Printed in the Republic of Korea
ANALYTICAL SCIENCE & TECHNOLOGY
Vol. 20, No. 3, 237-245, 2007

Headspace Solid Phase Microextraction-Gas Chromatography/Mass Spectrometry를 이용한 비타민드링크 제품 중 Benzene의 미량분석

김종훈★ · 이경민
전주대학교 환경시스템학과
(2007. 4. 25. 접수. 2007. 5. 28. 승인)

Determination of the presence of benzene in vitamin drinks using headspace - solid phase microextraction and gas chromatography - mass spectrometry

Jong-Hun Kim★ and Kyung-Min Lee
Department of Environ. system Jeonju University, Jeonju 560-759, Korea
(Received April 25, 2007; Accepted May 28, 2007)

요 약: 현재 시중에서 판매되고 있는 비타민드링크 제품 중 20개사 31개 제품의 벤젠 함량을 headspace-solid phase microextraction(HS-SPME)법을 이용하여 GC/MS-SIM으로 분석을 하였다. SPME fiber는 100 μm PDMS를 사용하였다. 또한 정량방법은 표준물첨가법을 사용하였으며 40 mL vial에 용액 25 mL를 취하고 그 안에 자석젓개를 넣어 1200 rpm에서 교반시키고 4분 동안 흡착시킨 후 1분 동안 GC에서 탈착시켜 표준검량곡선을 작성하였다. 이 때 검량곡선의 상관계수 값은 0.999이상을 나타내었다. 검출한계는 시료를 분석할 때마다 산출하였는데 평균값이 0.56 ng/mL(±0.43)이었으며 회귀식이 존재하는 농도의 범위는 0~40 ng/mL였다. 그 결과 시료 중 벤젠의 함유량은 nd~47.35 ng/mL의 농도의 범위였다. 전체 시료 중 15개의 제품에서 벤젠이 검출되었으며 그 중 5개의 제품에서는 벤젠의 함량이 먹는 물 수질기준인 10 ng/mL를 넘는 각각 16.99 ng/mL, 35.14 ng/mL, 16.03 ng/mL, 47.35 ng/mL, 14.28 ng/mL가 검출되었다.

Abstract: The presence of benzene in 31 products of vitamin drinks purchased from 20 retail outlets was determined using headspace solid phase microextraction (HS-SPME) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The sample (25 ml) was stirred at 1200 rpm for 4 min using a magnetic bar with a 100 μm SPME fiber as an adsorbent for benzene which was then desorbed from the fiber for 1 min in the GC injector. Quantitation was achieved using the standard addition method. The limit of detection was determined as 0.56 ng/ml and over a concentration range 0-40 ng/ml the coefficient of correlation was greater than 0.999. The concentration of benzene in the drinks examined was in the range not detectable to 47.35 ng/ml. Benzene was detected in 15 of the drinks with concentration in 5 of them greater than 10 ng/ml which is the limit set for the presence of benzene in the Drinking Water Regulations. The concentrations of benzene in the 5 drinks which exceeded the limit of 10 ng/ml were 16.99, 35.14, 16.03, 47.35 and 14.28 ng/ml respectively.

Key words : Benzene, vitamin drink, SPME

★ Corresponding author
Phone : +82-(0)63-220-2522 Fax : +82-(0)63-220-2054
E-mail: mckim123@jj.ac.kr

www.kci.go.kr

1. 서 론

비타민드링크제는 2001년 광동제약의 '비타500'이라는 제품[1]의 출시를 시작으로 현재까지 약 100여가지의 유사 제품들이 제조되어 왔고 웰빙의 인기로 많은 양의 비타민드링크제가 판매되고 있다. 그러나 2006년 초 미국의 언론에 보도[2,3]된 미국 FDA 가 최근 시중에 판매되는 소프트드링크(탄산음료, 주스류 등 무알콜음료)류를 뉴욕의 한 연구소에 의뢰하여 벤젠 검출시험을 한 결과, 20개 제품에서 벤젠이 검출되었으며 몇 몇 제품에서는 미국의 먹는 물 기준[4]인 5 ng/mL를 최대 4배, WHO의 먹는 물 기준인 10 ng/mL를 수 배 초과하는 제품이 발견되었다는 보고와 영국, 독일, 벨기에, 덴마크 등 유럽의 다른 나라 역시 같은 내용의 조사[5]를 진행한다는 보고를 바탕으로 한국식품의약품안전청에서 우리나라에서 현재 시중에 판매되고 있는 38개 비타민드링크제 제품의 벤젠 함유량을 분석 발표[6]하였다. 비타민드링크제의 벤젠 생성기작을 살펴보면 음료수에 들어가는 화학물질인 아스코르브산(비타민C)과 안식향산방부제(안식향산나트륨 또는 안식향산칼륨)가 혼합되면서 안식향산염의 분해작용이 일어나 형성된 것이다. 1993년 "음료수에 첨가하는 안식향산나트륨(방부제)과 아스코르브산(비타민C)가 서로 반응하여 벤젠을 발생 시킨다"는 연구결과를 발표[7]한 바 있으며 미국 FDA 에서도 1990년에 이미 같은 내용의 연구가 진행[8]되었다. 또한 이 작용은 빛과 열에 음료수들이 유통과정에 노출되면서 더욱 촉진될 수 있는 것이 당시 기업들의 자체조사 결과 밝혀져 있었던 것으로 알려졌다. 한편, 벤젠의 형성작용은 자외선, 열, 금속성 이온의 함유여부에 따라 달라질 수 있는 것으로 알려져[9] 있으며 그 반응은 다음과 같다.

