

Original Article

멸치액젓의 화학적 위해요소로서의 바이오제닉 아민 노출 평가

김은경^{1,†} · 이희영^{1,†} · 박선현^{1,2,*}¹한국식품연구원 식품표준연구센터, ²충남대학교 식품공학과

Exposure Assessment of Biogenic Amines as a Chemical Hazard in Commercial Anchovy Fish Sauce from South Korea

Eungyeong Kim^{1,†}, Heeyoung Lee^{1,†}, and Sunhyun Park^{1,2,*}¹Food Standard Research Center, Korea Food Research Institute²Department of Food Science and Technology, Chungnam National University

Abstract: This study was conducted to evaluate the chemical hazards of 74 kinds of commercial anchovy fish sauce in Korea by measuring their biogenic amine content. The biogenic amines detected in commercial anchovy fish sauce were tryptamine, putrescine, cadaverine, tyramine, spermidine, spermine, and histamine. Among them, histamine content was the highest with an average of 1,439.62±812.62 mg/kg. Excessive intake of histamine could result in chemical food poisoning characterized by high blood pressure, headache, and diarrhea. Accordingly, by simulating histamine exposure (repetition=10,000 times) based on the daily intake of 0.969 g of domestic anchovy fish sauce, we found that the estimated average histamine exposure was 24.49±55.48 µg/kg bw/day and that the margins of exposure (MOE) value were 139.18 at 1% and 66,141.07 at 95% of 10,000 simulations (9,500 times). As such, it was confirmed that 9,500 out of 10,000 simulations of MOE analysis significantly exceeded MOE 10. Therefore, the risk of exposure to histamine from ingestion of commercial anchovy fish sauce is approximately very low.

Key words: Anchovy, fish sauce, biogenic amines, histamine, exposure assessment

I. 서 론

젓갈은 어류, 갑각류, 연체류 및 극피류 등에 식염을 가하여 발효 숙성시킨 것으로 우리나라의 대표적인 전통 수산 발효 식품이다. 국내에서 제조되고 있는 젓갈 제품은 약 150여 종으로 사용하는 원료와 제조법이 매우 다양하다(Kim 2020). 다양한 젓갈 중 멸치젓과 멸치액젓은 멸치를 원료로 생산하는 대표적인 젓갈이다. 멸치젓은 반찬으로 바로 식용하거나

김치 등의 부원료로 사용되며 멸치액젓은 각종 한식요리에 감칠맛을 위해 사용되는 조미료로 흔하게 이용되고 있다(Kim *et al.* 2011; Kim 2020). 멸치젓은 멸치에 20% 이상(약 15~30% 내외)의 식염을 첨가하여 효소에 의한 자가 소화 및 미생물에 의한 분해 작용에 의해 제조되며, 멸치젓을 6개월~2년 이상 발효 및 숙성하여 여과공정에서 고형물을 걸러 액젓을 제조한다(Cho *et al.* 2000; Kim *et al.* 2000; Lim *et al.* 2002; Lee *et al.* 2021). 멸치의 염장 발효 과정에서 생성되는 유리아미노산, 지방산, 핵산 및 방향성 성분으로 인해 독특한 풍미를 지니고 있으며, 발효 과정에서 생성되는 저분자 펩타이드는 항산화 효과 등 생리활성 기능을 갖는 물질로 알려져 있다(Park & Kim 2003; Kim 2008). 이러한 성분으로 인해 멸치액젓은 다양한 요리에서 감칠맛을 내는 감초의 역할을 하고있다(Ko *et al.* 2017; Kwon *et al.* 2019).

원료인 멸치를 염에 절여 부패를 일으키지 않고 올바르게 발효하기 위해서는 일정 농도 이상의 염이 필수적이다. 이에

[†]These authors contributed equally to this work as co-first authors.

*Corresponding author: Sunhyun Park, Food Standard Research Center, Korea Food Research Institute, 245 Nongsaengmyeong-ro, Wanju, Jeollabuk-do 55365, Republic of Korea
Tel: +82-63-219-9166, Fax: +82-63-219-9333
E-mail: shpark@kfri.re.kr

