

젓갈류 및 배추김치에서의 바이오제닉 아민류 함량 조사 연구

신상운* · 김영숙 · 김양희 · 김한택 · 엄경숙 · 홍세라 · 강효정 · 박광희 · 윤미혜

경기도보건환경연구원 보건연구기획팀

Biogenic-Amine Contents of Korean Commercial Salted Fishes and Cabbage Kimchi

Sang-Woon Shin*, Young-Sug Kim, Yang-Hee Kim, Han-Taek Kim, Kyoung-Suk Eum, Se-Ra Hong, Hyo-Jeong Kang, Kwang-Hee Park and Mi-Hye Yoon

Public Health Research Planning Team, Gyeonggi-Do Institute of Health and Environment, Suwon 16205, Korea

We determined the contents of 11 biogenic amines in 20 types of cabbage kimchi, 10 types of fish sauce, and 40 types of salted fish purchased from small- and medium-sized grocery stores in Gyeonggi-Do, Republic of Korea, from June to October 2017. The content of each of the biogenic amines in the various types of cabbage kimchi was slightly lower than that in detection amounts of each of the 10 types of biogenic amines and the values reported by Joe *et al.* The histamine content of all five types of anchovy sauce was lower than the limit set by the European Union (400 mg/kg), but that of three of the five types of sand lance sauce was higher. Analyzing the ratios of the contents of five highly toxic biogenic amines to those of the 11 biogenic amines yielded no quantitative correlation. The estimated daily intake of the five highly toxic biogenic amines in cabbage-kimchi and fermented fish was ≤ 6 mg.

Key words: Biogenic amines, Exposure assessment, Histamine, Salted fish, Kimchi

서 론

Biogenic amines (BAs)은 미생물, 식물, 동물의 대사과정에 서 아미노산의 탈탄산작용 혹은 알데하이드와 케톤의 아미노화 와 아미노기 전이반응을 통해 생성되며(Karovicova and Kohajdova, 2005) 지방족(putrescine, cadaverine, spermine, spermidine), 방향족(tyramine, phenylethylamine), 헤테로고리구조(histamine, tryptamine)를 가진 형태로 되어있다(Silla-Santos, 1996). 이러한 BAs는 호르몬, 알카로이드, 핵산, 단백질 등의 생합성을 위한 전구물질로 알려져 있으며, 체온 및 혈압조절 등의 기능을 갖는 것으로 보고되었다(Silla-Santos, 1996; Greif *et al.*, 1997). 또한, putrescine, spermidine, spermine과 cadaverine은 살아있는 세포의 구성성분으로 핵산작용의 조절, 단백질 합성과 막 안정성에 중요한 역할을 하고 있으며, 식품의 향과 맛에도 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Halasz *et al.*, 1994). BAs는 인체에서 생합성되는 필수 생리물질로서 합성·분해의 대사과정을 통해 일정한 균형을 이루고 있다. 일반적으로 인체

에는 바이오제닉 아민을 분해하는 mono-, diamine oxidase가 소장에 존재하여 무독화하는 시스템을 갖추고 있다. 하지만 과잉의 아민이 섭취되는 경우, 우울증 치료제인 phenelzine과 같은 mono-amine oxidase inhibitors (MAOIs)를 복용하고 있는 환자의 경우, 술을 과량 섭취한 경우, putrescine과 cadaverine 등이 함께 존재하는 경우 및 소장에 질환이 있는 경우에는 효소의 작용이 이루어지지 않아 BAs가 소량 섭취되어도 인체에 유해한 증상이 나타날 수 있다(Bjeldanes *et al.*, 1978; Chu and Bjeldanes, 1981). 또한 putrescine, spermidine, spermine은 중앙생장을 촉진하며(Bardocz, 1995), agmatine, spermine, spermidine 등은 발암물질인 nitrosamine의 전구체로 알려져 있다(Halasz *et al.*, 1994). 특히, histamine은 scro-mbrotoxicosis를 유발하는 것으로 알려져 있으며, tyramine은 혈관수축에 관여하여 ‘cheese reaction’을 통한 고혈압 및 편두통을 유발하는 것으로 알려져 있다(Bardocz, 1995; Cho *et al.*, 2006). 이러한 독성으로 인해, 미국 FDA는 수산물에서 histamine 50 mg/kg, tyramine 100 mg/kg, 총 BAs 1,000 mg/kg을 수산물의 잔류

*Corresponding author: Tel: +82. 31. 250. 2582 Fax: +82. 31. 250. 2588

E-mail address: bearwoon@gg.go.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0013>