$-Cu^{2+}+H_2Asc \rightarrow Cu^{+}+HAsc^{*}$(1 : Ascorbic acid radical)
$-Cu^{+}+O_2 \rightarrow Cu^{2+}+O_2^{-}$(2 : Superoxide anion radical)
$-2O_2^{-}+2H^{+} \rightarrow O_2+H_2O_2$ (3 : Hydrogen peroxide)
$-Cu^{+}+H_2O_2 \rightarrow Cu^{2+}+OH^{-}+OH^{*}$ (4 : Hydroxyl radical)
$-OH^{*}+C_6H_5COO^{-} \rightarrow CO_3^{-}+C_6H_6$(Benzene)(5 : Benzene)

벤젠은 잘 알려진 발암물질이다. 또한 발암성 이외에도 빈혈, 혈소판 감소 등이 주된 건강영향으로 꼽힌다. 국제암연구센터(IARC), 세계보건기구(WHO) 등에서도 명백한 인체 발암물질로 규정되어 있으며, 우리나라에서도 환경부에서 일상 생활용품 사용 규제를 위한 조사 계획을 밝혔을 정도의 유해화학물질이다. 이에 따라 우리나라는 환경부 고시 '먹는 물 수질 기준 및 검사 등에 관한 규칙'에 의해 벤젠의 먹는물 기준을 10 ng/mL 로 두고 있다. 미국의 경우는 우리나라보다 엄격하게 먹는물 기준(최대오염물질허용수준 MCL, maximum contaminant level)을 5 ng/mL로 두고 있다. 그러나 벤젠은 발암물질로 미량이라도 인체 위해도를 증가시키므로 미국에서는 최대오염물질허용량 목표(MCLG, Maximum Contaminant Level Goal)를 0으로 설정[11]하고 있다.

수중에서의 벤젠과 같은 휘발성 유기물질의 정량방법은 주로 headspace extraction[11]과 purge & trap[11,13]을 사용하여 정량하였다. 그리고 semi-volatile 물질은 Liquid-Liquid extraction[11,12]과 SPE[11](solid phase extraction)을 사용한다. 그러나 SPME[11,15,16](Solid-Phase Microextraction) 실험법에는 휘발성 물질과 semi-volatile의 2가지 물질 모두다 접목이 가능하다. 즉 purge & trap과 SPE법은 분석물의 전량 추출 기법이고 SPME 는 분배계수에 의한 평형 분배 기법이라는 점에서 기본원리[16]가 다르다. SPME 분석 방법은 흡수나 흡착용 고분자를(PDMS:polydimethy siloxane, CW-DVB:carbowax-divinylbenzene, TPR:templated resin) 입힌 fiber에 시료를 흡착시켜 추출과 농축을 하고 그 fiber 를 GC 의 시료주입구에 주입하여 열적인 탈착 또는 유기용매에 의해 탈착시킨다. 따라서 SPME 기법은 물, 공기, 토양과 같은 다양한 환경 시료에서 유기물질을 추출하는데 활용 될 수 있으며 다양한 매질로부터 휘발성 유기물의 분석에 적용할 수 있다. 또 SPME 법은 시료의 전처리 과정이 매우 간단하고 생략할 수도 있으며 추출과 농축이 동시에 이루어지게 되어 방해물질의 영향이 적고 시료의 오염을 방지 할 수 있다. 본 연구에서는 SPME 방법을 실온에서 비타민드링크제 중의 벤젠 검출에 적용하였고, 벤젠 검출 시 최적의 조건을 확립하고 극미량의 농도까지 검출하고자 시도하였다.

2. 실 험

2.1. 분석기기

기체크로마토그래피-질량분석기로는 17A 기체크로마토그래피와 QP 5000 사중극자 분석관(quadrupole) 질량분석기(Shimazu, Tokyo, Japan)로 구성된 것을 사용하였다. GC/MS 분석을 위한 column은 DB 5 cross linked 5 % phenyl methylsilicone fused-silica capillary column(30 m×0.25 mm I.D., 0.12 μm film thickness, J & W Scientific, USA)을 사용하였다. 오븐의 온도는

www.kci.go.kr

Table 1. Molecular weight, characteristic mass, retention time, boiling point of benzene 100 ppm standard solution

Name	Molecular weight	Characteristic mass	Retention time (min)	Boiling point (°C)
Benzene	78.11	78.15	1.5(1.3~1.71)	80.1

처음 70 °C에서 3분간 머물게 한 후 1분당 40 °C씩 올려 200 °C까지 올라가게 하였으며 시료 주입구(injector)와 검출기(detector)의 온도는 각각 250 °C로 맞추었다. 시료 주입 방법은 분할 주입법(split)을 사용하였으며 분할 비는 1:2로 했으며 운반기체는 헬륨(99.999 %)을 사용했고 유속은 1.5 mL/min 로 흘려주었다. 이온화 에너지는 70 eV 가하여 생성된 이온들은 특정 질량만을 가지는 이온을 선택하여 검출하는 방법(selected ion monitering, SIM)을 사용하여 분석하였다. *Table* 1은 SIM 방법에 의한 선택된 이온과 머무름 시간을 나타냈다.

