 mass spectrum을 library에서 검색한 결과 Fig. 3과 같이 TMS-BPA만이 확인되었다. 즉, Fig. 3은 TIC상에서

Table 1. Recovery of bisphenols from beverages spiked with standards of BPA and BADGE

Sample	Spiked($\mu\text{g/L}$)	Extraction method ¹⁾	BPA		BADGE	
			Found($\mu\text{g/L}$)	Rec.(%)	Found($\mu\text{g/L}$)	Rec.(%)
Coffee	10	a	10.13	101.3	4.62	46.2
		b	8.33	83.3	0.41	4.1
	5	a	4.83	96.5	1.64	32.8
		b	3.11	62.1	0.27	5.5
	1	a	0.82	82.4	0.33	33.3
		b	0.52	52.0	0.10	10.3
	Av.(\bar{x})	a		93.4		37.4
		b		65.8		6.6
	RSD(%)	a		9.8		7.5
		b		15.9		3.3
Shikhye	10	a	9.41	94.1	5.98	59.8
		b	8.44	84.4	4.32	43.2
	5	a	4.12	92.4	2.24	44.8
		b	3.48	69.6	1.64	32.8
	1	a	0.83	83.4	0.32	32.3
		b	0.31	31.2	0.31	31.0
	Av.(\bar{x})	a		89.9		45.6
		b		61.7		35.6
	RSD(%)	a	5.7		13.7	
		b		27.4		6.6
Fruit juice	10	a	9.24	92.4	6.26	63.0
		b	8.62	86.2	5.62	56.2
	5	a	4.32	86.4	2.92	58.4
		b	3.91	79.8	2.23	44.6
	1	a	0.89	89.3	0.65	65.3
		b	0.71	71.4	0.52	52.4
	Av.(\bar{x})	a		89.3		62.2
		b		79.1		51.0
	RSD(%)	a		3.0		3.5
		b		7.4		5.8
Cola	10	c	9.90	99.0	6.12	61.2
		a	10.16	101.6	3.64	36.4
	5	c	3.92	78.4	2.23	46.6
		a	3.12	62.4	1.40	28.0
	1	c	0.65	65.4	0.31	31.4
		a	0.55	55.1	0.19	19.2
	Av.(\bar{x})	c		80.9		46.4
		a		73.0		27.8
	RSD(%)	c		16.9		14.9
		a		18.3		8.6
Black tea	1	c	10.02	100.2	6.97	69.7
		a	8.92	89.2	4.97	49.7
	5	c	4.62	92.4	2.69	53.8
		a	4.01	80.2	1.92	38.4
	1	c	0.89	89.3	0.42	42.3
		a	0.65	65.1	0.41	41.2
	Av.(\bar{x})	c		93.9		55.2
		a		78.1		43.1
	RSD(%)	c		5.6		13.7
		a		1.8		5.9
Beer	10	a	9.21	92.1	7.31	73.1
	5	a	4.01	80.2	3.01	60.2
	1	a	0.72	72.1	0.39	39.3
	Av.(\bar{x})	a		81.4		55.2
	RSD(%)	a	10.1		17.1	

¹⁾a, Liquid phase extraction with diethyl ether; b, liquid phase extraction with methylene chloride; c, solid phase extraction.

Table 2. Content of bisphenols in canned beverages

Beverage	Can type ¹⁾	Top/Sides ²⁾	BPA ³⁾ ($\mu\text{g/L}$)
Coffee	3p-steel	Ep/Ep	1.32~11.6
Cola	2p-Al	Me/Tv	0.52~0.85
Black tea	2p-Al	Me/Me	1.02~1.31
Shikhye	3p-Al	Me/Me	2.35~7.85
Apple juice	3p-steel	Me/Me	3.04~3.42
Beer	2p-Al	Me/Me	ND ⁴⁾

¹⁾2p, Two; 3p, three-piece can; Al, aluminium.

²⁾Ep, epoxy phenolic; Me, modified epoxy; Tv, thermoset vinyl.

³⁾All values are injected two times by HPLC and confirmed by GC/MS.

⁴⁾ND: Not detected.

서 15.6분의 머무름시간을 갖는 피크의 mass spectrum (scan number 1111) (1)이 (M-15+)인 m/z 357의 base peak와 M+인 m/z 372의 molecular peak를 갖는 NIST library상의 TMS-BPA의 spectrum (2)과 일치함이 확인됨으로서 통조림 커피중에 BPA가 함유되어 있

음을 확인할 수 있었다.

