

매실농축액의 에틸카바메이트 분석과 노출량 평가

최보경·고은미[†]

서울여자대학교 식품영양학과

Determination of Ethyl Carbamate in *Maesil* Extract and Estimated Daily Intake

Bogyoung Choi · Eunmi Koh[†]

Department of Food and Nutrition, Seoul Women's University, Seoul 139-774, Korea

Abstract

The analytical method for ethyl carbamate (EC) in *maesil* (*Prunus mume*) extract was developed with deuterium-labeled ethyl carbamate as an internal standard. Samples were neutralized with an addition of 1 N sodium hydroxide solution, followed by a solid phase extraction with a Chem Elut cartridge. A standard curve exhibited a good linearity with correlation coefficient of 0.9991. The limit of detection (LOD) and limit of quantification (LOQ) were 2.91 ng/g and 8.83 ng/g, respectively. The recovery rate of EC ranged from 91.40% to 120.90%. The precision never exceeded 12.57% (intra-day) and 11.03% (inter-day). Samples were comprised of 24 home-made and 7 commercially-available *maesil* extracts. Eight home-made samples contained EC at levels between 3.39 and 75.76 ng/g. Three commercially-available samples had EC at levels between 11.67 and 20.16 ng/g. Average daily intakes of EC from *maesil* extracts for consumers were 0.23 g/kg of body weight. Based on a benchmark dose confidence limit (BMDL₁₀) of 0.25 mg/kg of body weight/day, the margin of exposure (MOE) of EC in *maesil* extract for consumers was 94,150, which is not of concern. Considering that a daily intake of *maesil* extract has been increasing, further studies on the formation of EC in *maesil* extract is needed.

Key words: *maesil* extract, ethyl carbamate, LOD, LOQ, precision

I. 서론

2000년 우리나라의 매실(*Prunus mume*) 재배면적은 1,114 ha이었으며(Statistics Korea 2000), 2012년에 매실 2,829 톤이 매실농축액, 매실주, 매실 절임, 매실 장아찌 등으로 가공되었다(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs 2014). 특히, 매실을 설탕으로 숙성시킨 매실농축액의 다양한 효능이 알려진 후 음료 또는 조미식품으로의 사용량이 급증하고 있다. 2011년 우리 국민의 매실농축액 섭취자를 기준으로 1인 1일 평균 섭취량은 0.81 g 이라고 보고되었다(Korea Health Industry Development Institute 2013).

에틸카바메이트는 식품의 발효 및 저장과정에서 자연적으로 생성되는 화합물로서, 체내에서 vinyl carbamate로 대사된 후 epoxidation을 걸쳐 DNA adduct를 형성하여 돌연변이성을 나타내는 것으로 알려져 있다(Mirvish SS

1968). 국제암연구소는 에틸카바메이트를 인체발암추정물질인 Group 2A로 분류하였다(International Agency for Research on Cancer 2007). 캐나다, 체코, 미국 등은 알코올 음료 별 에틸카바메이트의 최대 허용치를 설정하고 규제하고 있는 반면에, 우리나라는 포도주에만 30 µg/kg로 기준규격이 설정되어 있다.

핵과류(stone fruits; 살구, 매실 등)의 과육과 씨 부분에 고농도로 존재하는 시안배당체는 효소에 의해 시안화수소산(HCN)으로 가수분해된 후 cyanate로 산화된다(Aresta M 등 2001). 알코올 음료의 발효과정에서 cyanate은 에탄올과 반응하여 에틸카바메이트를 생성한다고 알려져 있다(Munoz F 등 2000, Aresta M 등 2001, Fox NJ & Stachwiak GW 2007, Stodolak B 등 2007). 핵과류인 매실의 씨 부분에는 시안배당체인 아미그달린 이 높게 함유되어 있기 때문에(Barceloux DG 2008), 매실농축액의 발효과정에서 에틸카바메이트의 생성 가능성을 배제하기 어렵다. 그럼에도 불구하고 지금까지 우리 국민이 섭취하고 있는 매실농축액의 에틸카바메이트 함량에 대한 보고가 전무한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 가정에서 직접 제조된 매실농축액과 상업용 매실농축액을 수집하여 에틸카바메이트

