

# Citric Acid에 의한 원료 멸치(*Engraulis japonicus*) pH가 발효초기 멸치 액젓의 히스타민 생성에 미치는 영향

심길보\* · 이우진 · 안병규 · 인정진 · 한형구 · 손승아

부경대학교 식품공학과

## Effect of Lowering the pH with Citric Acid on Histamine Formated in Salt-fermented Anchovy *Engraulis japonicus* Fish Sauce During the Initial Fermentation Stage

Kil Bo Shim\*, Woo Jin Lee, Byoung Kyu An, Jung Jin In, Hyeong Gu Han and Seung Ah Son

Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, Busan 48513, Republic of Korea

This study was conducted to inhibit histamine formation in salt-fermented anchovy *Engraulis japonicus* fish sauce, by lowering the pH using 1% citric acid as food additive during the initial fermentation stage. The fish sauce samples were prepared with fresh anchovies used immediately after being caught (F), and left at ambient temperature for 4 h, and 24 h with 25% salt, 1% citric acid, and without citric acid for a 6-month fermentation period. The content of ammonia nitrogen, total nitrogen, and glutamic acid in fish sauce was unaffected by the addition of citric acid during the fermentation period. The histamine content of F and 4 h samples were 20.5–30.6 and 77.4–119.3 mg/kg, respectively. The histamine content of F and 4 h samples with 1% citric acid was 4.1–8.7 and 50.4–56.1 mg/kg, respectively. Furthermore, addition of citric acid did not inhibit histamine formation in 24 h sample that had lower freshness quality. Additionally, effective inhibition of histamine is observed during manufacturing of salt-fermented anchovy fish sauce on an industrial scale, suggesting that lowering the initial pH using 1% citric acid does not alter the taste and flavor of the fish sauce.

Keywords: Anchovy, Citric acid, Glutamic acid, Histamine, Fish sauce

### 서론

Biogenic amines (BAs)은 단백질을 함유한 식품이 부패하거나 발효·숙성과정에서 histidine, tyrosine 등의 유리아미노산이 탈탄산효소를 생산하는 미생물에 의해 생성되는 저분자량의 질소 화합물(amine)을 말한다. 아민류의 생리적인 역할은 질소 원, 호르몬, 핵산과 단백질의 전구체로서의 역할뿐만 아니라 식품의 향기성분으로 작용한다(Pfundstein et al., 1991; Shahidi et al., 1994). 그러나 식품에 일부 BAs 화합물이 함유되어 생체 아민 중 histamine (HIS)의 과잉 섭취시 혈압강하와 알레르기, tyramine (TYR)은 혈압 상승 및 두통, cadaverine (CAD)과 putrescine (PUT)은 장에서 강한 발암물질인 nitrosamines, nitrosopiperidine, nitrosopyrrolidine을 생성할 수 있다(Yang

et al., 2016; Dedola et al., 2020) 그리고 폴리아민인 spermine (SPM), spermidine (SPD)은 종종 식품에 자연적으로 존재하기도 한다. 그리고 BAs 함량이 높은 식품에는 유제품, 어류 및 어류제품, 육류 및 육류제품, 콩관련제품, 신선 채소 및 발효식품, 초콜릿, 꿀 와인, 맥주와 같은 발효음료 등으로 알려져 있다(Wójcik et al., 2020). 특히 젓갈, 액젓 등 단백질을 발효시킨 식품에서 주로 발견되는 HIS는 소량을 섭취하면 장내 효소에 의해 제거되므로 문제가 없지만 과량(통상 200 mg/kg 이상)의 HIS를 섭취하는 경우에는 신경독성이나 발진, 알레르기, 구토, 설사 등을 유발하여 식중독과 유사한 증상을 나타내므로 발효식품의 위생안전성을 평가하는 지표로 이용된다(Karovicova and Kohajdova, 2005; Shin et al., 2019). 우리나라 식품 기준 및 규격(식품공전)에서는 냉동어류, 염장어류, 통조림, 건조/

\*Corresponding author: Tel: +82. 51. 629. 5834 Fax: +82. 51. 629. 5824

E-mail address: kbshim@pknu.ac.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.2023.0253>

Korean J Fish Aquat Sci 56(2), 253-258, April 2023

Received 20 March 2023; Revised 6 April 2023; Accepted 11 April 2023

저자 직위: 심길보(교수), 이우진(대학원생), 안병규(대학원생), 인정진(대학원생), 한형구(대학원생), 손승아(대학원생)

절단 등 단순 처리한 식품의 경우 HIS 함량 기준은 200 mg/kg 이하로 설정되어 있으나, 액젓의 기준은 정해져 있지 않다(MFDS, 2023b). 반면, fish sauce의 HIS 기준을 유럽연합(EU, 2013)에서는 200 mg/kg 이하, 국제식품규격위원회(CODEX Alimentarius Commission, 2018)에서는 400 mg/kg으로 정하고 있다.