Kawamura등⁽¹⁵⁾은 음료중의 BPA의 함유량 조사에서 본체가 epoxy phenolic, 뚜껑이 PVC 또는 epoxy phenolic재질의 과음료 통조림에서 모두 검출한계(2.0 $\mu\text{g/L}$)이하였고, 탄산음료도 modified epoxy, PVC등의 코팅재질에 무관하게 모두 검출한계(2.0 $\mu\text{g/L}$)이하였다고 보고하였다. 또 다류는 본체가 polyethylene tetrathalate(PET), 뚜껑이 epoxy phenolic과 PVC재질의 통조림관에서는 검출한계 이하였으나, 본체와 뚜껑이 각각 PET와 PVC일 때 8.5~90 $\mu\text{g/L}$ 로 동일한 음료라도 재질에 따라 BPA의 함유량이 다름을 보고하였다. 또한 커피는 PET 재질의 본체와 PVC재질 뚜껑의 통조림관에서 108~213 $\mu\text{g/L}$ 의 높은 함유량을 나타낸 반면 본체와 뚜껑이 모두 epoxy phenolic 재질의 통조림관 커피는 3.4~25 $\mu\text{g/L}$ 였음을 보고⁽¹⁶⁾한 바 있는데, 이는 본 연구의 epoxy phenolic 재질의 통조림관 커피의 BPA 함유량(1.3~11.6 $\mu\text{g/L}$)과 유사한 결과이다.

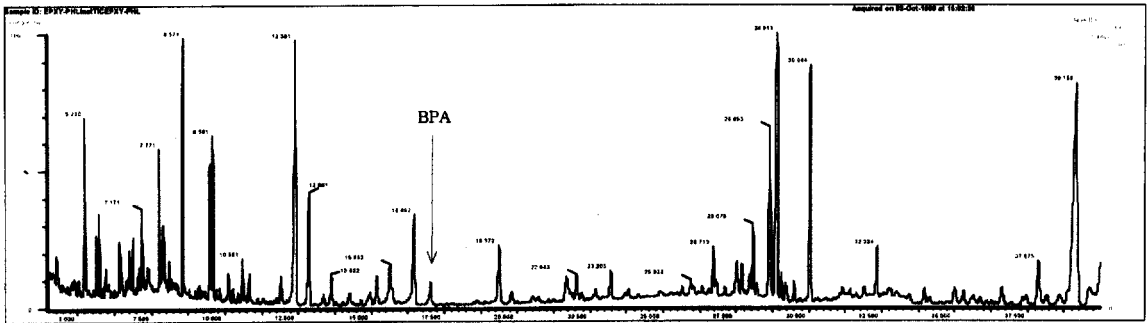


Fig. 2. Total ion chromatogram in GC/MSD scan of epoxy phenol ester can coating extracted to 4% acetic acid after migration test for 6 hours at 60°C.

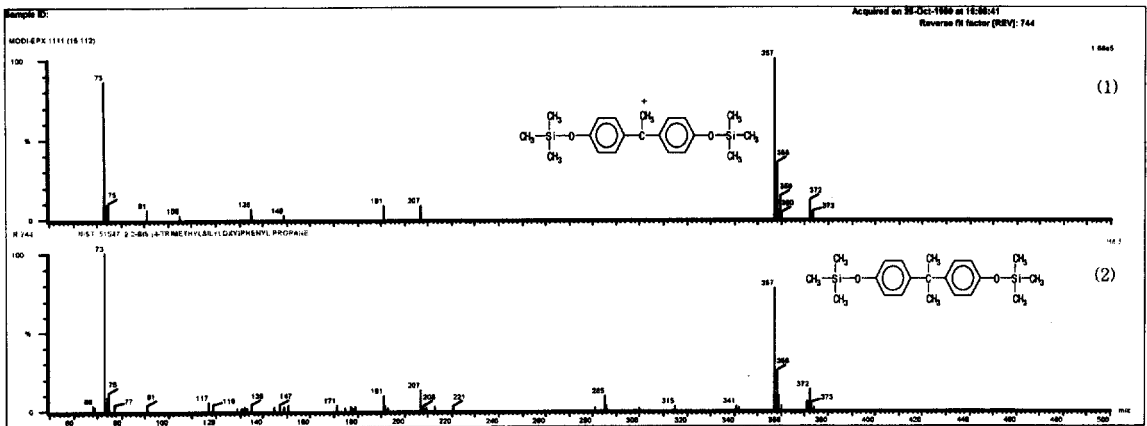


Fig. 3. Result of NIST library search on peak obtained from GC/MSD total ion scan of Fig. 2. (1), TMS-BPA of epoxy phenol ester extract; (2), NIST library.

요 약

에폭시 수지로 내면 코팅된 통조림의 각종 음료중 비스페놀류(BPF, BPA, BFDGE, BADGE)의 함유량을 형광검출기의 역상 HPLC와 GC/MS에 의해 분석할 때 시료의 처리 방법에 대하여 연구하였다. 음료에 비스페놀류의 표준액을 각각 10, 5, 1 µg/L 첨가한 후 음료의 종류에 따라 고상추출, 액상추출 및 카트리지 정제 등의 전처리 과정을 통하여 분석한 비스페놀류의 회수율을 측정하였다. 음료에 첨가한 비스페놀 중 BPA와 BADGE는 모든 음료에서 분리, 정량이 가능하였다. 커피, 식혜, 과일음료에서 BPA의 회수율은 고상추출보다 액상추출이 우수하였으며, diethyl ether에 의한 액상추출이 methylene chloride보다 우수하였다. 탄산음료와 다류에서 BPA의 회수율은 액상추출보다 고상추출이 우수하였다. BADGE의 회수율은 전처리 방법에 관계없이 모든 음료에서 BPA보다 낮았다. 시판되는 통조림 음료 18종에 대하여 최적 전처리 방법으로 처리한 후 비스페놀류의 함유량을 측정한 결과 BPA는 커피, 콜라, 홍차 식혜, 과일주스에서 각각 1.3~11.6 µg/L, 0.5~0.9 µg/L, 1.0~1.3 µg/L, 2.4~7.9 µg/L, 3.0~3.4 µg/L였으며, 맥주는 모두 검출한계(0.2 µg/L)이하였다.