Korean J Fish Aquat Sci 52(1), 13-18, February 2019

Received 12 November 2018; Revised 17 December 2018; Accepted 26 December 2018

저자 직위: 신상운(연구사), 김영숙(연구기획팀장), 김양희(연구관), 김한택(연구사), 엄경숙(행정주사보), 홍세라(공무직), 강효정(공무직), 박광희(연구부장), 윤미혜(연구원장)

허용기준으로, EU에서는 histamine 100 mg/kg, 총 BAs 300 mg/kg을 수산물의 잔류허용기준으로, histamine 400 mg/kg을 젓갈류의 잔류허용기준으로 제안하고 있으며(Lehane and O'Leary, 2000; Hu et al., 2012) 우리나라의 경우 2013년 수산물 중 냉동어류, 염장어류, 통조림, 건조/절단 등 단순처리한 것에 한하여 histamine 기준을 200 mg/kg로 설정하여 관리하고 있다(MFDS, 2016). 발효 식품 내에 BAs의 함량은 합성효소인 아미노산 탈탄산효소 활성과 분해 효소인 바이오제닉 아민 산화효소 활성에 의해 결정된다. BAs의 생성은 식품의 위생적 측면 뿐만 아니라 발효기술 등의 제조방법에 따라 좌우되기 때문에 국내외의 연구들은 맥주, 소시지, 치즈 등 발효식품의 BAs 함유량조사와 함께 이들 성분을 최소화하는 방향으로 진행되고 있다(Cho et al., 2006). 액젓의 BAs 저감화를 위한 연구로는 액젓을 제조할 때 단백질 분해효소 또는 starter를 첨가하여 BAs 생성균의 생육을 저해하는 방법(Yongsawatdigul et al., 2007; Jeong et al., 2014; Udomsil et al., 2015), 액젓에 chlorine dioxide 첨가하는 방법(Zaman et al., 2011), 양념류의 에탄올 추출물 첨가에 의한 저해 효과(Zhou et al., 2016), 어류 가공품의 pH를 4.5 이하로 낮추어 탈탄산 효소 활성의 억제(Dapkevicius et al., 2000), 또는 감마선 조사에 의한 BAs 생성균의 생육 억제(Kim et al., 2004) 등의 연구가 진행되었으나 실효성 및 현장 적용에는 문제점이 있는 실정이다(Um et al., 2016). EU에서는 젓갈류의 histamine 기준을 400 mg/kg으로 설정하여 관리하고 있지만(EU, 2013) 우리나라의 경우에는 배추김치에 많이 사용되는 멸치액젓이나 까나리액젓 또는 각종 수산물가공식품인 젓갈류의 BAs에 대한 기준이 설정되어 있지 않아 수산식품 위생 및 국민 건강을 위해 BAs 관리의 필요성이 꾸준히 제기되고 있다. 또한, 발효제조 특성상 식품내 생성잔류 가능한 BAs 함량이 일정하지 않음에 따라 지속적인 모니터링과 관리가 필요하다. 따라서 현시점에서 기준설정이 되어있지 않은 수산가공식품에서의 BAs 잔류 정도를 모니터링 하여 향후 수산가공식품의 BAs 기준설정 및 관리와 더불어 소비자에게 유용한 정보를 제공하기 위해 이번 조사 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

실험에 사용한 배추김치(20건) 및 젓갈류(50건)는 2017년 6월부터 10월까지 경기도 중소형 유통매장에서 구입하였다. Biogenic amine 표준품인 agmatine (AGM) (97%), putrescine (PUT), cadaverine (CAD) (95%), spermidine (SPD), spermine (SPM), tryptamine (TRY) (97.5%), histamine (HIS), tyramine (TYR) (98.5%), β -phenylethylamine (PHE), serotonin (SER) (98%), noradrenaline (NOR) (98%), dopamine (DOP)와 내부 표준물질로서 사용되는 1,7-diaminoheptane (IS) (98%) 및 유도체시약 dansyl chloride는 모두 Sigm-Aldrich (St Louis, Mis-

souri, USA)제품을 사용하였다. 이동상인 acetonitrile (Sigm-Aldrich, St Louis, Missouri, USA)은 HPLC급을 사용하였으며, ether (Sigm-Aldrich, St Louis, Missouri, USA) 등은 모두 특급 시약을 사용하였다.

표준용액 조제

각 표준품 및 내부표준물질을 0.1N HCl에 녹여 약 1,000 mg/L가 되도록 한 것을 표준원액으로 사용하였고 이를 각 혼합하여 IS는 98 mg/L, AGM 및 DOP는 각각 30 mg/L, PUT, CAD, SPD, CAD, SPM, TRY, HIS, TYR, PHE, SER 및 NOR은 각각 10 mg/L정도로 희석한 것을 혼합 표준용액으로 하였다(Fig. 1). 정량분석시 검량선은 혼합표준용액농도를 기준으로 1/2씩 단계희석하여 적용하였다.