우리나라의 멸치액젓의 BAs 함량은 HIS 275.0–565.9 mg/kg, PUT 30.9–2,370.9 mg/kg, CAD 7.2–318.6 mg/kg, TYR 53.5–463.5 mg/kg, tryptamine (TPM) 145.8–613.1 mg/kg, 2-phenylethylamine (PHE) 15.2–81.6 mg/kg, SPM 불검출, SPD 불검출로 알려져 있다(Shim et al., 2021). 그리고 태국에서 유통되는 fish sauce의 BAs 함량은 HIS 45–1,220 mg/kg, TPM 불검출–177 mg/kg, PHE 불검출–42 mg/kg, PUT 2.0–243 mg/kg, CAD 불검출–243 mg/kg, TYR 불검출–42 mg/kg, SPD 불검출–98 mg/kg, SPM 불검출–98 mg/kg으로 알려져 있다(Tsai et al., 2006). 일반적으로 HIS는 열처리 등 물리적 방법에 의하여 쉽게 파괴되지 않으므로 초기 생성단계에서 억제할 수 있는 생산단계별 품질관리 기술이 필요하며, 무엇보다 산업적으로 쉽게 적용이 가능한 HIS 저감기술이 개발되어야 한다.

멸치액젓의 HIS 생성에 가장 큰 영향을 주는 것은 원료의 선도이며, 발효 6개월 이내에 최종 HIS 함량이 결정되며, 이는 원료 멸치의 선도에 따라 유기산 생성이 초기 멸치액젓의 pH를 저하시켜 HIS 생성 미생물 성장을 억제하기 때문이다(Shim et al., 2022). 따라서 산업현장에서 멸치액젓의 HIS 생성을 효과적으로 억제하기 위한 방법으로 멸치 원료의 pH를 소금과 함께 식품첨가물을 사용하여 저하시키고자 하였다. 이를 위하여 일반적으로 멸치액젓 제조시 사용되는 발효조는 일반적으로 1톤에서부터 40톤까지 대형 발효 탱크를 사용하고 있어 식품첨가물의 사용량이 많아지면 생산단가의 상승과 액젓 고유의 맛에 영향을 줄 수 있으므로, 가격이 저렴하면서 낮은 농도에서 멸치액젓 고유의 맛과 향은 유지하면서 HIS 생성을 효과적으로 억제할 수 있는 첨가물로서 citric acid를 선정하였다. 따라서 본 연구에서는 원료 멸치의 초기 pH를 인위적으로 저하시켜 멸치액젓의 HIS 생성억제 효과를 확인하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 원료로 사용한 멸치(*Engraulis japonicus*)는 2021년 3월에 부산시 기장군 소재 대변항에서 구입하여 냉장상태로 실험실로 운반하여 시료로 사용하였다. 멸치액젓의 HIS 생성에 선도와 citric acid 첨가가 미치는 영향을 확인하고자 실험실로 운반한 멸치 원료는 상온에 방치하여 선도를 인위적으로 상(어획직후, F; 휘발성염기질소 함량 18.7 mg/100 g), 중(어획후 4시간 방치, 4 h; 휘발성염기질소 36.4 mg/100 g), 하(어획후 24시간 방치, 24 h; 휘발성염기질소 함량 74.4 mg/100 g)로 각

각 조절한 후, 원료 멸치 1 kg에 멸치원료 중량에 25% 식염과 1% citric acid를 각각 첨가하여 실온에서 6개월 동안 발효하면서 분석용 시료(1% citric acid 첨가구, CC)로 사용하였다. 대조구(control, C)는 선도를 조절한 원료 멸치에 식염만을 첨가한 것을 시료로 사용하였다.

### 이화학적 성분 함량 분석

pH는 pH meter (Orion 3 star; Thermo Fisher Scientific Inc., Beverly, MA, USA)로 상온에서 측정하였다. 총 질소량(total nitrogen, TN)은 semi-micro Kjeldahl법으로 분석하였으며(AOAC, 1995), 아미노산성질소(amino nitrogen, AN)는 Formol 적정법에 따라 분석하였다(MFDS, 2023a).