2023년 02월 08일 접수, 2023년 06월 26일 수정논문접수, 2023년 06월 26일 채택

고염 식품 특성상 미생물 생육이 어려운 환경을 가짐에 따라 멸치액젓과 관련한 미생물학적 위해는 다소 낮은 것으로 알려져 있다(Um *et al.* 2018; Park *et al.* 2023). 그러나 등푸른 생선의 대표적인 위해 요소인 histamine은 멸치액젓의 섭취에 따른 잠재적 위험요인으로 존재한다. 수산물의 바이오제닉 아민(biogenic amine)은 해산물에 존재하는 다양한 미생물 중에서 방출되는 탈탄산효소(decarboxylase)에 의해 유리 아미노산의 탈탄산화를 통해 형성되며, 그 중 histamine은 많은 미생물 중에 존재하는 histidine 탈탄산효소에 의해 생성되는 것으로 알려져 있다(Kim *et al.* 2003; Lin *et al.* 2012). Histamine은 조리, 훈연, 냉동 등의 가공 과정에서도 안정한 물질이며, 생물학적 활성이 강하여 과량의 histamine을 섭취하는 경우 복통, 설사, 두통, 심계항진 등의 임상 증상을 나타내는 histamine 식중독을 발생시킬 수 있다(Hungerford 2010; Feng *et al.* 2016; Chung 2019).

현재 histamine에 대한 국내 기준·규격은 냉동 어류, 염장 어류, 통조림, 건조 또는 절단 등 단순 처리한 것(어육, 필렛, 건멸치 등)에 대하여 200 mg/kg 이하(Ministry of Food and Drug Safety 2023), 또는 한국산업표준(Korea Standard; KS)의 마른 멸치의 histamine 함량 100 mg/kg 이하(Korea Standard 2023) 등이 있으나 국내 식품 기준·규격 중 액젓을 포함한 것 갈류의 histamine 상한 기준은 없는 실정이다. 해외의 경우 국제식품규격위원회(Codex Alimentarius International Food Standards)는 fish sauce에 대한 품질 기준 중 histamine 상한 기준을 400 mg/kg으로 제한하고 있다(Codex Alimentarius 2018).

멸치액젓의 histamine을 분석한 여러 연구(Cho *et al.* 2006; Kim *et al.* 2011; Cho *et al.* 2015)의 일부 시료에서 histamine 함량이 400 mg/kg을 초과하는 것으로 보고되었으며, 이는 멸치액젓 섭취에 의한 histamine의 잠재적 위험성이 있을 것으로 보여지나 멸치액젓의 바이오제닉 아민류의 위해 평가 연구 결과는 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 멸치액젓 섭취로부터 발생 가능한 화학적 위해 요소인 histamine의 위해 평가의 기초자료를 마련하고자 국내 시판 멸치액젓의 바이오제닉 아민 모니터링 자료를 확보하고 이를 통해 일일 섭취량을 기반으로 멸치액젓 섭취로 인한 국내 histamine 노출량을 추정하고자 하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 시료의 준비

실험에 사용한 멸치액젓은 2022년 6월~12월 전라북도 소재 대형마트, 도매시장 및 온라인마켓을 통해 다양한 멸치 원료산지의 제품 74종(남해안 37종, 제주해안 19종, 동해안 11종, 서해안 7종)을 구입하여 분석에 이용하였다.

2. 바이오제닉 아민(biogenic amines) 분석

시료 내 바이오제닉 아민 함량은 식품의 기준 및 규격(식

품공전)의 방법 및 Yoon *et al.*(2015)의 방법을 변형하여 분석하였다(Ministry of Food and Drug Safety 2023). 시료 5 g에 0.1 N HCl 25 mL을 가하여 균질화하고, 이것을 원심 분리(4,000×g, 4°C, 10분)한 후 상층액을 Whatman paper No. 4로 여과해 시료액으로 사용하였다. 시료액과 내부표준 용액(1, 7-diaminoheptane 100 µL/mL)을 각각 1 mL을 시험관에 넣고, 포화 Na₂CO₃ 0.5 mL, 1% 염화단실아세톤용액 0.8 mL를 넣고 혼합한 후, 마개를 하여 45°C에서 1시간 유도체화하고, 10% 프롤린 용액 0.5 mL와 에테르 5 mL를 가하여 10분간 진탕 후, 상층액을 취하여 질소농축한 뒤 아세토니트릴 500 µL를 넣어 여과한 것을 HPLC (Jasco, Tokyo, Japan)로 분석하였다.

HLPC분석을 위해 Capcell pak-C18 MG II (4.6 mm×250 mm, 5 µm, Shiseido Co. Ltd., Tokyo, Japan)을 사용하였고, 이동상은 A: 0.1% formic acid in Acetonitrile, B: 0.1% formic acid in Water로 A 용매를 Initial-55%, 15 min-65%, 20 min-80%, 25 min-85%, 30 min-90%, 35 min-95%, 40 min-55%로 복귀하여 2분 정도 유지시켜 안정화시켰다. 이동상의 유속은 1.0 mL/min이었고, 시료주입량은 20 µL, column의 온도는 40°C로 사용하였으며 254 nm에서 분석하였다.