[†]Corresponding author: Eunmi Koh, Department of Food and Nutrition, Seoul Women's University, Hwarang-ro, Nowon-gu, Seoul 139-774, Korea
Tel: +82-2-970-5649
Fax: +82-2-970-4049
E-mail: kohem7@swu.ac.kr

의 분석방법을 정립하여 정량 분석한 후, 매실농축액 섭취를 통한 에틸카바메이트의 노출량을 추정하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료 및 시약

실험에 사용된 디클로로메탄(dichloromethane)은 J.T. Baker사(California, PA, USA)의 HPLC등급을 사용하였으며, 염화나트륨과 수산화나트륨 및 에틸카바메이트는 시그마-알드리치(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 내부표준물질인 d₅-ethyl carbamate는 CDN isotopes(Pointe-Claire, Quebec, Canada) 제품을 사용하였다. 시료의 전처리에 사용된 정제컬럼(Chem Elut, 50 mL)은 Agilent(Milwaukee, WI, USA)에서 구입하였다.

2. 표준용액 제조

에틸카바메이트 표준용액과 d₅-ethyl carbamate 내부표준용액은 AOAC(2000)의 방법에 근거하여 제조되었다. 에틸카바메이트와 d₅-ethyl carbamate를 칭량하여 아세톤에 녹여 1,000 µg/mL가 되도록 표준원액 및 내부표준원액을 각각 제조하고, 아세톤을 가해 10 µg/mL로 희석하였다. 내부표준원액은 증류수를 가해 400 ng/mL로 희석하여 실험 용액 조제 시 내부표준용액으로 사용하였다.

3. 표준검량곡선

디클로로메탄을 이용하여 내부표준용액은 400 ng/mL로 희석하고, 표준용액은 7.5, 10, 25, 50, 100 ng의 5가지 농도로 조제하여 검량곡선을 작성하였다. 검량곡선은 표준용액에서 얻어진 표준물질과 내부표준물질의 m/z 62와 m/z 64의 피크에 대한 면적 비율을 Y축으로 하고 표준용액과 내부표준물질의 농도 비율을 X축으로 하여 검량곡선을 작성하였다. 시료의 면적 비를 Y축에 대입하여 에틸카바메이트의 농도를 계산하였다.

4. 시료 수집

2014년 1~5월에 가정에서 직접 제조된 매실농축액 24개를 전국에서 수집하였으며, 수집된 지역은 서울, 경기도, 강원도, 충청도, 경상도, 전라도이었다. 시중에 유통되고 있는 매실농축액 7개를 2014년 10월에 온라인으로 구입하였다.

5. 시료 전처리

시료 전처리 방법은 포도주에서 에틸카바메이트를 분석하는 방법인 식약처 공고 2008-35호(Korea Food and Drug Administration 2008)에 근거하였으며, 분석효율을 높이기

위해 전처리 방법을 일부 수정하였다. 매실농축액(pH 2.76~3.14)은 1 N 수산화나트륨 용액으로 중화시킨 후 pH meter(3200P, Agilent, Shanghai, China)로 확인하였다. 중화된 시료 10 g을 칭량하여 내부표준물질인 d₅-ethyl carbamate(250 µL of 400 ng/mL)를 첨가하고 증류수를 가해 총 40 g이 되게 한 후 염화나트륨을 첨가하였다. 고체상 추출(solid phase extraction)칼럼인 Chem Elut(Agilent Technologies, Milwaukee, WI, USA)에 시료 용액을 넣고, 증류수 10 mL로 비커의 잔류물을 씻어 Chem Elut에 넣었다. 4분간 정치하여 흡착시킨 후 디클로로메탄 80 mL로 2회 에틸카바메이트를 용출하였다. 용출액은 25°C 이하의 water bath(SB-1200, EYELA, Shanghai, China)에서 2-3 mL로 감압농축 하였다. 농축액을 파스퇴르 피펫(Hilgenberg GmbH, Malsfeld, Germany)으로 눈금이 있는 v-vial로 옮기고 플라스크에 남아있는 농축액을 디클로로메탄 1 mL로 2회 씻어 옮긴 후, 질소농축기(EYELA, MG-2200, Tokyo, Japan)를 이용하여 1 mL로 정확하게 농축하였다. 농축액은 Table 1의 분석조건에서 기체크로마토그래피/질량분석기(7820A Gas Chromatograph/5977E Mass Spectrometer, Agilent Technologies Inc., Shanghai, China)로 분석되었다.