2.2. 시약 및 기구

용매인 메탄올과 벤젠원액은 Aldrich 특급시약을 사용하였으며 바이알은 40 mL 투명 바이알과 PTFE 재질로 된 스크류 뚜껑과 Silicon 마개(Aldrich)를 사용하였다. 또 RPM 조절이 가능한 디지털 교반기와 옥타곤스틸바 22 mm를 사용하였다. Fiber는 PDMS 100 μm와 PDMS/DVB 65 μm를 사용하여 시료 분석 시 감도를 비교하였다. *Fig.* 1은 SPME fiber assembly 명칭과 작동 mode를 나타낸 것이다.

2.3. 시료

비타민드링크제 시료는 전주 지역의 대형마트, 약국, 편의점과 고속도로 휴게소에서 2006년 6월 6일-8월 4일까지 수요자들이 손쉽게 구입할 수 있는 비타민드링크제를 수거하여 냉장보관하고 개봉 즉시 분석을 수행하였다.

2.4. 실험방법

2.4.1. SPME 분석조건 확립

디지털교반기를 이용하여 교반속도는 그 동안 BTEX 실험에서 보고된 1200 rpm[19]으로 고정하였다. 교반속도를 1200 rpm으로 고정한 후 2, 4, 8분간의 흡착시간을 주고 흡착량이 가장 크고 직선성이 우수한 값을 나타내는 시간대를 선택하여 흡착시간을 정하였다. 또한 시료의 분석 온도는 온도를 높이거나 낮추지 않은 실온상태 그대로 측정하였다. 이런 과정을 거쳐 벤젠 추출에 알맞은 SPME 분석조건을 확립하였다.

2.4.2. 표준용액 제조 및 검정곡선의 작성

벤젠원액을 메탄올 용매에 녹여 100 μg/mL의 벤젠 표준용액을 만들었다. 그 다음 40 mL 바이알을 이용 증류수로 전량 25 mL로 하여 각각의 바이알에 0, 5, 10, 15, 20 ng/mL의 농도로 만들고 교반기에 1200 rpm을 주어 4분 동안 흡착시키고 1분 동안 탈착시키는 방법을 이용하여 검정곡선을 작성하였다. *Fig.* 2는 표준용액제조 및 검정곡선의 작성법을 flow chart로 나타낸 것이다.

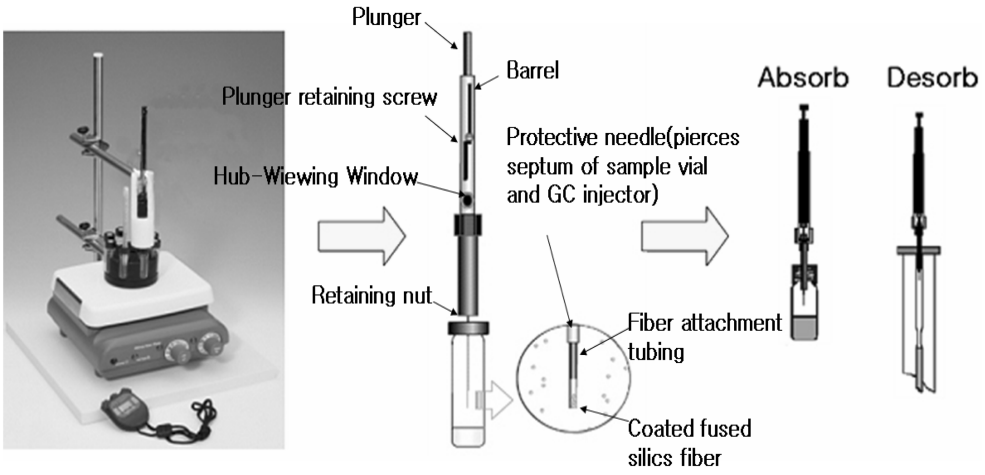

Fig. 1. Modes of SPME operation.