실험에 사용한 histamine 표준품은 HPLC용으로 histamine (59964, Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였으며, histamine을 제외한 바이오제닉 아민의 경우 tryptamine (76706, Sigma-Aldrich Co.), putrescine (51799, Sigma-Aldrich Co.), cadaverine (52063, Sigma-Aldrich Co.), tyramine (80345, Sigma-Aldrich Co.), spermidine (49761, Sigma-Aldrich Co.), spermine (49761, Supelco, Bellefonte, PA, USA)을 사용하였다.

3. 멸치액젓 섭취량 조사

멸치액젓의 일일 평균 섭취량은 질병관리청의 국민건강영양조사(The Korea Disease Control and Prevention Agency 2021) 원시자료인 24시간 회상법에 의한 식품섭취량 조사결과를 SAS software (ver. 9.3; SAS Institute, Cary, NC, USA)를 이용하여 멸치액젓의 일일 섭취량을 추출하여 분석하였다. 성인 평균 체중은 국민건강영양조사(The Korea Disease Control and Prevention Agency 2021)의 신체계측 중 체중 데이터에 기반하여 Uniform distribution (40, 80)을 사용하였다.

4. 노출 평가

멸치액젓 섭취를 통한 histamine 노출량 분석을 위해 국내 시판 유통품에서의 histamine 오염도 및 멸치액젓 섭취량 데이터를 @RISK program (Palisade Corporation, Ithaca, NY, USA)를 이용하여 최적확률분포모형을 산출하였다. 멸치액젓 섭취에 따른 histamine 노출량과 노출안전역(Margin of Exposure, MOE)은 아래의 식에 기반하여, histamine 함

Table 1. Simulation model and formulas in Microsoft Excel spreadsheet used to estimate the risk of histamine in commercial anchovy fish sauce

Input model	Unit	Formula
Histamine content	mg/kg	=RiskPert (-127.23, 1095.1, 4391, Risk Truncate (0, 3800))
Daily intake	g/day	=RiskLognorm (1.017, 2.2256, Risk Shift (-0.0064406), RiskTruncate (0, 40))
Body weight (b.w.)	Kg b.w.	=Risk Uniform (40, 80)
Histamine dosage	µg/kg b.w./day	=Histamin content *Daily intake/b.w.
MOE		=36,920 (µg/kg b.w./day)/Histamine dosage

량 및 섭취량의 최적확률분포모델을 적용한 RISK 시뮬레이션(iteration=10,000)을 통해 추정되었다<Table 1>. 최종적으로 멸치액젓 MOE를 계산하고, MOE 값이 10보다 작은 경우 위해성이 있다고 판단하였다(European Food Safety Authority 2005; Ministry of Food and Drug Safety 2019).

$$\text{Histamine 노출량}(\mu\text{g/kg b.w./day}) = \frac{\text{histamine의 함량}(\mu\text{g/kg}) \times \text{일일 섭취량}(\text{g/day})}{\text{평균 체중}(\text{kg b.w.})}$$

$$\text{MOE} = \frac{\text{BMDL}_{10}(\mu\text{g/kg b.w./day})}{\text{histamine 노출량}(\mu\text{g/kg b.w./day})}$$

III. 결과 및 고찰

Table 2는 시판 멸치액젓 시료의 바이오제닉 아민류를 분석하여 검출 정량값의 최저, 최고값 및 평균값을 나타낸 결과이다. 바이오제닉 아민은 단백질을 함유하는 식품의 부패 또는 발효 및 숙성 과정에서 아미노산의 효소적 탈카복실화 또는 알데하이드 및 케톤의 환원적 아미노화에 의해 생성되며(Karovičová & Kohajdová 2005; Kim *et al.* 2020), 발효식품에서는 바이오제닉 아민 중 주로 histamine, tyramine, putrescine, cadaverine, tryptamine, spermidine이 생성되는 것으로 알려져있다(Li & Lu 2020). 저농도의 바이오제닉 아민은 동물, 식물 및 미생물의 대사과정 및 생리 기능에 필수적이지만, 고농도의 바이오제닉 아민을 섭취하는 경우 고혈압, 심계항진, 두통, 메스꺼움, 설사 등과 같은 독성 효과가 나타나고, 심한 경우 사망에 이를 수 있으므로(Suzzi & Torriani 2015; Lim 2020) 섭취에 주의가 필요하다.