6. 분석법 검증

회수율은 에틸카바메이트가 검출되지 않은 매실농축액 시료를 사용하여 측정하였다. 매실농축액에 3가지 농도의 에틸카바메이트(10, 50, 100 ng)와 내부표준물질인 d₅-ethyl carbamate(100 ng)을 첨가하여 시료와 동일한 방법으로 분석하였다. 분석법의 유효성을 검증(method validation)하기 위해 intra-day는 동일한 날에 3가지 농도를 각각 3반복으로 실시하였으며, inter-day는 서로 다른 날짜에 3일 동안 1반복씩 실시하여 회수율을 측정하였다. 검출한계(limit of detection, LOD)와 정량한계(limit of quantification,

Table 1. GC/MS analytical condition of ethyl carbamate in *maesil* extract

Instrument	7820A GC-5977E MSD (Agilent technologies)
Injection mode	Splitless
Injection temperature	210°C
Column	DB-WAX (30 m × 0.25 mm, 0.25 µm, thickness) 60°C → 10°C/min to 90°C → 2°C/min to
Oven temp.	130°C held for 5 min → 20°C/min to 220°C held for 3 min
Carrier gas	He (1.0 mL/min)
Ionization mode	Electron impact at 70 eV
Source temperature	230°C
Interface temperature	240°C

LOQ)는 최소농도의 표준편차와 검량선의 기울기를 이용하여 계산하였다.

$$LOD = 3.3 \times \sigma/S, LOQ = 10 \times \sigma/S$$

σ = 최소농도의 표준편차

S = 검량곡선의 기울기

7. 에틸카바메이트의 노출량 평가

2011년 국민영양통계에서 우리 국민의 체중 kg당 1인 1일 매실농축액 평균섭취량(Korea Health Industry Development Institute 2013)과 본 연구에서 얻은 매실농축액의 에틸카바메이트 함량을 이용하여 우리 국민의 에틸카바메이트 노출량을 추정하였다. BMDL₁₀(benchmark dose lower confidence limit)은 mice의 폐포 및 세기관지 선종 또는 암종(alveolar and bronchiolar adenoma or carcinoma)에서 도출된 0.25 mg/kg of body weight/day(Schlatter J 등 2010)를 사용하여 노출력(margin of exposure, MoE)를 산출하였으며, 사용된 수식은 다음과 같다.

$$MoE = BMDL_{10} (0.25 \text{ mg/kg of body weight/day}) / \text{인체노출량(mg/kg of body weight/day)}$$

III. 결과 및 고찰

1. 표준검량곡선

감도가 높은 질량분석기를 검출기로 사용하여 50에서 200 원자질량범위에서 주사된 총이온크로마토그램(total ion chromatogram)에서 에틸카바메이트와 내부표준물질인 d₅-ethyl carbamate가 분리되었다(Fig. 1). 에틸카바메이트의 질량스펙트럼에서 m/z 62, 74, 89가 주 토막이온이었으며, d₅-ethyl carbamate의 질량스펙트럼에서는 m/z 64, 76, 94가 주요 토막이온이었다(Fig. 2). 따라서, 선택성과

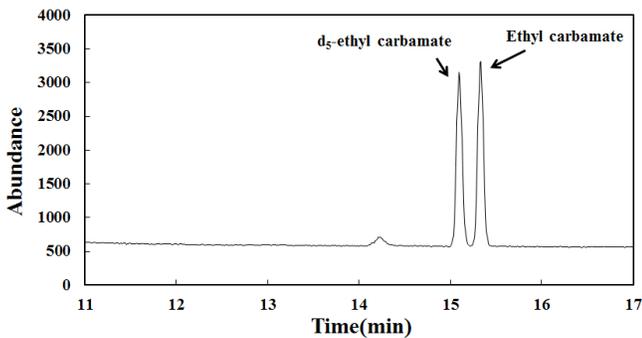


Fig. 1. Total ion chromatogram of ethyl carbamate (m/z 62, 74, 89) and d₅-ethyl carbamate (m/z 64, 76, 94) by SIM mode. Concentration ratio of ethyl carbamate and d₅-ethyl carbamate was 1:1.