www.kci.go.kr

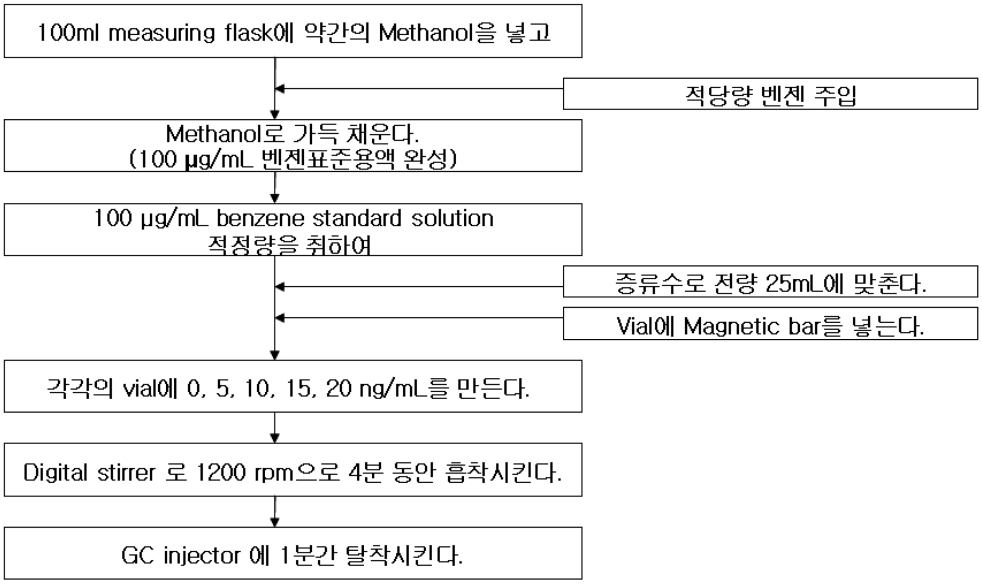

Fig. 2. Analytical procedure of benzene in vitamin drinks by HS-SPME-GC/MS.

3. 결과 및 고찰

3.1. PDMS 100 μm fiber와 PDMS/DVB 65 μm fiber의 흡착량의 차이 비교

Table 2는 PDMS 100 μm fiber와 PDMS/DVB 65 μm fiber의 벤젠의 흡착량의 차이를 나타낸 것이고 *Fig.* 3은 이를 그래프화 한 것이다. 그래프를 보면 PDMS/DVB 65 μm fiber가 많은 양의 벤젠을 흡착한 것을 볼 수 있다. 이는 fiber의 특성상 PDMS 100 μm는 무극성 fiber인 반면에 PDMS/DVB fiber는 무극성과 극성을 함께 포함한 bipolar인 fiber 이기 때문이다. 이것은 벤젠이 무극성인 PDMS fiber 보다는 bipolar 인 PDMS/DVB fiber에 더 많이 흡착되는 특성을 가지고 있는 것을 나타내는 것으로 보인다. 표준편차에 있어서 PDMS fiber 보다는 PDMS/DVB가 더 큰

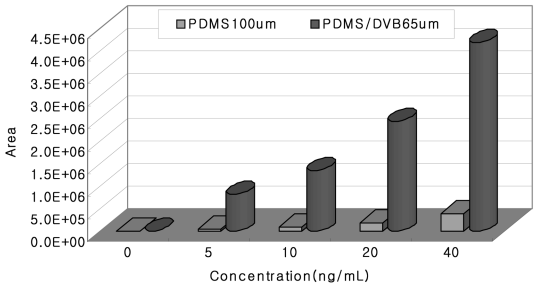

Fig. 3. Bar grape according to concentration of benzene by HS-SPME using PDMS 100 μm fiber and PDMS/DVB 65 μm fiber.

많은 편차를 보였다. 이것은 바이알에 있는 벤젠을 한 번에 많은 양을 흡착하고 탈착할 때 서서히 탈착되어 편차가 크게 나타나는 것으로 이해된다. 그러나

Table 2. Area counts according to concentration of benzene by HS-SPME using PDMS 100 μm fiber and PDMS/DVB 65 μm fiber (n=4*)

	PDMS 100 μm		PDMS/DVB 65 μm	
	Mean Area (STD)	Ratio($\frac{STD}{MA}$, %)	Mean Area (STD)	Ratio($\frac{STD}{MA}$, %)
0ppb	4985(±615)	12.3	14003(±2088)	14.9
5ppb	49507(±2086)	4.2	817218(±95671)	11.7
10ppb	98476(±2095)	2.1	1357615(±113132)	8.3
20ppb	195156(±9319)	4.7	2447803(±210100)	8.5
40ppb	387958(±14323)	3.6	4191442(±313396)	7.4

*replicated 4 times for standard calibration curve

www.kci.go.kr

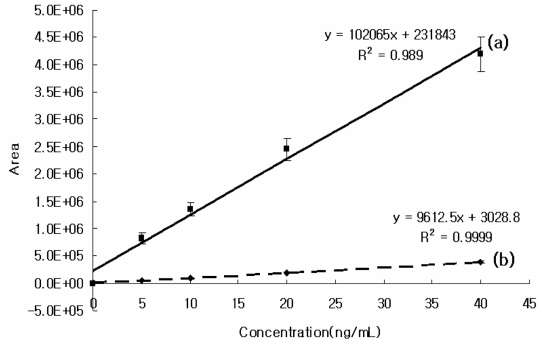

Fig. 4. Standard calibration curve for benzene at 1200 rpm; (a) PDMS/DVB 65 μm fiber, (b) PDMS 100 μm fiber.

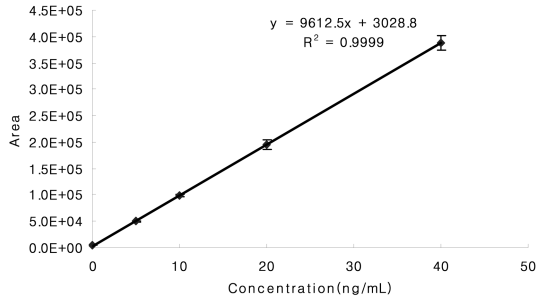

Fig. 5. Standard calibration curve for benzene at 1200 rpm for PDMS 100 μm fiber.