시판 멸치액젓 바이오제닉아민 분석결과 가장 높은 함량을 나타낸 histamine 분석값을 @RISK 프로그램을 통해 확률분포 모델을 추정한 결과, histamine 함량은 최소 0.00 mg/kg, 최대 3,711.62 mg/kg, 평균 1,439.62±812.62 mg/kg으로 확인되었으며, Pert distribution이 최적확률분포로 나타났다<Fig. 1>. 시판 멸치액젓의 histamine은 781.10~2,058.50 mg/kg 구간에서 40건의 검출 빈도를 확인하였는데, CODEX의 수산가공품 중 fish sauce 기준 400 mg/kg과 비교하여 최대 9.3배 높은 수치이다. Lee *et al.*(2013)은 8종의 시판 멸치액젓의 histamine을 분석한 결과 434.2~797.3 mg/100 dL 수준으로 검출되어 본 연구의 histamine 검출 범위와 비교했을 때 더 높은 수준으로 검출되었고, 다른 연구(Um *et al.* 2018)에서는 국내 시판 멸치액젓 12종의 바이오제닉 아민을 분석한 결과 histamine의 평균 함량은 813.48 mg/kg이었고, 함량 범위는 372.32~2,111.61 mg/kg 수준으로 본 연구와 비슷한 경향을 보이는 것으로 나타났다.

국민건강영양조사(The Korea Disease Control and Prevention Agency 2021)의 원시자료를 분석하여 멸치액젓의 일일 섭취량 분포는 <Fig. 2>에 제시하였다. 24시간 회상법을 통해 조사된 식품 중 멸치액젓이 포함된 식품은 1,430건(밥·국수류 7건, 국·탕·찌개류 221건, 나물·무침류 634건, 볶음·찜·조림류 66건, 김치·겉절이·생채·절임류 483건, 액젓·양념·소스류 19건)이었으며, 이를 바탕으로 계산한 멸치액젓의 일일 섭취량은 최소 0.00217 g/day, 최대 37.667 g/day, 평균 0.969 g/day로 나타났다. @RISK program을 통해 최적분포모델은 RiskLognorm (1.017,2.2256,RiskShift (-0.0064406)으로 도출되었다<Fig. 2>. 2021년 국민건강영양조사의 조사대상의 성인 평균 체중은 60 kg이었으며, 이를 RiskUniform (40,

Table 2. Analysis of biogenic amine contents in commercial anchovy fish sauce

Detection range	Biogenic amines ²⁾ (mg/kg)							
	(n=74)	TRP	PUT	CAD	TYM	SP	SPM	HIS
Min~Max	ND ³⁾ ~2,750.36	ND~5,341.29	ND~1,407.17	ND~3,653.13	ND~38.15	ND~16.04	ND~3,711.62	ND~19,163.77
Mean±SD ¹⁾	913.03±570.19	905.83±1,277.01	331.77±267.51	1,157.62±859.55	17.77±10.61	3.44±5.31	1,439.62±812.62	7,195.49±4,162.37

¹⁾Mean±Standard deviation.

²⁾TRP: Tryptamine, PUT: Putrescine, CAD: Cadaverine, TYM: Tyramine, SP: Spermidine, SPM: Spermine, HIS: Histamine

³⁾ND: Not detected.