감도가 높은 토막이온인 m/z 62(에틸카바메이트)와 m/z 64(d₅-ethyl carbamate)가 에틸카바메이트의 정량분석에 이용되었다. 에틸카바메이트의 농도 별(7.5, 10, 25, 50, 100 ng/mL) 용액과 내부표준물질(100 ng/mL)의 면적 비(에틸카바메이트/d₅-ethyl carbamate)를 Y축으로 하고 농도비를 X축으로 하여 검량곡선을 작성하였다(Fig. 3). 표준검량곡선은 직선성을 나타내었다.

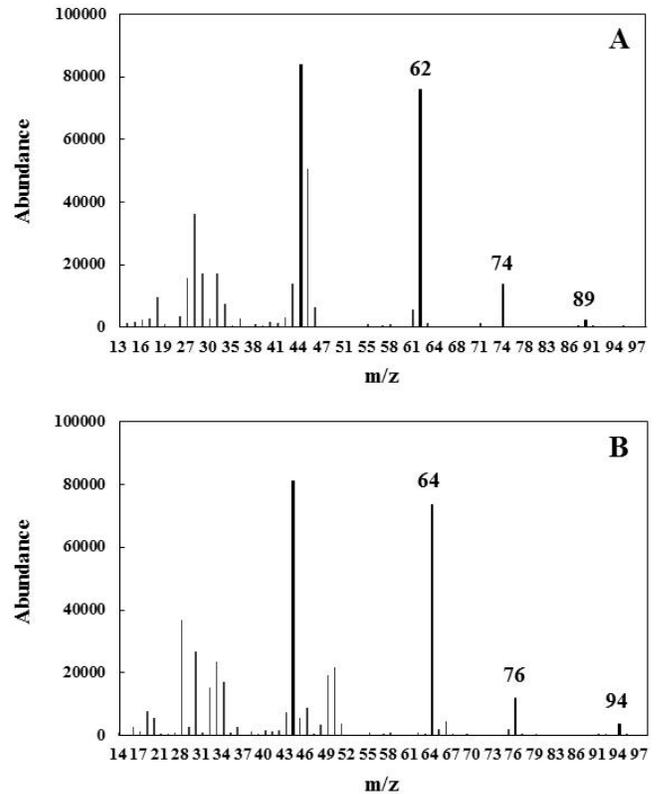


Fig. 2. Mass spectra of ethyl carbamate (A) and d₅-ethyl carbamate (B).

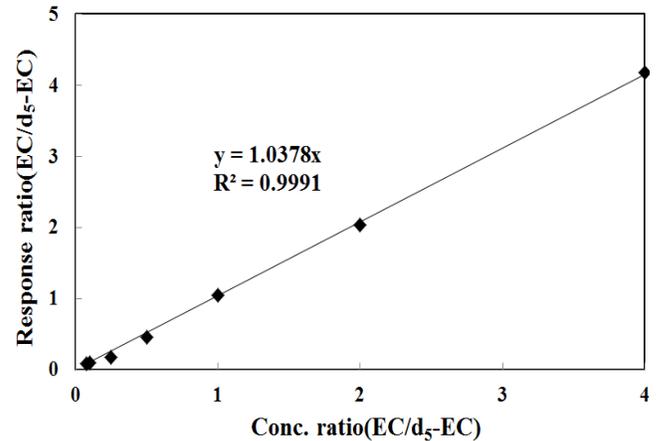


Fig. 3. Linearity of standard curve in ethyl carbamate and internal standard (d₅-ethyl carbamate).