시료추출 및 유도체화

BAs의 분석은 식품공전의 수산물에 대한 규격(MFDS, 2016)에 준하여 실시하였다. 시료 1.0 mL에 0.1N HCl을 가하여 50 mL로 정용하여 시험용액으로 사용하였다. 시험용액 1.0 mL를 시험관에 취하고 여기에 내부표준용액 0.1 mL, 포화탄산나트륨용액 0.5 mL와 1% dansyl chloride 용액 0.8 mL를 가하여 충분히 혼합한 후 마개를 하여 45°C에서 1시간 유도체화하였다. 유도체화한 표준용액 및 시험용액에 10% proline 용액 0.5 mL 및 ether 5 mL를 가하여 10분간 진탕하고 상층액을 취하여 질소 가스로 농축한 뒤 acetonitrile 1 mL를 가하여 녹이고 0.45 μ m syringe filter로 여과한것을 HPLC system (Ultimate 3000, ThermoFisher scientific co., Massachusetts, Waltham, USA)으로 분석하였으며, 분석 조건은 Table 1과 같다.

회수율 및 검출 한계

회수율은 시료에 표준물질을 10 mg/kg이 되도록 용액을 조제

Table 1. Analytical conditions of liquid chromatography

Instrument	High-performance liquid chromatography		
Column	BEH C18 (4.6×250 mm×5 μ m)		
Flow rate	1 mL/min		
Gradient	Time (min)	A ¹ (%)	B ² (%)
	0	55	45
	10	55	45
	15	65	35
	20	80	20
	25	80	20
	30	90	10
	35	90	10
Mobile phase	A-Acetonitrile, B-H ₂ O		
Detector	254nm		

A¹, Acetonitrile; B², H₂O.

하여 첨가 한 뒤 분석법에 따라 3회 반복 처리하여 측정하였다.

검출한계(limits of detection, LOD)와 정량한계(limits of quantitation, LOQ)는 ICH guideline (ICH Expert Working Group, 2005)에서 제시한 아래 산출방법에 따라 구하였다.

$$LOD=3.3 \times \sigma/S$$

$$LOQ=10 \times \sigma/S$$

σ =The standard deviation of Y intercept

S=The slope of the calibration curve

결과 및 고찰

회수율, 검출한계 및 정량한계

오징어젓갈에서의 분석대상 BAs 12종의 회수율, 검출한계 및 정량한계는 Table 2와 같다. 상관계수는 0.9902-0.9996으로 양호한 직선성을 보였다. 분석대상 BAs 12종의 LOD는 0.03-0.80 mg/kg, LOQ는 0.06-2.43 mg/kg 수준이었고 회수율은 AGM 56.3% (상대표준편차 4.5%)을 제외한 BAs 11종은 81.4%-97.4%, 상대표준편차는 10% 이내로 본 연구의 실험 수행에 적합한 것으로 판단되었다.