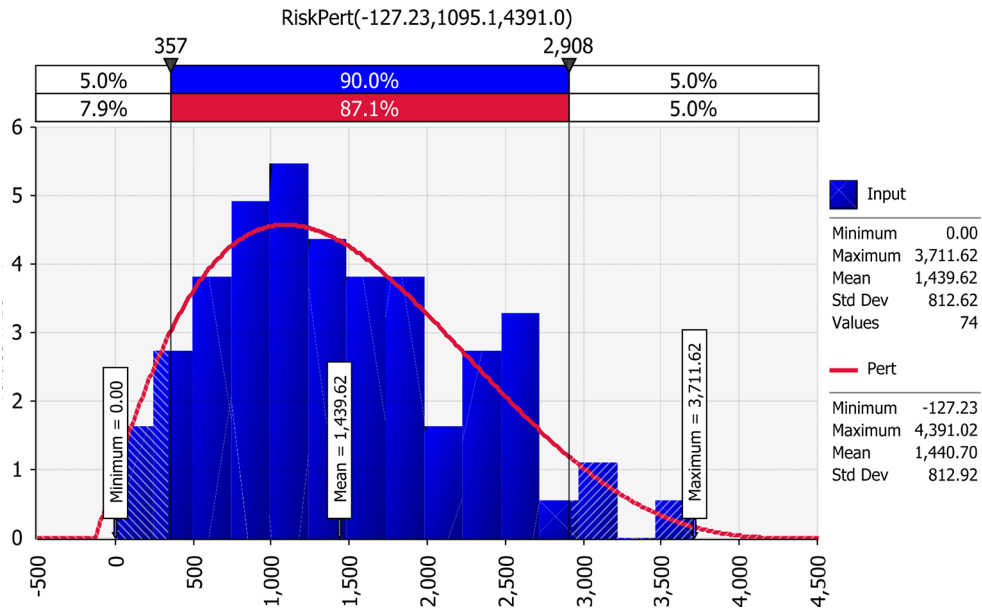


Fig. 1. Distribution of histamine content in domestic commercial anchovy fish sauce

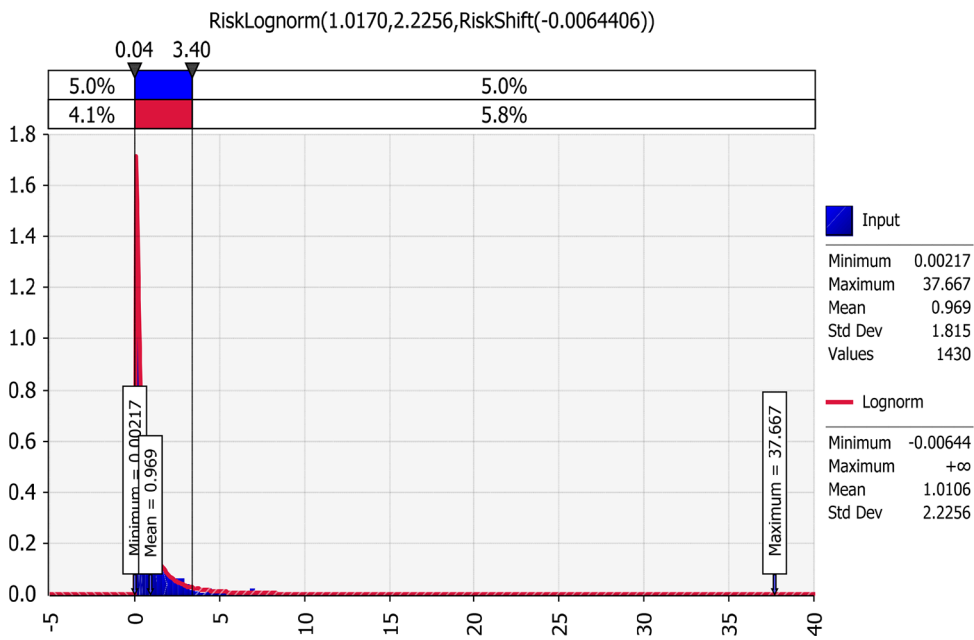


Fig. 2. Distribution of daily intake of anchovy fish sauce in Korea

80)로 반영하여 histamine을 포함한 바이오제닉 아민류의 노출 평가에 활용하였다.

멸치액젓 섭취로 인한 histamine 노출량은 histamine 오염도, 섭취량 및 체중 데이터를 활용한 시뮬레이션(iteration=10,000)을 통해 추정하였으며 시뮬레이션을 통해 도출된 histamine 노출량은 평균 24.49±55.48 µg/kg b.w./day, 최대 1,336.53 µg/kg b.w./day인 것으로 추정되었다<Fig. 3>. 최종적으로 멸치액젓의 histamine 노출 평가를 위해 MOE를 계산한 결과<Table 3>, 시뮬레이션 결과 1% 구간에서 MOE 값이 139.18로, 위해성 판단 기준인 MOE 10을 초과하는 것

으로 나타났다. 또한 10,000번의 시뮬레이션 중 95%에 해당하는 9,500번의 결과에서 MOE 기준치인 6,614배에 해당하는 66,141.07로 나타나, 멸치액젓 섭취로 인한 histamine의 노출 위해성은 매우 낮을 것으로 추정된다. 일반적으로 MOE 10을 초과하는 경우 발생한 위해성이 없다고 판단하고 있는데(Ministry of Food and Drug Safety 2019), 멸치액젓의 histamine의 MOE 분석 결과 10,000번의 시뮬레이션 중 9,900 이상의 결과에서 MOE 10을 상당히 초과하여 멸치액젓 섭취로 인한 histamine의 노출 위해성은 매우 낮을 것으로 추정된다. 이와 유사하게 학교 급식에 이용되는 수산물의