2. 분석법의 유효성 검증

에틸카바메이트 10, 50, 100 ng과 내부표준물질인 d₅-ethyl carbamate 100 ng을 시료에 첨가하여 회수율, 검출한계(LOD), 검량한계(LOQ)를 확인하였다. 검출한계(LOD) 및 정량한계(LOQ)는 각각 2.91 ng/g과 8.83 ng/g이었다. 이것은 Park LY 등(2007)이 주류에서 에틸카바메이트의 검출한계 및 정량한계로 보고한 2 ng/g, 10 ng/g과 비슷한 수치였다.

정확성 및 정밀성은 일내(intra-day), 일간(inter-day)으로 구분하여 Table 2에 나타내었다. 하루에 반복적인 작업을 3회 실시하여 도출된 일내 정확성은 91.40-120.90%이었으며, 정밀성은 5.37-12.57%이었다. 또한 3일 동안 반복적인 작업을 실시하여 도출된 일간 정확성은 100.09-114.30%이었으며, 정밀성은 6.97-11.03%로 나타났다. Codex에서 제시하는 10-100 ng/g인 화합물의 정량분석에 적합한 정확도와 정밀도의 범위가 70~120%이므로(Codex Alimentarius Commission 2007), 본 연구의 분석법은 국제기준에 적합하다고 판단하였다.

Table 2. Recoveries of ethyl carbamate in spiked amounts levels (n = 3)

	Spiked amounts ^{a)} (ng)	EC (ng/g)	Accuracy (%)	RSD (%)
Intra-day	10	12.09	120.90	12.50
	50	54.05	108.10	5.37
	100	91.40	91.40	12.57
Inter-day	10	11.21	112.10	6.97
	50	57.15	114.30	10.06
	100	100.09	100.09	11.03

^{a)} Sample (10 g) were spiked with ethyl carbamate 10, 50, 100 ng/g, respectively.

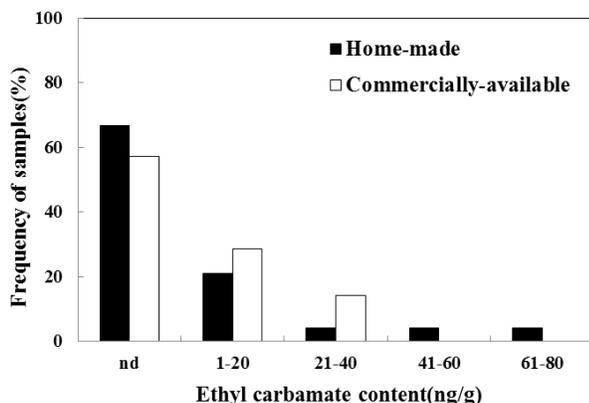


Fig. 4. Distribution of ethyl carbamate concentration in home-made and commercially-available *maesil* extracts. nd: not detected.

3. 에틸카바메이트 함량

가정에서 제조된 24개 매실농축액 중 8개 시료에서 에틸카바메이트가 검출되었고, 나머지 16개 시료에서는 검출되지 않았다. 검출된 매실농축액의 범위는 3.39-75.76 ng/g이었으며, 분석된 모든 시료의 평균 함량은 8.14 ng/g이었다. 상업용 매실농축액 7개 중 3개 시료에서 에틸카바메이트가 검출되었으며, 나머지 4개 매실농축액에서는 검출되지 않았다. 상업용 매실농축액 중 검출된 시료의 에틸카바메이트 검출 범위는 11.67-20.16 ng/g이었으며, 분석된 모든 시료의 평균함량은 6.70 ng/g이었다. 가정에서 제조된 매실농축액과 상업용 매실농축액의 에틸카바메이트 함량 분포를 Fig. 4에 나타내었다. 가정용과 상업용 매실농축액 시료 중 에틸카바메이트가 검출된 시료의 빈도는 각각 33.3% 와 42.9%이었다. 가정에서 제조된 매실농축액 시료 2개의 에틸카바메이트 함량이 61-80 ng/g 범위로 높게 나타났다. 상업용 매실농축액의 에틸카바메이트 검출빈도는 가정용 매실농축액에 비해 높았지만, 전반적으로 에틸카바메이트 농도가 높지 않았다.