품목별 분석 결과

시료의 분석결과는 Table 3에 나타내었다. 배추김치에 존재

하는 PUT은 2.3 mg/kg-148.6 mg/kg (평균 47.6 mg/kg), TRY은 불검출-74.8 mg/kg (평균 11.6 mg/kg), CAD은 0.9 mg/kg-39.8 mg/kg (평균 8.3 mg/kg), TYR은 1.1 mg/kg-27.9 mg/kg (평균 8.3 mg/kg), HIS은 불검출-21.8 mg/kg (평균 6.3 mg/kg)으로 검출되었다. 그 외 BAs는 10 mg/kg 미만이었다. 배추김치는 배추에 식염, 고춧가루, 마늘, 젓갈 등 부재료를 넣어 만든 발효식품으로 김치에 많이 사용되는 액젓의 사용량에 따라 BAs 함량이 늘어날 수 있으며(Mah et al., 2004; Cho et al., 2006), 저장 및 숙성 과정에서 미생물의 작용으로 BAs 함량이 늘어날 수 있다(Kalac et al., 1999). 따라서 본 실험에 사용한 김치가 모두 숙성 후 저장 보관 중이던 시료임에도 불구하고 기존 연구보고(Cho et al., 2006)와 BAs 각각의 검출량 평균을 비교 하였을 때 NOR, DOP을 제외한 10종의 BAs 함량이 다소 낮게 나타난 것은 현대인의 식생활 변화에 맞추어 김치 제조 시 액젓의 사용량이 줄었거나 BAs 저감화 노력으로 액젓에 포함된 BAs의 함량이 줄었을 가능성이 있다. 하지만 일부 김치에서 Kalac et al. (1999)이 제안한 BAs 허용기준 HIS 10 mg/kg, TYR 20 mg/kg 이하보다 높은 검출량을 나타내어 BAs에 대한 저감화 노력과 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 보인다. 젓갈은 어류, 갑각류, 연체동물류 등의 전체 또는 일부분을 주원료로 하여 식염을 가하여 발효 숙성시킨 식품이다. 액젓은 젓갈을 여과하거나 분리한 액 또는 이에 여과 분리하고 남은 것을 재발효 또는 숙성시킨 후 여과하거나 분리한 액을 혼합한 것을 말한다(MFDA 2016). 멸치액젓은 TRY 35.0 mg/kg-193.5 mg/kg (평균 118.5 mg/kg), PHE 20.0 mg/kg-36.9 mg/kg (평균 28.2 mg/kg), PUT 41.8 mg/kg-173.3 mg/kg (평균 99.6 mg/kg), CAD 100.0 mg/kg-253.0 mg/kg (평균 173.3 mg/kg)이 검출되었다. HIS의 경우 196.0 mg/kg-393.2 mg/kg (평균 274.3 mg/kg)이 검출되었고 실험에 사용한 멸치액젓 5건 모두 EU 연합 기준인 400 mg/kg 미만이었다. 또한 SER 불검출-17.9 mg/kg (평균 11.2 mg/kg), TYR 211.4 mg/kg-446.0 mg/kg (평균 325.6 mg/kg), SPD 0.8 mg/kg-6.7 mg/kg (평균 5.0 mg/kg), NOR은 불검출, DOP 5.5 mg/kg-23.8 mg/kg (평균 14.2 mg/kg), SPM 1.4 mg/kg-4.1 mg/kg (평균 2.3 mg/kg)을 나타내었다. 까나리액젓에서 TRY 122.5 mg/kg-242.5 mg/kg (평균 156.7 mg/kg), PHE 18.3 mg/kg-32.5 mg/kg (평균 22.3 mg/kg), PUT 30.8 mg/kg-43.8 mg/kg (평균 39.1 mg/kg), CAD 52.5 mg/kg-168.3 mg/kg (평균 99.4 mg/kg)이 검출되었다. HIS의 경우 183.4 mg/kg-1038.9 mg/kg (평균 495.5 mg/kg)이 검출되었고 실험에 사용한 까나리액젓 5건 중 2건(183.4 mg/kg, 209.1 mg/kg)을 제외한 나머지 3건(424.0 mg/kg, 622.1 mg/kg, 1038.9 mg/kg)은 모두 EU 연합 기준 400 mg/kg을 초과하였다. 또한 SER 9.2 mg/kg-41.5 mg/kg (평균 22.6 mg/kg), TYR 155.7 mg/kg-252.4 mg/kg (평균 183.3 mg/kg), SPD 3.4 mg/kg-6.4 mg/kg (평균 4.8 mg/kg), NOR은 불검출-5.4 mg/kg (평균 1.8 mg/kg), DOP 11.8 mg/kg-46.9 mg/kg (평균 25.0 mg/kg), SPM 1.2 mg/kg-5.6 mg/kg

Table 2. LOD, LOQ and recoveries of in squid jeotgal

Biogenic amines	Correlation coefficient (r ²)	LOD ¹ (mg/kg) (n=6)	LOQ ² (mg/kg) (n=6)	Recovery $\pm$ SD (%) (n=3)
AGM ³	0.9972	0.80	2.43	56.3 $\pm$ 4.5
TRY	0.9990	0.26	0.79	84.7 $\pm$ 4.2
PHE	0.9965	0.19	0.57	97.4 $\pm$ 4.3
PUT	0.9970	0.28	0.86	85.6 $\pm$ 4.7
CAD	0.9945	0.44	1.32	91.1 $\pm$ 1.6
HIS	0.9902	0.13	0.40	95.4 $\pm$ 3.6
SER	0.9991	0.03	0.09	84.5 $\pm$ 4.2
TYR	0.9996	0.05	0.16	82.2 $\pm$ 1.5
SPD	0.9942	0.11	0.35	81.4 $\pm$ 1.3
NOR	0.9950	0.02	0.06	85.2 $\pm$ 4.2
DOP	0.9978	0.07	0.21	85.4 $\pm$ 4.4
SPM	0.9988	0.42	1.27	83.4 $\pm$ 1.8