PDMS 100 μm fiber는 적은 양의 벤젠을 흡착하는 반면 탈착시 일시에 탈착되기 때문에 적은 표준편차 비를 나타낸다고 사료된다. 또한 이것에 대해 보다 자세히 표준검량선으로 나타낸 것이 *Fig.* 4와 *Fig.* 5이다. *Fig.* 4는 두 fiber 의 흡착량을 같이 나타냈으며, *Fig.* 5에서는 PDMS 100 μm fiber 만을 확대하여 나타낸 것이다. *Fig.* 4에서 PDMS/DVB 는 매우 높은 벤젠의 흡착량을 나타내나 절편 값이 매우 크고 회귀직선 값(R^2)도 0.989로 다소 작게 나타나 매우 낮은 농도의 벤젠 검출시 적합하지 않음을 알 수 있었다. 또한 *Fig.* 5에서 PDMS fiber 가 비록 벤젠의 흡착량이 PDMS/DVB fiber에 비해 작지만 작은 절편 값과 0.9999를 보이는 회귀직선 값(R^2)은 극미량의 벤젠을 검출하기에 적합하다고 판단하였다. PDMS/DVB가 PDMS fiber 보다 표준용액에서 10배 이상의 벤젠의 흡착능력을 보여서, PDMS/DVB fiber를 실제 비타민드링크 제품에 적용하여 표준물첨가법에 의한 검량선을 작성하였으나 검량선의 오차가 매우 커 검량선 자체를 그릴 수가 없었다. 이것은 비타민드링크제에 포함되어 있는 여러 가지 극성물질이 PDMS/DVB fiber 에 흡착하여 간섭을 일으키기 때문이라 판단되어, 비록 작은 면적 값을 갖지만 실제 시료에서 간섭을 하지 않는 PDMS 100 μm가 적당하다고 고려되었다. 따라서 이번 실험에서는 PDMS 100 μm fiber를 선택하여 실험을 실시하였다.

3.2. PDMS 100 μm fiber의 농도별 시간에 따른 흡착량

PDMS 100 μm fiber를 선택하여 벤젠의 농도와 시

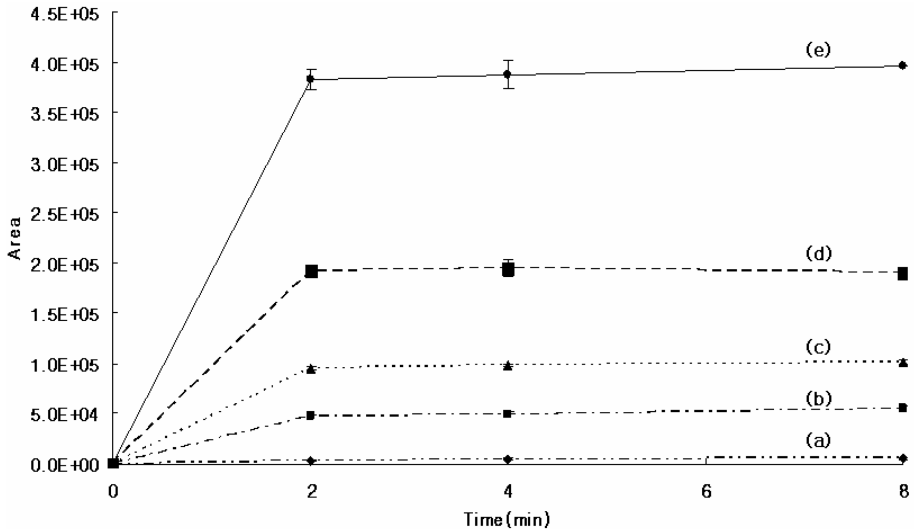

Fig. 6. Absorption time profiles obtained for a standard solution analysed by HS-SPME using 100 μm PDMS fiber at 1200 rpm; (a) 0 ng/mL, (b) 5 ng/mL, (c) 10 ng/mL, (d) 20 ng/mL, (e) 40 ng/mL.

www.kci.go.kr

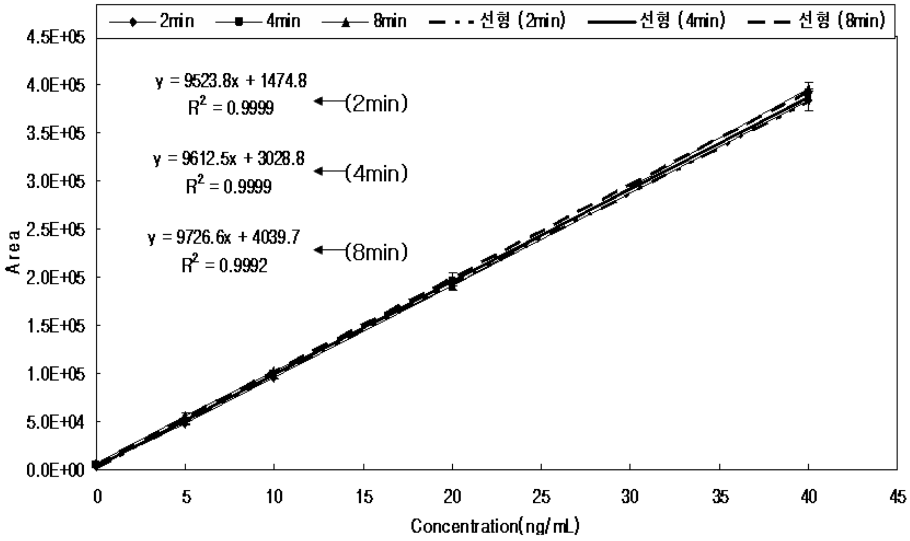

Fig. 7. Standard calibration curve for benzene obtained by HS-SPME-GC/MS.