### Glutamic Acid 함량 분석

Glutamic acid 함량은 시료 5 g에 5% trichloroacetic acid 15 mL를 첨가하여 homogenizer (9,000 rpm, 1 min)를 이용하여 균질화한 후 실온에서 30 min 방치시켜 단백질을 침전시켰다. 원심분리(8,000 g, 15 min)하여 상층액을 lithium loading buffer (pH 2.0) 50 mL로 정용한 후 0.45 µm PTFE syringe filter (Whatman, Maidstone, Kent, UK)로 여과하여 vial에 담아 amino acids analyzer (Sykam DE/S-433D; Sykam, Eresing, Germany)로 분석하였다.

### Histamine 함량 분석

HIS 함량은 식품의 기준 및 규격(식품공전)의 방법에 따라 분석하였다(MFDS, 2023a). 시료 5 g에 0.1 N HCl 25 mL을 가한 후 균질화하고, 이것을 원심분리(4000 g)한 후 상층액을 여과하여 시료액으로 사용하였다. 표준용액과 시료액을 각각 1 mL을 시험관에 넣고, 내부표준물질(1,7 diaminoheptane을 0.1 N HCl에 녹여 5 mg/mL로 한 원액에 0.1 N HCl으로 100 µg/mL 조제) 10 µL와 포화 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0.5 mL, 1% dansyl chloride용액 1 mL를 넣고 혼합한 후, 마개를 하여 45°C에서 1 h 유도체화하고, 10% proline 용액 0.5 mL와 ether 5 mL를 가하여 10 min 진탕 후, 상층액을 취하여 질소농축한 뒤 acetonitrile 1 mL를 넣어 여과한 것을 HPLC (Acquity H-class system; Waters, Milford, MA, USA)로 분석하였다.

### 통계처리

통계처리는 각 분석항목의 평균결과값은 ANOVA test를 이용하여 분산분석한 후 Duncan의 다중위검정으로 최소 유의차 검정(5% 유의수준)을 실시하였다(P<0.05).

## 결과 및 고찰

### 멸치액젓의 pH변화

원료 멸치의 선도를 인위적으로 조절하여 원료 멸치에 식염과 1% citric acid를 첨가하여 6개월 발효과정에서 멸치액젓의 pH

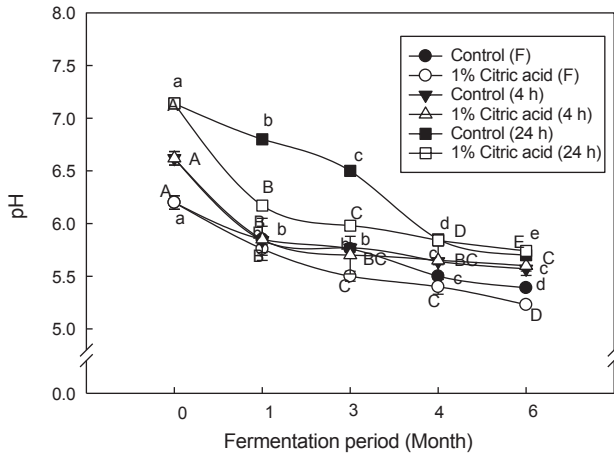


Fig. 1. Effect of citric acid on the pH of the salt-fermented anchovy *Engraulis japonicus* fish sauce with various raw material freshness during fermentation for 6 months. Symbol with different alphabet letters (a, b, c and d for control, A, B, C, and D for 1% citric acid) indicate statistically significant difference at  $P < 0.05$  within each row.

변화를 살펴본 결과, 초기 원료 멸치의 pH는 선도에 따라 각각 6.20 (F), 6.62 (4 h), 7.14 (24 h)이었다. CC의 pH는 발효 1개월 경과 후 각각 5.76 (F), 5.85 (4 h), 6.17 (24 h)이었으며, 6개월 후에는 5.23–5.74까지 감소하였다(Fig. 1). 반면, 대조구는 선도에 따라 발효 1개월에 5.85 (F), 5.84 (4 h), 6.80 (24 h)로 나타났으며, 6개월 후에는 각각 5.39, 5.57, 5.70으로, citric acid를 첨가한 멸치액젓에 비해서는 다소 높았다. 특히, 발효초기 pH변화는 선도와 citric acid 처리에 의하여 상당한 차이가 있었으나, 발효 4개월 이후부터는 24 h > 4 h > F 순으로 pH가 높았으며, 동일 선도에서 citric acid 처리에 의한 pH의 유의적인 차이는 없었다 ( $P > 0.05$ ). 이는 초기 citric acid에 의해 pH가 저하되었으며, 이후에는 발효과정에서 단백질의 분해와 유기산 생성 등에 의하여 pH가 저하되는 것으로 판단된다.