¹Limit of detection. ²Limit of quantification. ³AGM, agmatine; TRY, tryptamine; PHE, β -phenylethylamine; PUT, putrescine; CAD, cadaverine; HIS, histamine; SER, serotonin; TYR, tyramine; SPD, spermidine; NOR, noradrenaline; DOP, dopamine; SPM, spermine.

kg (평균 2.5 mg/kg)을 나타내었다. HIS의 경우 기존연구에서 Cho et al. (2006)은 멸치액젓 352.5 mg/kg-1127.6 mg/kg (평균 624.5 mg/kg), 까나리액젓 215.4 mg/kg-1124.1 mg/kg (평균 584.2 mg/kg)으로 보고하였고 Kim et al. (2011)은 멸치액젓 421.2-1507.1 mg/kg (평균 763.0 mg/kg), 까나리액젓 419.1 mg/kg-1025.5 mg/kg (평균 666.5 mg/kg)으로 높은 검출량을 보고하였는데 본 실험에서는 멸치액젓은 모두 EU 연합 기준인 400 mg/kg 미만이었으며 까나리액젓은 5건 중 3건의 시료에

서 EU 연합 기준인 400 mg/kg을 넘는 검출량을 나타내어 멸치액젓보다 까나리액젓의 HIS 함량이 더 높은 것으로 나타났다. 본 실험에 사용한 멸치액젓의 멸치 함량은 75%-77%, 까나리액젓의 까나리 함량은 50% 였다. 이번 연구결과에서 까나리액젓의 함량이 더 적음에도 불구하고 HIS 함량이 높게 나타난 것은 어종이나 숙성정도에 따른 것으로 판단된다. 멸치액젓 및 까나리액젓의 BAs 함량은 여전히 높은 수준이지만 김치 등 식품의 부재료로 소량 첨가되어 섭취되므로 위해성이 높지 않을

Table 3. The contents of biogenic amines in cabbage-kimches, salt-fermented fish sauces and salt-fermented fish products (mg/kg)

Samples	N ¹	TRY ²	PHE	PUT	CAD	HIS	SER	TYR	SPD	NOR	DOP	SPM	Total ⁵
Cabbage-Kimchi	20	ND-74.8 ³ (11.6)	ND ⁴ -2.0 (0.5)	2.3-148.6 (47.6)	0.9-39.8 (8.3)	ND-21.8 (6.3)	ND-2.8 (0.8)	1.1-27.9 (8.3)	ND-6.7 (2.9)	ND-3.6 (1.3)	ND-2.1 (0.5)	ND-5.1 (1.1)	
Salt fermented anchovy sauce	5	35.0-193.5 (118.5)	20.0-36.9 (28.2)	41.8-173.3 (99.6)	100.0-253.0 (173.3)	196.0-393.2 (274.3)	ND-17.9 (11.2)	211.4-446.0 (325.6)	0.8-6.7 (5.0)	ND	5.5-23.8 (14.2)	1.4-4.1 (2.3)	
Salt fermented sand lance sauce	5	122.5-242.5 (156.7)	18.3-32.5 (22.3)	30.8-43.8 (39.1)	52.5-168.3 (99.4)	183.4-1038.9 (495.5)	9.2-41.5 (22.6)	155.7-252.4 (183.3)	3.4-6.4 (4.8)	ND-5.4 (1.8)	11.8-46.9 (25.0)	1.2-5.6 (2.5)	
Salted shrimp	5	3.3-8.1 (4.8)	ND-4.2 (2.6)	2.8-5.4 (3.7)	ND-1.5 (0.3)	2.3-12.7 (6.8)	4.7-18.3 (8.6)	1.4-7.4 (3.8)	ND-0.8 (0.4)	ND-12.1 (8.0)	44.3-184.8 (82.9)	0.4-9.6 (4.9)	95.0-328.9 (168.5)
Salted squid	5	ND-5.4 (1.6)	ND	0.6-17.3 (9.9)	ND-64.7 (18.5)	1.0-27.5 (13.9)	2.2-4.0 (3.2)	ND-18.6 (5.2)	ND-0.9 (0.4)	ND-2.7 (0.9)	ND-25.8 (11.0)	0.8-25.7 (8.7)	28.0-111.7 (73.28)
Salted viscera	5	ND-7.0 (2.3)	ND-3.1 (1.3)	14.3-44.5 (26.9)	3.21-396.0 (13.07)	2.6-21.0 (8.6)	2.5-10.2 (4.6)	1.3-65.9 (23.1)	2.6-3.6 (3.1)	ND-6.1 (3.1)	3.6-28.3 (13.4)	2.7-29.6 (13.4)	123.8-545.2 (275.9)
Salted octopus	5	ND-6.4 (1.3)	ND-2.6 (0.8)	1.7-29.2 (13.0)	ND-10.9 (4.0)	ND-19.5 (5.6)	ND-29.1 (10.5)	1.1-3.2 (1.5)	0.8-3.7 (1.9)	ND-13.1 (2.6)	1.41-22.8 (8.3)	ND-42.8 (14.1)	3.9-126.0 (74.23)
Salted pollock roe	5	ND	ND	ND-23.3 (11.2)	ND-2.9 (0.7)	ND-4.6 (0.9)	ND-8.4 (3.3)	ND-0.9 (0.3)	0.9-2.6 (1.8)	ND	ND-39.9 (15.7)	ND-47.4 (18.3)	4.1-121.7 (69.26)
Salted clam	5	ND-2.9 (1.3)	ND-1.6 (0.3)	2.6-8.9 (5.3)	1.9-444.0 (167.2)	ND-3.3 (1.2)	1.5-7.8 (4.2)	ND-10.2 (4.1)	ND-4.7 (1.4)	ND-5.9 (1.7)	0.6-31.6 (15.8)	10.0-78.7 (49.8)	100.9-610.0 (314.5)
Salted beka squid	5	ND-2.7 (1.8)	ND-3.2 (1.1)	4.2-9.7 (7.5)	0.2-20.5 (7.8)	ND-2.8 (1.6)	2.2-7.1 (4.9)	1.2-9.3 (5.6)	ND-1.3 (0.9)	ND-4.0 (1.1)	ND-57.3 (12.3)	ND-71.1 (22.1)	47.7-154.2 (86.32)
Salted sword fish	5	ND-4.1 (1.5)	ND-2.2 (0.7)	1.2-3.6 (2.1)	1.2-34.2 (2.3)	55.2-88.9 (72.4)	12.2-18.2 (14.6)	5.2-13.4 (9.4)	1.2-3.7 (2.3)	1.2-9.6 (4.3)	15.2-160.8 (87.4)	ND-2.2 (0.9)	217.1-443.4 (287.1)