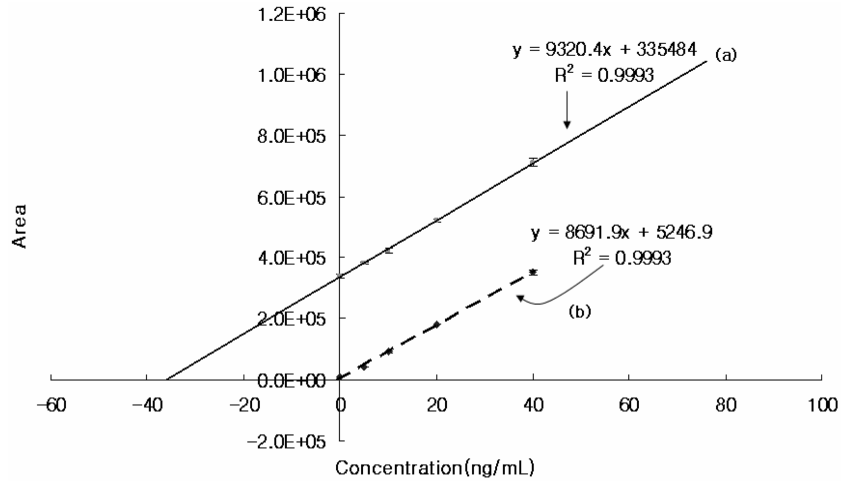

Fig. 8. Calibration curve of standard addition method for vitamin drinks; (a) sample, (b) standard calibration curve.

간에 따른 면적의 비를 *Fig.* 6에 나타냈으며 이때 선택한 바이알 안에 자석막대의 교반속도는 1200 rpm으로 고정하였는데 이 값은 BTEX 분석 시 가장 좋은 효율을 나타내는 값으로 보고[20]된바 있다. *Fig.* 6에서 보면 SPME fiber는 2분 정도가 되면 바이알 속의 벤젠과 완전히 평형을 이루어 그 후 4분, 8분까지 계속 지속됨을 알 수 있었다. 높은 농도에서는 큰 면적 값을 나타내고 낮은 농도에서는 작은 면적 값을 나타낸다. 또한 0~40 ng/mL의 벤젠 농도 범위에서 작성된 표준보정곡선이 *Fig.* 7이고 각각의 시간대(2분, 4분, 8분)에 따른 회귀분석에 의한 상관계수(R^2) 값이 각각 0.9999, 0.9999, 0.9992로 매우 훌륭한 값을 얻었다. 따라서 시료의 정량에서는 4분 동안 흡착 시킨 후 탈착하여 시료를 정량하고자 하였다.

3.3. 여러가지 비타민드링크의 농도 및 검출한계

비타민드링크제품의 농도 결정은 기존의 표준검량선법과 시료인 비타민드링크 제품에 여러 농도의 벤젠을 첨가하는 표준물첨가법을 각각의 시료에 적용하여 *Fig.* 8과 같이 작성하여 농도를 계산하였다. 이때 매 시료마다 증류수를 이용하여 표준검량곡선을 작성하고 표준물 첨가법을 이용한 벤젠의 농도

www.kci.go.kr

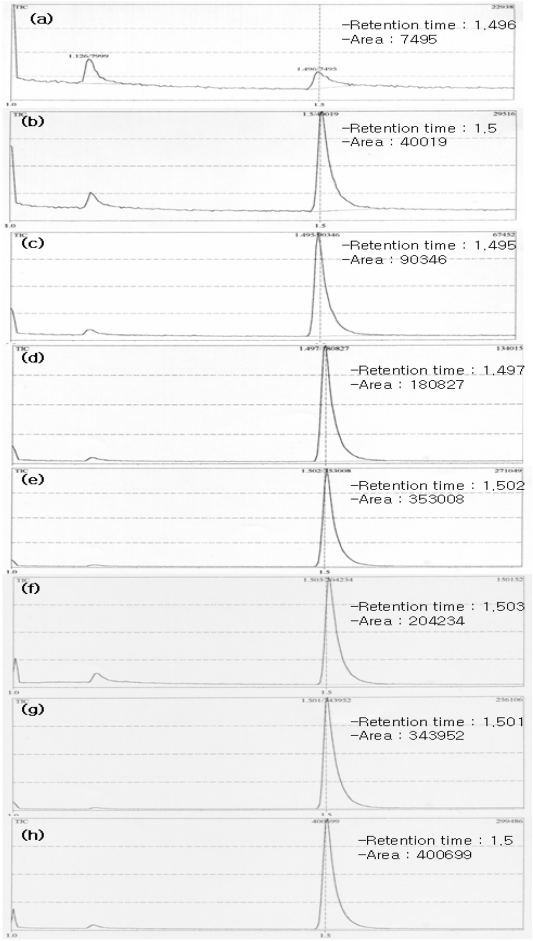

Fig. 9. Calibration curve of standard addition method for vitamin drinks;(a)~(e) standard calibration curve, (f)~(h) sample.