원료 멸치의 선도에 따른 발효기간에 따른 pH를 살펴보면, 어획직후에 6.32, 24 h 상온에 방치 후에는 6.8이었으며, 이들 원료를 이용한 멸치액젓은 발효 1개월 경과하면 각각 5.8, 6.3으로 감소하였다(Shim et al., 2022). 그리고 일반적으로 멸치액젓의 pH는 5.35–6.91, 멸치를 포함한 어류를 이용한 것갈의 pH는 5.35–6.91로 보고한 결과와 유사하였다(Shim et al., 2021). 이들 결과에서 멸치액젓의 HIS 저감 효과는 선도가 좋은 원료를 사용시 유기산 생성으로 pH가 저하되기 때문에, 초기 원료 pH를 6.0이하로 저하시키는 것이 매우 중요하다고 보고하였다(Shim et al., 2022). 따라서 멸치액젓의 발효초기 pH는 1% citric acid를 첨가하여 6.0이하로 저하시킬수 있다.

멸치액젓의 총질소 및 아미노산성질소 함량 변화

선도가 F 원료로 제조된 시료의 TN 함량 변화는 발효 1개월

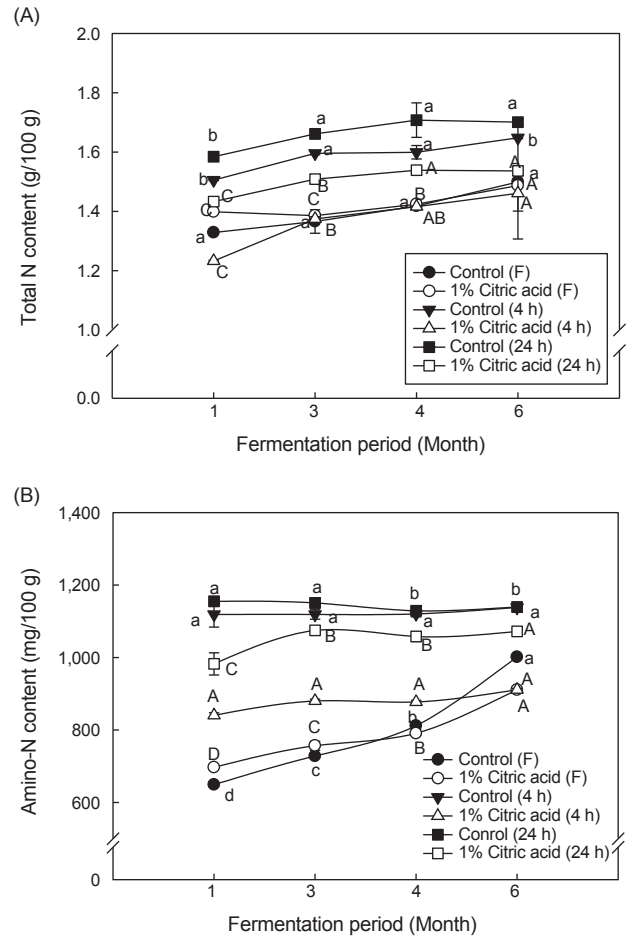


Fig. 2. Effect of citric acid on the total nitrogen (A) and amino acid nitrogen (B) content on the salt-fermented anchovy *Engraulis japonicus* fish sauce with various raw material freshness during fermentation for 6month. Symbol with different alphabet letters (a, b, c and d for control, A, B, C, and D for 1% citric acid) indicate statistically significant difference at  $P < 0.05$  within each row.

과 6개월에 각각 1.32 g/100 g, 1.49 g/100 g이었으며, CC도 발효기간 중 1.39 g/100 g (1개월)에서 1.48 g/100 g (6개월)으로 증가하였다(Fig. 2A). 동일 조건에서 AN 함량은 대조구와 CC는 발효 1개월에 각각 649.1 mg/100 g, 696.75 mg/100 g이었으며, 6개월에 각각 1,001.4 mg/100 g, 910.64 mg/100 g이었다(Fig. 2B).