핵과류에 속하는 매실은 씨앗과 과육부분에 배당체 형태인 cyanogenic glycoside를 함유하고 있다(Barceloux DG 2008). 핵과류의 발효 및 숙성과정에서 cyanogenic glycoside가 효소에 의해 분해된 후 산화되어 cyanate를 생성하는데, 이 화합물이 에탄올과 반응하면 에틸카바메이트가 생성된다고 알려져 있다(Munoz F 등 2000, Aresta M 등 2001, Fox NJ & Stachowiak GW 2007, Stodolak B 등 2007). Riffikin HL 등(1989)과 Aresta M 등(2001)은 시안화물로부터 에틸카바메이트의 생성기전에 pH, 빛, 에탄올 함량, 온도, 촉매금속 등이 영향을 준다고 보고하였다. 즉, 에틸카바메이트의 함량 차이는 매실농축액을 제조하여 발효·숙성 및 저장하는 동안 여러 인자에 의해 복합적으로 영향을 받게 된다. 매실과 설탕을 원료로 사용되는 매실농축액은 i) 발효·숙성 중 분해된 시안화수소와 고농도의 당에 존재하는 효모에 의해 생성된 에탄올과의 반응으로 에틸카바메이트가 생성될 수 있으며, ii) 에틸카바메이트는 수용성 물질이며 당에 의한 삼투압 현상으로 매실 내부의 수분이 용출되면서 시안화 화합물과 함께 용출 될 가능성이 있다. Park LY 등(2007)은 매실주 제조 시 매실에 존재하는 에틸카바메이트 전구체인 시안배당체는 숙성과정 중에 용출될 우려가 있으므로 침출기간은 100일 이내가 적절하다고 하였다. Kim NY 등(2013)은 매실과 설탕을 1:1비율로 제조된 매실농축액에서 15일 간격으로 90일 시점까지 숙성기간 동안 에틸카바메이트가 검출되지 않았다고 보고하였다. 하지만, 본 연구에서 수집된 가정에서 제조된 매실농축액 시료의 지역별 제조 방법과 숙성기간이 1-2년으로 다양하여 Kim NY 등(2013)의 매실 숙성기간보다 4-8배 더 길었다. 더구나, 에틸카바메이트 함량이 가장 높게 검출된 매실농축액은 매실을

Table 3. Daily intake (g/kg of body weight/day)^{a)} of *maesil* extract of Koreans and margin of exposure (MoE)^{b)}

		Average	STDEV	p1	p5	p10	p25	p50	p75	p90	p95	p99	n ^{c)}
Intake	All ^{d)}	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0.33	33,745
	Consumer ^{e)}	0.23	0.02	0	0	0	0.01	0.03	0.13	0.62	1.17	3.06	2,142
MoE	All	2,165,440	0	0	0	0	0	0	0	0	2,165,440	65,619	-
	Consumer	94,150	1,082,720	0	0	0	2,165,440	721,813	166,572	34,926	18,508	7,077	-

a) National food and nutrition statistics 2011 based on 2011 Korea National Health and Nutrition Examination Survey (KNHNES).

b) MoE = BMDL₁₀ (0.25 mg/kg of body weight/day)/estimated daily exposure (mg/kg of body weight/day).

c) Number of people who participated in the KNHNES.

d) Daily intake of all people participating in the KNHNES.

e) Daily intake of people who consumed a *maesil* extract.

설탕액에서 분리하지 않고 장기간 숙성시킨 시료로 확인되었다. 따라서, 에틸카바메이트의 전구체인 시안화 화합물이 액상으로 용출된 후 설탕 발효로 생성된 에탄올과 반응하여 에틸카바메이트가 더 많이 생성되었을 것으로 생각된다.