¹Number of samples examined. ²TRY, tryptamine; PHE, β-phenylethylamine; PUT, putrescine; CAD, cadaverine; HIS, histamine; SER, serotonin; TYR, tyramine; SPD, spermidine; NOR, noradrenaline; DOP, dopamine; SPM, spermine. ³Minimum-maximum value (mean value). ⁴Not detected. ⁵Sum of TRY, tryptamine; PHE, β-phenylethylamine; PUT, putrescine; CAD, cadaverine; HIS, histamine; SER, serotonin; TYR, tyramine; SPD, spermidine; NOR, noradrenaline; DOP, dopamine; SPM, spermine in salt-fermented fish products.

Table 4. Estimation of histamine, tyramine, putrescine, cadaverine and β -phenylethylamine intake based on dietary intake about fermented foods

Samples	Daily intake (g/day)	Intake (mg/day)				
		Histamine	Tyramine	Putrescine	Cadaverine	β -phenylethylamine
Cabbage-kimchi	68.4	0-1.5	0.1-1.8	0-0.1	0.1-2.7	0-0.1
Salted octopus	28.5	0-0.6	0-0.1	0-0.8	0-0.3	0-0.1
Salted pollock roe	16.0	0-0.1	0	0-0.4	0	0
Salted shrimp	4.8	0-0.1	0	0	0	0
Salted squid	11.3	0-0.3	0-0.2	0-0.2	0-0.7	0
Salted clam	9.7	0	0-0.1	0-0.1	0-4.3	0
Salted viscera	10.6	0-0.2	0-0.7	0.2-0.5	0.3-4.2	0