선도가 4 h 원료로 제조된 시료의 TN 함량은 발효 1개월에 각각 1.50 g/100 g (C), 1.23 g/100 g (CC)이었으며, 발효 6개월에는 각각 1.64 g/100 g (C), 1.46 g/100 g (CC)이었다. 동일 조건에서 AN 함량은 발효 1개월에 각각 1,118.74 mg/100 g, 840.49 mg/100 g이었으며, 발효 6개월에는 각각 1,138.08 mg/100 g, 910.92 mg/100 g이었다. 선도가 24 h 원료 멸치를 이용한 시료의 TN 함량은 발효 1개월에 각각 1.58 g/100 g (C),

1.43 g/100 g (CC)이었으며, 발효 6개월에는 각각 1.70 g/100 g (C), 1.53 g/100g (CC)이었다. AN 함량은 발효 1개월에 각각 1,155.01 mg/100 g (C), 982.55 mg/100 g (CC), 발효 6개월에는 1,139.50 mg/100 g (C), 1,071.83 mg/100 g (CC)이었다(Fig. 2B). Citric acid 첨가에 의한 멸치액젓의 TN 및 AN 함량은 동일 선도에서는 대조구에 비하여 함량이 다소 낮았다 ( $P < 0.05$ ).

### 멸치액젓의 Glutamic Acid 함량 변화

선도가 F 원료로 제조된 시료의 glutamic acid 함량은 발효 1개월에 각각 787.25 mg/100 g (C), 759.01 mg/100 g (CC)이었으며, 발효 6개월에는 921.04 mg/100 g (C), 918.48 mg/100 g (CC)이었다(Fig. 3A). 또한 선도가 4 h 원료로 제조된 시료는 발효 1개월에 각각 856.13 mg/100 g (C), 787.64 mg/100 g (CC)이었으며, 발효 6개월에는 각각 990.18 mg/100 g (C), 966.68 mg/100 g (CC)이었다(Fig. 3B). 반면에 선도가 24 h 원료로 제조된 시료는 발효 1개월에 각각 859.56 mg/100 g (C), 787.64 mg/100 g (CC)이었으며, 6개월에는 각각 1,049.42 mg/100 g (C), 966.68 mg/100 g (CC)이었으며, citric acid 첨가에 의한 유의적인 차이는 없었다(Fig. 3C). 발효시기에 따른 시료간의 glutamic acid 함량을 비교하면, 선도가 4 h 원료로 제조된 멸치액젓의 glutamic acid 함량이 가장 높았으며, 선도가 24 h 원료로 제조된 시료가 함량이 가장 낮았다.

멸치액젓의 발효과정에서 glutamic acid 함량이 6개월 발효 후에 1,266.3 mg/100 mL, 12개월 발효 후에는 1,477.2 mg/100 mL로 알려져 있다(Lim et al., 2002). 일본의 발효어류된장을 제조시 발효과정에서 0.6% citric acid 첨가시 감칠맛에는 영향을 주지 않으면서 미생물에 의한 대사산물의 축적이 억제되어 신맛이 감소한다고 보고하였다(Harada et al., 2016). 특히, 미각 측정센서 장치를 활용하여 맛을 측정된 결과 쓴맛, 쓴맛, 떫은맛은 대조구와 차이가 없었으나, 감칠맛은 대조구에 비해 citric acid 첨가구가 약해졌으며, 감칠맛 측정센서가 pH에 영향을 받기 때문에 낮은 pH로 인한 것으로 보고하였다(Harada et al., 2016).

따라서 본 결과에서도 citric acid 첨가에 의한 pH저하는 단백질 분해효소의 활성을 다소 저하시켜 TN, AN 함량 그리고 glutamic acid 함량은 첨가하지 않은 멸치액젓에 비하여 발효 6개월 동안 다소 낮았지만, 함량 차이는 크지 않아 멸치액젓의 맛에는 큰 영향을 주지 않을 것으로 판단된다.