4. 에틸카바메이트의 노출량 평가

국민영양통계(Korea Health Industry Development Institute 2013) 자료를 근거하여 우리 국민의 매실농축액 평균섭취량, 분포도 및 노출량을 Table 3에 제시하였다. 우리 국민의 체중 kg당 1인 1일 매실농축액의 평균섭취량은 0.01 g이었으며, 대상자 중 매실농축액 섭취자의 체중 kg당 1인 1일 평균섭취량은 0.23 g이었다(Table 3). 우리 국민의 에틸카바메이트 노출량을 평가하기 위해 매실농축액 31개의 에틸카바메이트 평균함량인 11.545 ng/g을 매실농축액 섭취량에 곱하여 에틸카바메이트 노출량을 산출하였다. 에틸카바메이트 섭취량에 의한 노출력(MoE)은 폐포, 세기관지 선종 또는 암에 대한 BMDL₁₀값인 0.25 mg/kg of body weight/day값을 이용하여 산출하였다. 조사대상자 전체 또는 매실농축액 섭취자의 평균섭취량으로 계산된 노출력(MoE)은 각각 2,165,440과 94,150이었다. 유럽식품안전청은 에틸카바메이트의 노출력(MoE)이 18,000 이상인 경우에는 우려되는 수준이 아니라고 하였다(European Food Safety Authority 2007). 따라서, 매실농축액의 평균적인 섭취량에 의한 우리 국민의 에틸카바메이트 노출량은 우려할 만한 수준은 아니다.

하지만, 매실농축액의 섭취량은 개인의 식습관에 따라 크게 달라진다. 따라서, 과다 섭취자에 대한 위해성 평가도 반드시 필요하다. Table 3에 제시된 매실농축액의 섭취량 분포를 보면, 매실농축액을 섭취한 사람의 경우에 과다섭취자(95%)의 체중 kg당 1인 1일 섭취량은 1.17 g으로 평균섭취량에 비해 5배 정도 높았다. 결과적으로 과다섭취자(95%)의 노출력(MoE)도 18,508로 크게 감소되어, 유럽식품안전청이 에틸카바메이트의 노출량이 우려되는 수치라고 보고한 18,000에 매우 근접하였다.

이상의 결과를 종합하였을 때 매실농축액에 존재하는 에틸카바메이트 함량은 우리 국민의 평균적인 식습관을 기준으로 건강에 유해하게 작용하지는 않을 것이다. 하지만, 매실농축액의 제조방법에 따라서 에틸카바메이트 함량이 차이가 클 뿐만 아니라 매실농축액 섭취량도 개인에 따라 큰 차이가 있으므로 지속적인 모니터링이 필요할 것이다. 최근, 매실을 이용한 다양한 발효식품이 음료 및 조미식품으로서의 이용이 증가함에 따라 매실관련 식품의 1인 1일 섭취량이 증가하고 있다. 따라서 매실제품에 의한 위해성을 정확하게 평가하기 위해서는 매실농축액 이외의 다른 매실발효제품에서의 에틸카바메이트 정량이 필수적이며, 생성기전 등을 밝히는 연구가 필요하다 고 하겠다.

IV. 결론

본 연구에서는 매실농축액의 에틸카바메이트의 존재 여부를 확인하기 위하여 분석방법을 정립하고 우리 국민이 섭취하고 있는 매실농축액을 수집하여 그 존재를 확인함으로써 건강 위해 요인을 확인하는데 목적을 두었다. 매실농축액을 중화시킨 후 고체상 추출법을 이용하여 수분과 비극성 물질을 제거하였다. 에틸카바메이트의 검출한계(2.91 ng/g), 검량한계(8.83 ng/g), 정밀도(91.40-120.90%) 및 정확도(12.57%)가 국제기준에 부합되어, 매실농축액의 에틸카바메이트 분석에 적절한 것으로 나타났다. 가정에서 제조된 매실농축액과 상업용 매실농축액의 에틸카바메이트 검출농도 범위는 3.39-75.76 ng/g과 11.67-20.16 ng/g이었으며, 총 시료 31개의 에틸카바메이트 평균함량은 11.545 ng/g이었다. 우리 국민의 체중 kg당 1인 1일 매실농축액의 평균섭취량과 본 연구에서 도출된 에틸카바메이트 함량을 곱하여 산출된 노출력(MoE)이 2,165,440이었다. 이는 매실농축액을 통한 에틸카바메이트 노출량은 우려할 만한 수준이 아닌 것을 의미한다. 하지만, 과다섭취자(95%)의 노출력은 18,508로 우려되는 수준에 근접하였다.