것으로 판단된다. 하지만 수출에서의 문제점이 있는 등 BAs 함량을 저감화 할 수 있는 발효 및 저장온도를 낮추거나 글리신이나 마늘 추출물을 첨가하여 부패미생물을 효과적으로 조절하는 방법 등의 지속적인 연구와 모니터링이 필요할 것으로 판단된다. 젓갈의 총BAs 함량은 조개젓갈 100.9 mg/kg-610.0 mg/kg (평균 314.5 mg/kg), 황석어젓갈 217.1 mg/kg-443.4 mg/kg (평균 287.1 mg/kg), 창란젓갈 123.8 mg/kg-545.2 mg/kg (평균 275.9 mg/kg), 새우젓갈 95.0 mg/kg-328.9 mg/kg (평균 168.5 mg/kg), 꼴뚜기젓갈 47.7 mg/kg-154.2 mg/kg (평균 86.32 mg/kg), 낙지젓갈 3.9 mg/kg-126.0 mg/kg (평균 74.23 mg/kg), 오징어젓갈 28.0 mg/kg-111.7 mg/kg (평균 73.28 mg/kg), 명란젓갈 4.1 mg/kg-121.7 mg/kg (평균 69.26 mg/kg) 순으로 나타났다. HIS, TYR, PUT, CAD, PHE 등 5종은 독성발현 가능성으로 인해 발효식품 중 주요 잔류분석 조사대상(Beneduce et al., 2010)이며 본 연구에서의 분석대상 11종의 BAs 총 함량 대비 독성발현 가능성이 높은 것으로 보고된 BAs 5종의 함량 비율은 창란젓갈 63.8%, 오징어젓갈 58.6%, 황석어젓갈 39.9%, 조개젓갈 38.0%, 낙지젓갈 31.4%, 꼴뚜기젓갈 30.8%, 명란젓갈 16.6%, 새우젓갈 13.1% 순으로 나타났다. 하지만, 총 BAs 잔류량과 독성유발가능 5종 BAs 잔류량간의 정량적 상관성은 관찰되지 않았다.

Biogenic amine의 섭취량

식품별 일일섭취량(KHIDI, 2015)을 기초로 하여 김치 및 낙지젓갈, 명란젓갈, 오징어젓갈, 창란젓갈, 조개젓갈 그리고 새우젓갈에 대한 독성발현가능성이 높은 5종의 BAs의 일일섭취량을 추정하였다(Table 4). 그 결과 기존 연구보고(Horowitz et al., 1964; Bieck et al., 1998; Cho et al., 2006)에서는 TYR 섭취량이 6 mg 이상이 되는 배추김치가 조사되어 편두통환자나 MAOIs계 약물을 복용하는 사람은 가급적 피하는 것이 좋을 것으로 판단되었으나 이번 연구에서는 김치 및 젓갈 모두에서 6 mg을 넘지 않았다. 하지만 기호에 따라 섭취하는 식품 종류 및 섭취량은 달라질 수 있으므로 여전히 주의해야 할 필요가 있을 것으로 판단된다.

References

- Bardocz A. 1995. Polyamines in food and their consequences for food quality and human health. *Trends Food Sci Technol* 6, 341-346. [https://doi.org/10.1016/s0924-2244\(00\)89169-4](https://doi.org/10.1016/s0924-2244(00)89169-4).
- Beneduce L, Romano A, Capozzi V, Lucas P, Barnavon L, Bach B, Vuchot P, Grieco F and Spano G. 2010. Biogenic amine in wines. *Ann Microbiol* 60, 573-8. <https://doi.org/10.1007/s13213-010-0094-4>.
- Bieck PR and Antonin KH. 1988. Oral tyramine pressor test and the safety of monoamine oxidase inhibitor drugs: comparison of brofaromine and tranlycypromine in healthy subjects. *J Clin Psychopharmacol* 8, 237-245. <https://doi.org/10.1097/00004714-198808000-00002>.
- Bjeldanes LF, Schutz DE and Morris MM. 1978. On the aetiology of scombroid poisoning: cadaverine potentiation histamine toxicity in guinea pig. *Food Cosmet Toxicol* 16, 157-159. [https://doi.org/10.1016/s0015-6264\(78\)80196-5](https://doi.org/10.1016/s0015-6264(78)80196-5).
- Cho TY, Han GH, Bahn KN, Son YW, Jang MR, Lee CH, Kim SH, Kim DB and Kim SB. 2006. Evaluation of biogenic amines in Korean commercial fermented foods. *Korea J Food Sci Technol* 38, 730-737.
- Chu CH and Bjeldanes LF. 1981. Effects of diamines polyamines and tuna fish extracts on the binding of histamine to mucin in vitro. *J Food Sci* 47, 7980-7988. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1982.tb11031.x>.
- Dapkevicius MLNE, Nout MJR, Rombouts FM, Houben JH and Wymenga W. 2000. Biogenic amine formation and degradation by potential fish silage starter microorganisms. *Int J Food Microbiol* 57, 107-114. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(00\)00238-5](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(00)00238-5).
- EU (European Union). 2013. Regulation 1019/2013/EU. Commission Regulation EU No 1019/2013. Amending annex I to regulation EC No 2073/2005 as regards histamine in fishery products. *OJ L* 282, 46-47.
- Greif G, Greifova M and Drdak M. 1997. Determination of biogenic amines in foods of animal origin by HPLC. *Potrav*