### 멸치액젓의 Histamine 함량 변화

선도를 인위적으로 조정한 원료 멸치의 HIS 함량은 선도에 따라 20.7 (F), 25.6 (4 h), 672.5 (24 h) mg/kg이었으며, 이들 원료로 제조된 시료의 발효 중 HIS 함량 변화는 Fig. 4와 같다. 선도가 F 원료로 제조된 시료의 HIS 함량은 발효 6개월 동안 17.5–30.2 mg/kg으로 발효과정에서 거의 생성되지 않았으며, 특히 CC는 발효 1개월에 HIS 함량이 4.1 mg/kg이었으며,

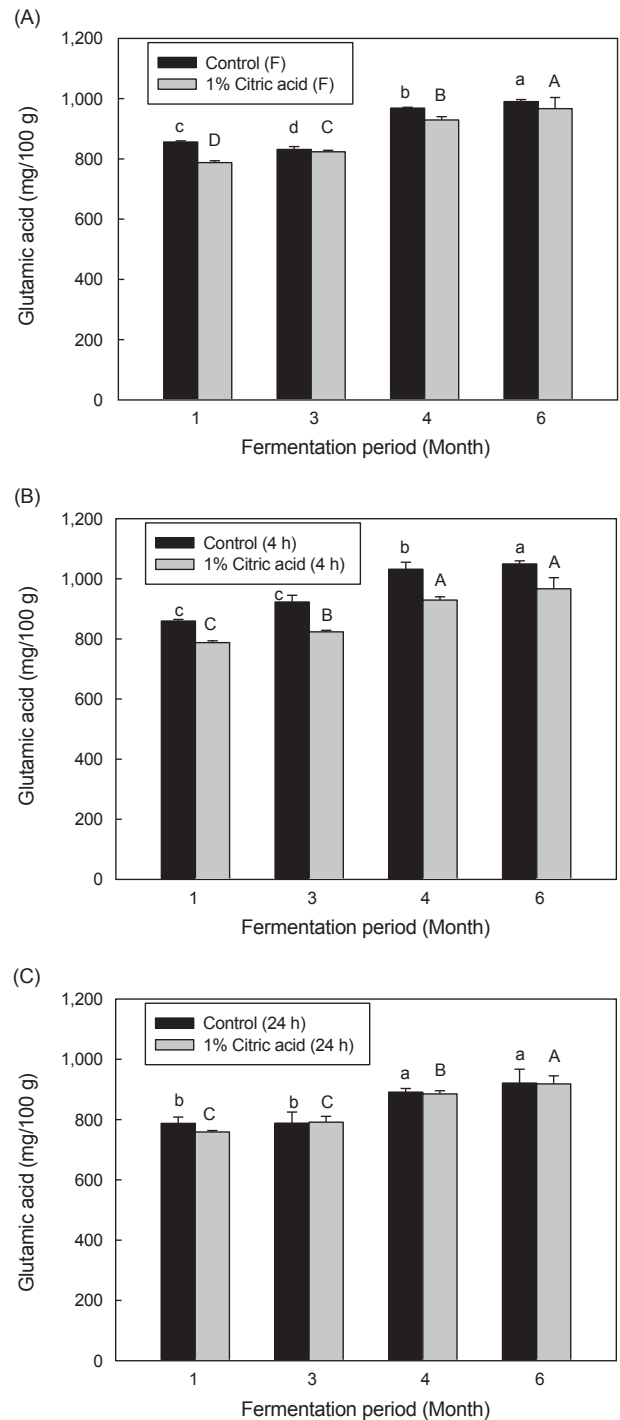


Fig. 3. Effect of citric acid on glutamic acid content on the salt-fermented anchovy *Engraulis japonicus* fish sauce with various raw material freshness (F, 4 h, and 24 h) during fermentation for 6 months. Bar with different alphabet letters (a, b, c and d for control, A, B, C, and D for 1% citric acid) indicate statistically significant difference at  $P < 0.05$ .



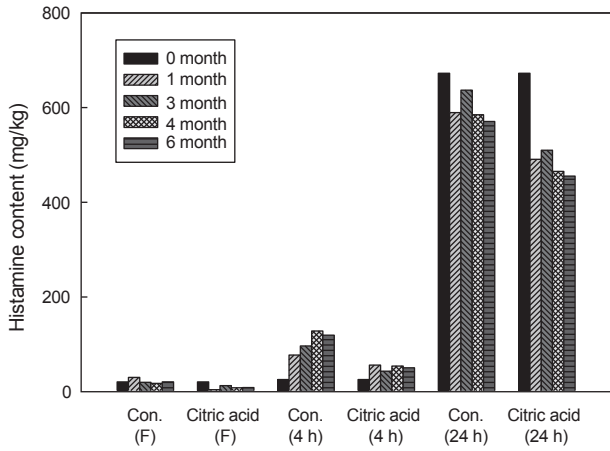


Fig. 4. Effect of citric acid on histamine content on the salt-fermented anchovy *Engraulis japonicus* fish sauce with various raw material freshness during fermentation for 6 months.