감사의 글

이 논문은 2015학년도 서울여자대학교 교내학술특별연구비의 지원을 받았음.

References

- AOAC. 2000. AOAC official method 994.07: Ethyl carbamate in alcoholic beverages and soy sauce. In: AOAC official methods of analysis. 17th ed. AOAC International. Gaithersburg, MD. USA pp 14-15
- Aresta M, Boscolo M, Franco DW. 2001. Copper (II) catalysis in cyanate conversion into ethyl carbamate in spirits, and relevant reactions. *J Agric Food Chem* 49(6):2819-2824
- Barceloux DG. 2008. Medical toxicology of natural substances: foods, fungi, medicinal herbs, plants, and venomous animals. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ. USA pp 336-352
- Codex Alimentarius Commission. 2007. Report of the 17th session of the codex committee on residues of veterinary drugs in foods. Available from: <http://www.codexalimentarius.net/web/archires.jsp?year=08>. Accessed September 3, 2014
- European Food Safety Authority. 2007. Ethyl carbamate and hydrocyanic acid in food and beverages – Scientific opinion of the panel on contaminants. *EFSA J* 551:1-44. Available from: http://www.efsa.europa.eu/EFSA/efsa_locale-1178620753812_1178655060600.htm. Accessed January 12, 2015
- Fox NJ, Stachowiak GW. 2007. Vegetable oil-based lubricants-a review of oxidation. *Tribology Int* 40(7):1035-1046
- International Agency for Research on Cancer. 2007. IARC Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to man. *Int Agency Res Cancer* 7:111-140
- Kim NY, Eom MN, Do YS, Kim JB, Kang SH, Yoon MH, Lee JB. 2013. Determination of ethyl carbamate in maesil wine by alcohol content and ratio of maesil (*Prunus mume*) during ripening period. *Korean J Food Preserv* 20(3):429-434
- Korea Food and Drug Administration, Korean Food Code. 2008. Official amendment notice no. 2008-25. Korea Food and Drug Administration. Available from: <http://www.kfda.go.kr>. Accessed August 2, 2014
- Korea Health Industry Development Institute. 2013. National food & nutrition statistics 2011: Based on 2011 Korea national health and nutrition examination survey. Korea Health Industry Development Institute. Osong, Korea pp 1033-1386
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Fruit processing industry in Korea. p 8. Available from: <http://library.mafra.go.kr/skyblueimage/16702.pdf>. Accessed December 26, 2014
- Mirvish SS. 1968. The carcinogenic action and metabolism of urethane and N-hydroxyurethane. *Adv Cancer Res* 11:1-42
- Munoz F, Schuchmann MN, Olbrich G, von Sonntag C. 2000. Common intermediates in the OH-radical-induced oxidation of cyanide of formamide. *J Chem Soc Perkin Trans* 2(4): 655-659
- Park LY, Chae MH, Lee SH. 2007. Effect of ratio of Maesil (*Prunus mume*) and alcohol on quality changes of Maesil liqueur during leaching and ripening. *Korean J Food Preserv* 14(6): 645-649
- Riffikin HL, Wilson R, Howie D, Muller S. 1989. Ethyl carbamate formation in the production of pot still whisky. *J Inst Brew* 95(2):115-119
- Schlatter J, Dinovi M, Setzer BW. 2010. Application of the margin of exposure (MoE) approach to substances in food that are genotoxic and carcinogenic example: ethyl carbamate (CAC 51-79-6). *Food Chem Toxicol* 48(suppl):S63-S68
- Statistics Korea. 2000. Maesil production in Korea. Available from: http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1NH328&conn_path=13. Accessed December 17, 2014
- Stodolak B, Starzynska A, Czyszczon M, Zyla K. 2007. The effect of phytic acid on oxidative stability of raw and cooked meat. *Food Chem* 101(3):1041-1045

Received on Jan.22, 2015/ Revised on Mar.3, 2015/ Accepted on Mar.5, 2015