의 직선성을 확인 하여 얻은 크로마토그램은 *Fig.* 9와 같다.

표준물첨가법에 의한 시료의 정량은 정량시 마다 각각 개별 시료에 대한 표준곡선을 벤젠의 농도 0~40 ng/mL에서 직선성을 확인하였고, 이를 근거로 표준물첨가법을 이용하여 정량하였으며, 각각의 시료에 대한 정량결과와 일자, 회귀식, 상관계수, 검출한계를 *Table* 3에 나타냈다. *Table* 3에서 상관계수(R^2) 값은 0.9856~ 0.9996 범위이며 매우 좋은 직선성을 나타냈다. 검출한계 값은 0.25~1.51 ng/mL로 평균은 0.52(±0.42) ng/mL로 매우 낮은 농도까지 검출이 가능하였다. 비타민드링크 제품 중 벤젠의 정량결과를 *Table* 4와*Table* 5에 나타냈다. 그 결과 20개 회사의 31개 제품 중에서 15개에서 벤젠이 검출되었으며 함유량은 nd~47.35 ng/mL의 농도 범위였다. 그러나 벤젠이 검출되지 않은 제품은 16개로 전체의 50 %에 해당됐으며 10 ng/mL 이하로 검출된 제품은 10개였다. 이 중 5개 시료 VT1, VT14, VT16, VT18, VT31은 벤젠의 농도가 먹는물 수질기준인 10 ng/mL 를 상회하는 각각 16.99 ng/mL, 35.14 ng/mL, 16.03 ng/mL, 47.35 ng/mL, 14.28 ng/mL을 나타내었다. 따라서 이들 제품에 대해서는 2차로 시중에서 시료를 구입하여 정량한 결과가 *Table* 5이다.

그 결과 VT1, VT14, VT18, VT31의 시료에 대하여 각각 0.30 ng/mL, 35.45 ng/mL, 44.33 ng/mL, 18.03 ng/mL 를 나타내었다. VT1의 제품은 2차 분석결과 값이 1차에 비하여 매우 낮아졌고 다른 제품은 비슷한 결과를 얻었다. VT1 값이 낮아진 이유는 비타민드링크 제품에서 발생하는 벤젠의 문제점을 개선한 것으로 사료된다. 따라서 시중에 유통되고 있는 많은 비타민드링크 제품의 벤젠 함량이 아직도 음용수 기준을 초과함을 알 수 있었고 이에 대한 관련 법규가 필요하다고 사료된다.

Table 3. Summary of regression equation, coefficient of correlation and detection limit for benzene analysis in vitamin drinks

Analysis date	Regression eqn.	Coefficient of correlation (R^2)	Detection limit (ng/mL)	Sample name
6, June, 2006	y = 16073x + 21503	0.9996	0.26	VT4, VT30, VT1, VT8
19, July, 2006	y = 7949x + 5336	0.9962	0.14	VT10, VT12, VT2
21, July, 2006	y = 9337x + 13793	0.9978	0.32	VT28, VT3, VT20, VT5, VT6
24, July, 2006	y = 11600x + 22378	0.9856	0.37	VT7, VT27, VT9, VT11
26, July, 2006	y = 9779x + 36762	0.9951	1.51	VT31, VT25, VT24, VT13
28, July, 2006	y = 9922x + 22387	0.9967	0.6	VT19, VT15, VT14, VT17
1, Aug, 2006	y = 10013x + 17147	0.9881	0.59	VT26, VT22, VT16, VT29, VT18
4, Aug, 2006	y = 8917x + 19709	0.9960	0.69	VT23, VT21
27, Aug, 2006	y = 8691x + 5246	0.9930	0.18	VT31, VT1, VT14, VT18

www.kci.go.kr

Table 4. 1st analysis results of various vitamin drinks (n=4*) (Unit : ng/mL)

Sample name	Sampling date	Company	Concentration (STD)
VT 1	5, June, 2006	D약품	16.99(±3.31)
VT 2	19, July, 2006	D약품	0.74(±0.37)
VT 3	19, July, 2006	H식품	nd
VT 4	5, June, 2006	H식품	1.10(±0.60)
VT 5	19, July, 2006	H식품	nd
VT 6	19, July, 2006	D사	2.71(±0.26)
VT 7	23, July, 2006	D사	nd
VT 8	5, June, 2006	D사	nd
VT 9	23, July, 2006	K제약	nd
VT 10	19, July, 2006	K제약	nd
VT 11	23, July, 2006	K제약	1.15(±0.16)
VT 12	19, July, 2006	D제약	nd
VT 13	24, July, 2006	S제약	nd
VT 14	27, July, 2006	S제약	35.14(±3.15)
VT 15	25, July, 2006	Y사	nd
VT 16	31, July, 2006	Y사	16.03(±0.51)
VT 17	27, July, 2006	Y약품	1.12(±0.45)
VT 18	31, July, 2006	Y약품	47.35(±4.13)
VT 19	25, July, 2006	Y약품	nd
VT 20	19, July, 2006	N제약	1.67(±0.37)
VT 21	31, July, 2006	A약품	nd
VT 22	31, July, 2006	J사	nd
VT 23	31, July, 2006	S사	nd
VT 24	24, July, 2006	DY제약	1.77(±0.29)
VT 25	24, July, 2006	YD사	nd
VT 26	31, July, 2006	YY사	nd
VT 27	23, July, 2006	DS사	1.70(±0.18)
VT 28	19, July, 2006	C사	0.73(±0.37)
VT 29	31, July, 2006	YH사	1.62(±0.13)
VT 30	5, June, 2006	L사	nd
VT 31	24, July, 2006	DH사	14.28(±1.49)