6개월 발효 후에도 8.7 mg/kg으로 발효과정에서 HIS 생성을 억제하였다(Fig. 4A). 선도가 4 h 원료로 제조된 시료의 HIS 함량은 1개월 경과후 77.4 mg/kg이었으나 6개월 발효 후에는 119.3 mg/kg까지 상승하였다. 반면에 CC시료는 발효 6개월 후에 50.4 mg/kg으로 HIS 생성이 대조구에 비하여 상당히 억제되었다(Fig. 4B). 반면 선도가 24 h 원료로 제조된 시료의 HIS 함량은 6개월 발효 후 각각 570.8 mg/kg (C), 455.2 mg/kg (CC)으로 citric acid 첨가에 의한 HIS 생성 억제 효과는 크지 않았다(Fig. 4C).

따라서 멸치액젓의 HIS 생성은 발효초기에 HIS 생성균에 의하여 큰 영향을 받으므로, 원료의 선도관리가 가장 중요하다. 원료 선도가 완전히 저하된 원료는 선도저하와 동시에 HIS이 급격히 생성되기 때문에 이들 원료와 식염과 citric acid에 멸치액젓 제조시에는 발효과정에서 HIS 생성은 더 이상 생성이 되지 않도록 하지만 저감 효과는 확인되지 않았다. BAs 형성에 대한 다양한 식품 첨가물의 영향을 조사한 결과에서 glycine 처리시 PUT, CAD, HIS, TYR, SPM의 함량은 대조군에 비해 각각 32.6%, 78.4%, 93.2%, 100.0% 및 100.0% 감소하였다고 보고한 바 있다(Mah and Hwang, 2009). 또한 식염 함량이 약 10% 함유된 일본의 발효어류된장에서 분리된 HIS 생성균으로 *Staphylococcus epidermidis* 분리되었으며, 이 균은 citric acid 농도가 30 mM 이상인 배지에서 증가하지 않았으며, 이때 pH는 6이하였다고 보고하였다(Harada et al., 2017). 또한 발효어류된장 발효과정에서 0.6% citric acid 첨가는 HIS 생성균을 효과적으로 저해하여 발효 30일까지 30 mg/kg 이하로 HIS 생성을 억제한 반면에 대조구는 같은 시기에 500 mg/kg 이상 축적되었다(Harada et al., 2016). Citric acid는 여러 종류의 Lactobacillus속에 대해 특이적으로 항균성을 나타내는데, 그 원인은 명확하지 않다. 일반적으로 HIS 생성균은 pH 4.4-6.5정도의 산성 조건 하

에서 HIS를 다량으로 생성하기 때문에 저농도의 citric acid 첨가는 HIS 생성을 촉진할 수도 있어, citric acid 첨가 농도에 대해서는 발효 중 우점균종, citric acid 내성 등을 고려하여 신중하게 검토할 필요가 있다고 보고하고 있다(Konagaya et al., 2002).

따라서 본 연구결과를 통해 산업적인 규모로 멸치액젓의 제조시 HIS 생성을 효과적으로 저감하기 위해서 선도관리와 더불어 1% citric acid를 사용함으로써 액젓 고유의 맛과 향에 영향을 주지 않으면서 초기 pH를 저하시키는 효과적인 방법이라고 판단된다.

그러나 식품의 기준 및 규격(MFDA, 2023b)에서 액젓은 원료와 소금이외에는 조미료 등 식품첨가물이 첨가를 허용하지 않는 것으로 규정하고 있기 때문에 식품첨가물을 이용하여 제조된 HIS 저감 멸치액젓의 식품유형은 향후 해결해 나가야 할 것이라고 판단된다.

## 사 사

이 논문은 2020학년도 부경대학교의 지원(CD2020085)을 받아 수행한 연구이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

## References

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. Official Methods of Analysis. 16th edn. AOAC, Washington D.C., U.S.A., 69-74.

CODEX Alimentarius Commission. 2018. Standard for Fish Sauce (Amendment 2012, 2013, 2018) (CODEX STAN 302-2011). Retrieved from [https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B302-2011%252FCXS\\_302e.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B302-2011%252FCXS_302e.pdf) on Mar 13, 2023.

Dedola AS, Piras L, Addis M, Pirisi A, Piredda G, Mara A and Sanna G. 2020. New analytical tools for unmasking frauds in raw milk-based dairy products: Assessment, validation and application to fiore sardo PDO Cheese of a RP-HPLC method for the evaluation of the  $\alpha$ -l-fucosidase activity. Separations 7, 40. <https://doi.org/10.3390/separations7030040>.