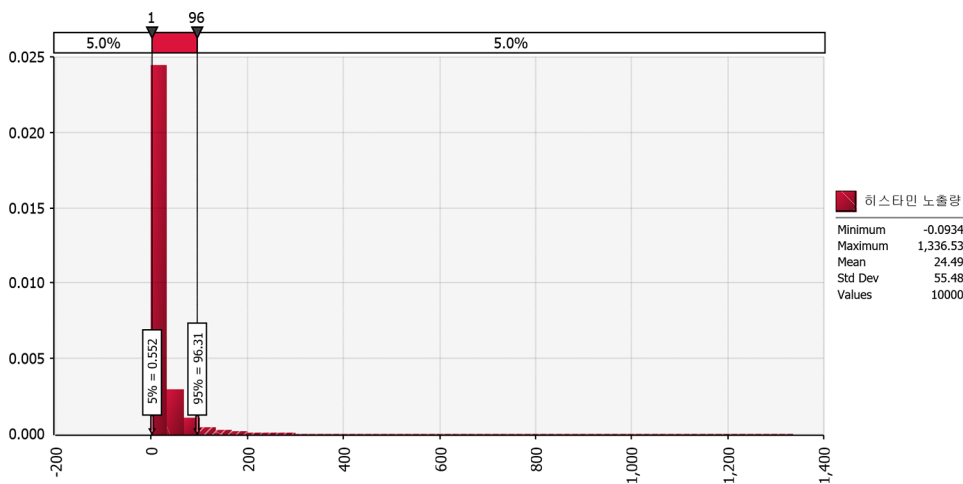


Fig. 3. Probability of daily intake of histamine exposure

Table 3. Probability of histamine exposure (MOE) caused by commercial anchovy fish sauce consumption

Probability of Histamine exposure/ Person/day	1%	5%	30%	50%	70%	95%	99%	Mean
	139.18	379.69	1,963.38	4,264.61	9,638.36	66,141.07	289,931.27	22,782.69

histamine 노출량에 대한 위해도를 평가한 연구(Kim *et al.* 2020)에서 멸치를 포함한 모든 수산물의 MOE 값이 10 이상으로 수산물 섭취로 인한 바이오제닉 아민의 위해성은 없는 것으로 보고하였다.

본 연구에서 멸치액젓 시료의 histamine은 평균 1,439.62 mg/kg으로 해외의 기준치보다 3배 이상 높으나, 멸치액젓 자체로 섭취하지 않고 다른 식품의 부재료 및 조미료로 첨가되어 실제 섭취하는 양이 적고, 따라서 멸치액젓 섭취에 의한 histamine 식중독은 위해성이 낮을 것으로 추정된다. 다만, 멸치액젓의 histamine 생성과 관련된 연구에서 Jung & Min(2018)은 멸치액젓 제조 후 10, 25, 35°C에서 1년 동안 발효하였고, 저장 온도가 높을수록 더 높은 histamine (89.7~116.8 mg/100 mL)이 검출된 것으로 보고하여 발효 온도가 histamine의 생성 농도에 영향을 미치는 것으로 추측하였다. 또한, 멸치는 조직이 약하고, 자가소화효소에 의해 선도 저하가 빠르게 나타나며, 활성이 높은 효소와 수산물에 존재하는 미생물로 인해 자가 분해 및 단백질 분해를 촉진시켜 멸치에서의 다량의 histamine을 생성할 수 있다(Stratton *et al.* 1991; Kim *et al.* 2004; Yoon *et al.* 2017). 이는 멸치의 선도가 멸치액젓 제조 시 histamine을 포함한 바이오제닉 아민의 생성에 영향을 미치는 것으로 보여진다. 따라서, 멸치액젓에서 과량의 histamine 생성을 제어하기 위해 원료의 선도 관리, 발효 및 저장 온도 설정이 필요할 것으로 예상되며, 수출 등에서 발생 가능한 무역마찰의 선제적 대응을 위해 histamine 함량에 대한 관리가 필요할 것 판단된다.

본 연구에서 수행한 시판 멸치액젓의 바이오제닉 아민류 분석 및 멸치액젓의 일일 섭취량 기준에 따른 노출 평가 결

과 모든 시판 멸치액젓의 섭취에 의한 histamine 위해도는 없는 것으로 나타났다. 그러나 멸치액젓의 제품 자체의 농도의 바이오제닉 아민에 의한 화학적 위해요소를 제어하기 위하여 향후 액젓류의 histamine 기준·규격을 마련하여 제품의 생산 시 위해요소의 관리가 필요할 것으로 보인다.