감사의 글

이 연구는 보건 의료기술연구개발사업 중점공동 연구 과제(관리번호: HMP-99-F-06-0001) 중 「식품의 용기 및 포장재로부터 오염되는 내분비계 장애물질의 모니터링 및 저감화 방안」에 관한 연구결과의 일부이며, 연구비 지원에 감사를 드립니다.

문 헌

1. Bils, J.E., McNeal, T.P. and Begley, T.H. Determination of bisphenol A migration from epoxy can coating to infant formula liquid concentrates. *J. Agric. Food Chem.* 45: 4697-4700 (1997)
2. Bils, J.E., White, K.D., McNeal, T.P. and Begley, T.H. Determination of the diglycidyl ether of bisphenol A and its derivatives in canned foods. *J. Agric. Food Chem.* 47: 1965-1969 (1999)
3. Krishnan, A., Stathis, P., Permuth, S., Tokes, L. and Feldman, D. Bisphenol A: An estrogenic substance is released from polycarbonate flasks during autoclaving. *Endocrinology* 132: 2279-2286 (1993)
4. Illinois EPA. Illinois EPA endocrine disrupters strategy (1997)
5. Commission Directive (February 23, 1990) relating to plastic materials and articles intended to come into contact with foodstuffs. *Official J. Eur. Communities No. L 75/19, March 21 (1990)*
6. Korea Food & Drug Administration. Food Code, p. 542 (1999)
7. Losada, P.P., Mahia, P.L., Oderiz, L.V., Lozano, J.S. and Gandara, J.S. Sensitive and rapid reversed-phase liquid chromatography-Fluorescence method for determining bisphenol A diglycidyl ether in aqueous-food simulants. *J. Agric. Food Chem.* 39: 925-928 (1991)
8. Philo, M.R., Jickells, S.M., Damant, A.P. and Castle, L. Stability of plastics monomers in food-simulating liquids under European Union migration test conditions. *J. Agric. Food Chem.* 42: 1497-1501 (1994)
9. Biles, J.E., McNeal, T.P., Begley, T.H. and Hollifield, H.C. Determination of bisphenol A in reusable polycarbonate food-contact plastics and migration to food-simulating liquid. *J. Agric. Food Chem.* 45: 3541-3544 (1997)
10. Philo, M.R., Damant, A.P. and Castle, L. Reaction of epoxide monomers in food simulants used to test plastics for migration. *Food Addit. Contam.* 14: 75-82 (1997)
11. Wingender, R.J. and Niketas, P. Development of methods for the determination of bisphenol A in food simulants. *J. Coatings Techn.* 70: 75-82 (1998)
12. Kang, K.M. and Shin, H.S. Determination of bisphenols migrating from epoxy can coatings to aqueous food simulants. *Korean J. Food Sci. Techn.* 32: 570-577 (2000)
13. Simoneau, C., Theobald, A., Hannaert, P., Roncari, P., Roncari, A., Rudolph, T. and Auklam, E. Monitoring of bisphenol A diglycidyl ether (BADGE) in canned fish in oil. *Food Addit. Contam.* 16: 189-195 (1999)
14. Summerfield, W., Goodson, A. and Cooper, I. Survey of bisphenol A diglycidyl ether (BADGE) in canned food. *Food Addit. Contam.* 15: 818-830 (1998)
15. Kawamura, Y., Sano, H. and Yamada, T. Migration of bisphenol A from can coatings to drinks. *J. Food Hygi. Safety* 20: 1-8 (1999)
16. Sharman, M., Honeybone, C. A., Jickells, S. M. and Castle, L. Determination of residue of epoxy adhesive component bisphenol A diglycidyl ether (BADGE) in microwave susceptors and its migration into food. *Food Addit. Contam.* 12: 779-787 (1995)
17. Korean Institute of Food Hygiene. Study on safety assurance of food contact packaging and utensils. pp. 21-23 (1997)
18. Lambert, C. and Larroque, M. Chromatographic analysis of water and wine samples for phenolic compounds released from food-contact epoxy resins. *J. Chromat. Sci.* 35: 57-62 (1997)
19. Realine, P. A. Determination of priority pollutant phenols in water by HPLC. *J. Chrom. Sci.* 19: 124-129 (1981)