EC (European Commission). 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. Off J Eur Union L282, 46-47.

Harada Y, Shozne KI, Yokoi KJ and Satomi M. 2016. Effect of citric acid addition on histamine accumulation and component extraction during processing of *Sakana Miso* fish sauce. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi 63, 529-537. <https://doi.org/10.3136/nshkk.63.529>.

Harada Y, Shozne KI, Yokoi KJ and Satomi M. 2017. Effects of organic acids, sugars, and oils on histamine production by the halotolerant histamine-producing bacterium *Staphy-*

- lococcus epidermidis* TYH1 isolated from *Sakana Miso* fermented fish paste. *Food Sci Technol Res* 23, 863-870. <https://doi.org/10.3136/fstr.23.863>.
- Karovicova J and Kohajdova Z. 2005. Biogenic amines in food. *Chem Pap* 59, 70-79.
- Konagaya Y, Kimura B, Ishida M and Fujii T. 2002. Purification and properties of a histidine decarboxylase from *Tetragenococcus muriatricus*, a halophilic lactic acid bacterium. *J Appl Microbiol* 92, 1136-1142. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2002.01664.x>.
- Lim YS, You BJ, Choi YJ and Cho YJ. 2002. Difference of components changes in salt-fermented anchovy, *Engraulis japonicas* sauce by tank size during fermentation. *Korean J Fish Aquat Sci* 35, 302-307. <https://doi.org/10.5657/kfas.2002.35.3.302>.
- Mah JH and Hwang HJ. 2009. Effects of food additives on biogenic amine formation in *Myeolchi-jeot*, a salted and fermented anchovy (*Engraulis japonicus*). *Food Chem* 114, 168-173. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.035>.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2023a. General testing method (Histamine, Amino acid nitrogen). In: Food Code. Chapter 8. Retrieved from <https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC> on Mar 19, 2023.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2023b. Standards and specifications for each food products (Salted and fermented seafood products; fish sauce). In: Food Code. Chapter 5. Retrieved from <https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC> on Mar 19, 2023.
- Pfundstein B, Tricker AR, Theobald E, Spiegelharder B and Preussmann R. 1991. Mean daily intake of primary and secondary amines from foods and beverages in West Germany in 1989-1990. *Food Chem Toxicol* 29, 733-739. [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(91\)90181-6](https://doi.org/10.1016/0278-6915(91)90181-6).
- Shahidi F, Pegg RB and Sen NP. 1994. Absence of volatile *N*-nitrosamines in cooked nitrite-free cured muscle foods. *Meat Sci* 37, 327-336. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(94\)90050-7](https://doi.org/10.1016/0309-1740(94)90050-7).
- Shim KB, Han HG, An BK, Lee WJ, In JJ and Song HS. 2021. Comparison of the physiochemical compositions and biogenic amine contents of salt-fermented fishery products from different raw materials. *Korean J Fish Aquat Sci* 54, 835-840. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2021.0835>.
- Shim KB, Mok JS, Jeong YG, Park KBW and Jang MS. 2022. Effect of organic acids on the formation of biogenic amines in fermented anchovy sauce comprising raw anchovy materials with different levels of freshness. *J Food Sci Technol* 59, 703-714. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05065-w>.
- Shin SW, Kim YS, Kim YH, Kim HT, Eum KS, Hong SR, Kang HJ, Park KH and Yoon MH. 2019. Biogenic-amine contents of Korean commercial salted fishes and cabbage Kimchi. *Korean J Fish Aquat Sci* 52, 13-19. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0013>.
- Tsai YH, Lin CY, Chien LT, Lee TM, Wei CI and Hwang DF. 2006. Histamine contents of fermented fish products in Taiwan and isolation of histamine forming bacteria. *Food Chem* 98, 64-70. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.04.036>.
- Yang HJ, Jeong SJ, Jeong SY, Heo JH, Choi NS and Jeong DY. 2016. Screening of non-biogenic-amine-producing *Bacillus subtilis* and medium optimization for improving biomass by the response surface methodology. *J Life Sci* 26, 571-583. <https://doi.org/10.5352/JLS.2016.26.5.571>.
- Wójcik W, Łukasiewicz M and Puppel K. 2020. Biogenic amines: Formation, action and toxicity - a review. *J Sci Food Agric* 101, 2634-2640. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10928>.