IV. 요약 및 결론

우리나라 한식의 기본 조미료로 활용되는 멸치액젓의 화학적 위해 요소를 확인하기 위해 시판 멸치액젓 74개 시료에 대한 바이오제닉 아민류 분석을 수행하였으며, 특히 등푸른 생선으로부터 발생 가능한 위해 요소인 histamine에 대한 노출 평가를 수행하였다. 멸치액젓의 일일 섭취 기준으로 시판 멸치액젓 섭취에 의한 histamine 노출 평가 결과, 모든 멸치액젓 제품은 MOE 기준값(10)을 초과하여 섭취에 의한 histamine 위해는 매우 낮은 것으로 나타났다. 이는 조미료 특성상 상대적으로 낮은 섭취량으로 인하여 나타난 결과로 판단되나, 멸치액젓에서의 histamine 함량이 타 국가의 fish sauce 기준·규격 대비 비교적 높게 나타난 것으로 판단할 때 향후 멸치젓 혹은 멸치액젓의 histamine 관리가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2022년, 2023년 과학기술정보통신부 재원으로 한국식품연구원의 지원을 받아 연구되었으며(E0211400-02, E0211400-03) 이에 감사드립니다.

이해 관계의 글

No potential conflict of interest relevant this article was reported.

References

- Cho TY, Han GH, Bahn KN, Son YW, Jang MR, Lee CH, Kim SH, Kim DB, Kim SB. 2006. Evaluation of biogenic amines in Korean commercial fermented foods. *Korean J Food Sci Technol.* 38(6):730-737.
- Cho YJ, Im YS, Park HY, Choi YJ. 2000. Quality characteristics of Southeast Asian salt-fermented fish sauces. *Korean J Fish Aquat Sci.* 33(2):98-102.
- Cho YJ, Jung MH, Kim BK, Jung WY, Gye HJ, Jung HJ. 2015. Effect of raw material freshness on quality and safety of anchovy fish sauce. *J Kor Soc Fish Mar Edu.* 27(4):1194-1201.
- Chung SP. 2019. Scombroid fish poisoning and histamine food poisoning. *J Korean Soc Clin Toxicol.* 17(1):1-6.
- Codex Alimentarius. 2018. Standard for fish sauce. CODEX STAN 302-2011. Food and Agriculture Organization of 353 the United Nations and World Health Organization, Rome, Italy.
- European Food Safety Authority(EFSA). 2005. Opinion of the Scientific Committee on a request from EFSA related to a harmonised approach for risk assessment of substances which are both genotoxic and carcinogenic. *EFSA Journal.* 3(10):282.
- Feng C, Teuber S, Gershwin ME. 2016. Histamine (scombroid) fish poisoning: a comprehensive review. *Clinic Rev Allerg Immunol.* 50:64-69.
- Hungerford JM. 2010. Scombroid poisoning: a review. *Toxicol.* 56(2):231-243.
- Joung BC, Min JG. 2018. Changes in postfermentation quality during the distribution process of anchovy (*Engraulis japonicus*) fish sauce. *J Food Prot.* 81(6):969-976.
- Karovičová J, Kohajdová Z. 2005. Biogenic amines in food. *Chem Pap.* 59(1):70-79.
- Kim BK, Kim YH, Lee HH, Cho YJ, Kim DS, Oh SM, Shim KB. 2011. Comparison of the chemical compositions and biogenic amine contents of salt-fermented fish sauces produced in Korea to evaluate the quality characteristics. *J Kor Soc Fish Mar Edu.* 23(4):607-614.
- Kim JH, Ryu GH, Ahn HJ, Lee KH, Lee HJ, Byun MW. 2000. Quality evaluation of commercial salted and fermented anchovy sauce. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 29(5):837-842.
- Kim SH, Barros-Velazquez J, Ben-Gigirey B, Eun JB, Jun SH, Wei CI. 2003. Identification of the main bacteria contributing to histamine formation in seafood to ensure product safety. *Food Sci Biotechnol.* 12:451-460.
- Kim SH, Eun JB, Chen TY, Wei CI, Clemens RA, An H. 2004. Evaluation of histamine and other biogenic amines and bacterial isolation in canned anchovies recalled by the USDA. *J Food Sci.* 69(6):M157-M162.
- Kim SM. 2020. The present condition and development prospect of the fermented fishery products. *Food Sci Ind.* 53(2):200-214.
- Kim YM. 2008. Present status and prospect of fermented seafood industry in Korea. *Food Sci Ind.* 41(4):16-33.
- Kim YS, Kim BH, Kim K, Kim DH, Yun HJ, Kwak SH, Kang KJ, Cho WH, Moh A, Choi OK, Yoon MH. 2020. Safety assessment of biogenic amines in school-meal fishery products. *J Food Saf.* 35(2):125-135.
- Ko YA, Kim SH, Song HS. 2017. Effect of salt concentration and fermentation temperature on changes in quality index of salted and fermented anchovy during fermentation. *J Food Saf.* 32(1):27-34.