- Vedy 15, 119-129.
- Halasz A, Barath A, Simon-Sarkadi L and Holzapfel W. 1994. Biogenic amines and their production by microorganisms in food. *Trends Food Sci Technol* 5, 42-49.
- Horowitz D, Lovenberg W and Engelmann K. 1964. Monoamine oxidase inhibitors, tyramine, and cheese. *JAMA* 188, 1108. <https://doi.org/10.1001/jama.1964.03060390010002>.
- Hu Y, Huang Z, Li J and Yang H. 2012. Concentration of biogenic amines in fish, squid and octopus and their changes during storage. *Food Chem* 135, 2604-2611. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.121>.
- ICH Expert Working Group. 2005. Validation of analytical procedures: Text and methodology Q2(R1). ICH Harmonised tripartite guideline. Step 4, 1-18.
- Jeong DW, Han S and Lee JH. 2014. Safety and technological characterization of *Staphylococcus equorum* isolates from jeotgal, a Korean high-salt-fermented seafood, for starter development. *Int J Food Microbiol* 188, 108-115. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.07.022>.
- Kalac P, Spicka J, Krizek M, Steidlova S and Pelikanova T. 1999. Concentrations of seven biogenic amines in sauerkraut. *Food Chem* 67, 275-280. [https://doi.org/10.1016/s0308-8146\(99\)00131-4](https://doi.org/10.1016/s0308-8146(99)00131-4).
- Karovicova J and Kohajdova Z. 2005. Biogenic amines in Food Chem Pap 59, 70-79.
- Kim BK, Kim YH, Lee HH, Cho YJ, Kim DS, Oh SM and Shim KB. 2011. Comparison of the chemical compositions and biogenic amine contents of aalt-fermented fish sauces produced in Korea to evaluate the quality characteristics. *Jour Fish Mar Sci Edu* 23, 607-614.
- Kim JH, Ahn HJ, Jo C, Park HJ, Chung YJ and Byun MW. 2004. Radiolysis of biogenic amines in model system by gamma irradiation *Food Control* 15, 405-408. [https://doi.org/10.1016/s0956-7135\(03\)00102-6](https://doi.org/10.1016/s0956-7135(03)00102-6).
- Lehane L and Olley J. 2000. Histamine fish poisoning revisited. *Int J Food Microbiol* 58, 1-37. [https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(00\)00296-8](https://doi.org/10.1016/s0168-1605(00)00296-8).
- Mah JH, Kim YJ, No HK and Hwang H. J. 2004. Determination of biogenic amines in kimchi, Korean traditional fermented vegetable products. *Food Sci Biotechnol* 6, 826-829.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2016. Report of risk assessment of Biogenic Amines. National Institute of Food and Drug Safety Evaluation Report, Cheongju, Korea.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2018. Food Code. Retrieved from <https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/food/foodRvLv/foodRvLv.do> on Nov 9, 2018.
- KHIDI (Korea Health Industry Development Institute). 2015. National Food & Nutrition Statistics 2013: based on 2013 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. Retrieved from <https://www.khidi.or.kr/kps> on Feb 14, 2018.
- Silla-Santos MH. 1996. Biogenic amines: Their importance in foods. *Int J Food Microbiol* 29, 213-231. [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(95\)00032-1](https://doi.org/10.1016/0168-1605(95)00032-1).
- Udomsil N, Rodtong S, Tanasupawat S and Yongsawatdigul J. 2015. Improvement of Fish Sauce Quality by Strain CMC5-3-1: A Novel Species of *Staphylococcus* sp. *J Food Sci* 80, 2015-2022. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12986>.
- Um IS, Kim TO and Park KS. 2016. Isolation and Characterization of Putrescine-producing Bacteria in commercially available sauces made from salted and fermented sand lance *ammodytes personatus*. *Korean J Fish Aquat Sci* 49, 573-581. <https://doi.org/10.5657/kfas.2016.0573>.
- Yongsawatdigul J, Rodtong S and Raksakulthai N. 2007. Acceleration of Thai fish sauce fermentation using proteinases and bacterial starter cultures. *J Food Sci* 72, 382-390. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00532.x>.
- Zaman MZ, Baker FA, Jinap S and Bakar J. 2011. Novel starter cultures to inhibit biogenic amines accumulation during fish sauce fermentation. *Int J Food Microbiol* 145, 84-91. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.11.031>.
- Zhou X, Qiu M, Zhao D, Lu F and Ding Y. 2016. Inhibitory effects of spices on biogenic amine accumulation during fish sauce fermentation. *J Food Sci* 81, 913-920. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13255>.