*replicated 4 times for standard addition method

Table 5. 2nd analysis results of various vitamin drinks (n=4*) (Unit : ng/mL)

Sample name	Sampling date	Company	Concentration (STD)
VT 1	27, Aug, 2006	D약품	0.30(±0.15)
VT 14	27, Aug, 2006	S제약	35.45(±1.72)
VT 18	27, Aug, 2006	Y약품	44.33(±1.70)
VT 31	27, Aug, 2006	DH사	18.03(±0.97)

*replicated 4 times for standard addition method

4. 결 론

비타민드링크제에 포함된 벤젠을 HS-SPME 방법에 의하여 기존의 실험방법(Purge & Trap) 보다 빠른 시간에 분석할 수 있었으며 복잡한 전처리 과정 없이 손쉽게 검출 할 수 있었다.

이때 최적의 fiber는 PDMS/DVB 보다는 PDMS fiber가 재현성과 신뢰도가 높았다. 또한 GC/MS-SIM의 방법을 이용하여 별도의 전처리 과정을 거치지 않아도 방해 물질의 간섭없이 정량이 가능하였다. 검출한계는 0.26~1.51 ng/mL의 범위로 평균 0.52 ng/mL (±0.42)로 다른 실험방법에 비해서 낮은 농도까지 검출할 수 있었고 기존의 비타민드링크제의 분석법(Headspace-GC/MS)과 비교 할 때 기존의 방법은 검출한계가 1 ng/mL를 갖는 것에 비하여 PDMS에 의한 HS-SPME 방법은 평균 0.52 ng/mL로 낮은 농도까지 가능했으며 검출시간도 매우 단축시킬 수 있었다. 비타민드링크제 제작 회사들의 벤젠 발생 방지를 위한 적극적인 대책 방안이 요구되며 이를 통제하기 위한 국가적 규제가 필요한 시점이라 사료된다.

참고문헌

1. 국민일보 2006.3.6.
2. http://www.ewg.org/issues/toxics/20060228/index.php
3. http://www.beveragedaily.com/news/ng.asp?id
4. http://www.epa.gov/safewater/dwh/c-voc/benzene.
5. http://www.foodanddrinkeurope.com/news/ng.asp?id
6. http://kfda.go.kr/open_content/kfda/news/notice_view.php?seq=344
7. Gardner, LK and Lawrence, GD. J Agric Food Chem **40**, 693-695 (1993).
8. http://www.ecofem.or.kr/bbs/board.php?bo_table=news&wr_id=75#c_98
9. http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/securit/chem-chim/benzene/index_e.html
10. Korean Women's Environmental Network 보도자료
11. Kristof Demeestere, Jo Dewulf, Bavo De Witte and Herman Van Langenhove, *J. Chromatogr. A* (2007).
12. Sophie Guillot, Mary T. Kelly, Hlne Fenet and Michel Larroque, *J. Chromatogr. A,* **1101**, 46-52 (2006).
13. Milena Povolo and Giovanna Contarini, *J. Chromatogr. A,* **985**, 117-125 (2003).
14. D. Louch, S. Moltagh and J. Pawliszyn, *Anal. Chem.,* **64**, 1187-1199 (1992).
15. Heather Lord, Janusz Pawliszyn, *J. Chromatogr. A*, **885**, 153-193 (2000).

www.kci.go.kr

16. Janusz Pawliszyn, “Applications of solid phase-microextraction”, Department of Chemistry University of Waterloo, Waterloo, RSC CHROMATOGRAPHY MONOGRAPHS, 1999.
17. Óscar Ezquerro, Gustavo Ortiz, Begoa Pons and Mara Teresa Tena, *J. Chromatogr. A,* **1035**, 17-22 (2004).
18. Kim, T. J., *Korea Chem. Soc.*, **15**, 51A-62A (2002).
19. Janusz Pawliszyn, “SOLID-PHASE MICROEXTRACTION: Theory and Practice”, course notes, Department of Chemistry University of Waterloo, April 2004.
20. Gangfeng Ouyang, Yong Chen, Lucie Setkova, Janusz Pawliszyn, *J. Chromatogr. A,* **1097**, 9-16 (2005).
21. Aiping Wang, Fang Fang, Janusz Pawliszyn, J. Chromatogr. A, **1072**, 127-135 (2005).
22. Jing-fu Liu, Ning Li, Gui-bin Jing, Jie-min Liu, Jan Ake Jonsson, Mei-juan Wen, *J. Chromatogr. A,* **1066**, 27-32 (2005).
23. J. C. Florez Menendez, M. L. Fernandez Sanchez, J. E. Sanchez Uria, E. Fernandez Martinez, A. Sanz-Medel, *Analytica Chimica Acta*, **415**, 9-20 (2000).

www.kci.go.kr