- Kwon SS, Kim SJ, Shin HY, Shin IS. 2019. Effect of microcapsule entrapping isothiocyanates (ITCs) extracted from horseradish *Armoracia rusticana* root on shelf-life extension of *Myeongran Jeotgal*, a Korean salted and fermented seafood. *Korean J Fish Aquat Sci.* 52(4):349-357.
- Lee JM, Lee DC, Kim SM. 2013. The effects of Koji and histidine on the formation of histamine in anchovy sauce and the growth inhibition of histamine degrading bacteria with preservatives. *Am J Food Technol.* 1:25-36.
- Lee MH, Jeong IH, Jeong ST, Chang YH. 2021. Effect of Nuruk protease activity on the quality of anchovy sauce. *Korean J Food Sci Technol.* 53(3):356-363.
- Li B, Lu S. 2020. The importance of amine-degrading enzymes on the biogenic amine degradation in fermented foods: A review. *Process Biochem.* 99:331-339.
- Lim ES. 2020. Evaluation of microbial contamination levels and biogenic amines content in over-ripened kimchi. *Korean J Food Preserv.* 27(5):635-650.
- Lim YS, You BJ, Choi YJ, Cho YJ. 2002. Difference of components changes in salt-fermented anchovy, *Engraulis japonicus* sauce by tank size during fermentation. *Korean J Fish Aquat Sci.* 35(3):302-307.
- Lin CS, Liu FL, Lee YC, Hwang CC, Tsai YH. 2012. Histamine contents of salted seafood products in Taiwan and isolation of halotolerant histamine-forming bacteria. *Food Chem.* 131(2):574-579.
- Park JH, Kim SM. 2003. Biofunctionality of peptides purified from naturally fermented anchovy sauce. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 32(7):1120-1125.
- Park S, Sung J, Choi HY, Jeong J, Jeong HG, Kim JC, Jang M. 2023. Changes in the physicochemical properties and metabolites of *Myeolchi-jeot* (salted-fermented anchovy) based on fermentation time. *LWT.* 114456.
- Stratton JE, Hutkins RW, Taylor SL. 1991. Biogenic amines in cheese and other fermented foods: a review. *J Food Prot.* 54(6):460-470.
- Suzzi G, Torriani S. 2015. Biogenic amines in foods. *Front Microbiol.* 6:472.
- Um IS, Seo JK, Kim HD, Park KS. 2018. The quality of commercial salted and fermented anchovy *Engraulis japonicas* sauces produced in Korea. *Korean J Fish Aquat Sci.* 51(6):667-672.
- Yoon H, Park JH, Choi A, Hwang HJ, Mah JH. 2015. Validation of an HPLC analytical method for determination of biogenic amines in agricultural products and monitoring of biogenic amines in Korean fermented agricultural products. *Toxicol Res.* 31:299-305.
- Yoon HJ, Ham IT, Kim JS, Choi JD. 2017. Physicochemical and microbiological characteristics of raw anchovies and boiled-dried anchovies on the market. *J Kor Soc Fish Mar Edu.* 29(6):1945-1955.
- Korea Standard, 2021, Fermented anchovy sauce, [cited 2023 Feb 6], Available from: <https://e-ks.kr/streamdocs/view/sd;streamdocId=72059268201581582>
- Ministry of Food and Drug Safety, 2019, Common guidelines for risk assessment of human applied products, [cited 2023 Feb 6], Available from: https://mfds.go.kr/brd/m_1059/view.do?seq=14364&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=10
- Ministry of Food and Drug Safety, 2023, Response to Korean Food Standards Codex, [cited 2023 Feb 6], Available from: <https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC>
- The Korea Disease Control and Prevention Agency. 2021. The Korea National Health and Nutrition Examination Survey. [cited 2023 Feb 6], Available from: <https://knhanes.kdca.go.kr/knhanes/main.do>

저자 정보

Eungyeong Kim (Food Standard Research Center, Korea Food Research Institute, Postdoctoral Researcher, 0000-0001-5928-0877)
 Heeyoung Lee (Food Standard Research Center, Korea Food Research Institute, Senior Research Scientist, 0000-0001-6115-9179)
 Sunhyun Park (Food Standard Research Center, Korea Food Research Institute, Senior Research Scientist, 0000-0002-5077-7454)