

시중유통 양념젓갈 및 식해의 유기산 함량 비교

이효림[†] · 배연주[†] · 손승아 · 손숙경 · 이종봉 · 권가연 · 박선현¹ · 심길보^{*}

국립부경대학교 식품공학과, ¹한국식품연구원 식품표준연구센터

Comparison of the Organic Acid Content of Commercial Seasoning *Jeotgal* and *Sikhae*

Hyo Rim Lee[†], Yeon Joo Bae[†], Seung Ah Son, Suk Kyung Sohn, Jong Bong Lee, Ga Yeon Kwon, Seonhyun Park¹ and Kil Bo Shim^{*}

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

¹Food Standard Research Center, Korea Food Research Institute, Wanju 55365, Republic of Korea

This study has investigated ten different organic acids in 67 types of seasoning *Jeotgal* (seasoning salted fermented product, SSFP) and *Sikhae* (seasoning salted fermented product with rice, SSFPR) collected from the market. The levels of organic acids varied significantly depending on the raw materials used for the SSFP and SSFPR. The acetic acid and lactic acid content ranged from being not detected (ND) to 5,667.15 mg/kg for acetic acid in the SSFP, ND to 34,837.89 mg/kg for lactic acid in the SSFP, and 53.47 to 2,089.55 mg/kg for acetic acid in the SSFPR, and 10.69 to 1,733.27 mg/kg for lactic acid in the SSFPR. The range for succinic acid was 57.92 to 2,793.09 mg/kg in the SSFP and 21.21 to 453.32 mg/kg in the SSFPR. Propionic acid content ranged from 8.42 to 277.83 mg/kg in the SSFP and 13.21 to 133.07 mg/kg in SSFPR. The most abundant organic acids were succinic and lactic acid, comprising 48% of the seasoning *Jeotgal* (succinic acid) and more than 72% in *Sikhae* (lactic acid). Furthermore, this study suggests that the differences in the organic acid content of samples, based on their raw materials can be discriminated by principal component analysis (PCA).

Keywords: Organic acid, Principal component analysis, Raw material, Seasoning *Jeotgal*, *Sikhae*

서론

젓갈은 일시다회성 소형 어패류의 저장수단이며 동시에 부가가치를 높일 수 있는 수산물 가공방법이다. 젓갈 산업은 소금 생산이 용이한 지리적 특성과 어획지를 중심으로 성장했으나 (Kim, 2008), 기호성을 중시하고 과도한 식염 섭취를 지양하는 사회적 분위기로 젓갈류의 소비는 감소하였다(Lee et al., 2008; Lee, 2019). 그러나 최근 액젓을 활용한 소스류 시장이 확대되면서 관련 산업은 성장하고 있으며, 젓갈류를 선호하는 노령인구 및 식생활 여건 변화에 따른 편의 부식의 수요 증가와 전통 식품의 유행으로 양념젓갈의 소비가 지속적으로 증가하고 있다(Kim, 2008, 2020). 식품 기준 및 규격에 의하면 수산가공식품 중 젓갈류는 젓갈, 양념젓갈, 액젓, 조미액젓으로 분류되며

(MFDS, 2024a), 생산규모는 2022년에 젓갈 21,176톤, 양념젓갈 24,163톤, 액젓 57,828톤, 조미액젓 24,975톤이었으며, 생산량은 매년 증가하고 있다(MFDS, 2023a). 젓갈류 중 양념젓갈은 가자미, 오징어 등 수산물에 식염을 가하여 1차적으로 염장하고, 염장된 수산물에 조밥, 엿기름, 고춧가루, 무 등의 부재료를 혼합한 후 숙성 발효를 시킨 식해를 포함하고 있다(Lee et al., 2022). 젓갈은 수산물의 전체 또는 일부분을 원료로 하여 식염과 양념을 가하여 자가 소화나 미생물의 분해 작용에 의하여 발효 숙성시킨 것으로 발효 과정에서 단백질 분해가 진행될 뿐만 아니라 탄수화물, 지질, 유기산 등이 분해되어 풍미가 증가된다. 이들 성분 중 유기산은 풍미를 좌우하는 중요한 성분으로 산미와 어패류의 독특한 맛을 내는 주요 정미성분 중 하나로 식품의 pH, 산화, 변색에 영향을 미친다(Shim et al., 1994; Lee et

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

E-mail address: kbshim@pknu.ac.kr [†]Contributed equally.



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.2024.0489>

Korean J Fish Aquat Sci 57(4), 489-496, August 2024

Received 28 May 2024; Revised 27 June 2024; Accepted 10 August 2024

저자 직위: 이효림(대학원생), 배연주(대학원생), 손승아(대학원생), 손숙경(대학원생), 이종봉(대학원생), 권가연(대학원생), 박선현(선임기술원), 심길보(교수)

al., 1996). 또한 유기산은 식품에 자연적으로 존재하거나 가수 분해, 생화학적 대사 및 미생물 활동을 통해 제조 과정 중에 직접 또는 발효 중에 간접적으로 첨가될 수 있으며, 산미료나 산화방지제, 보존료 등의 식품 첨가물로도 이용되고 있다(Erönül and Nergiz, 2018).

특히 propionic acid는 곰팡이 및 호기성 아포균의 발육을 저지한다는 특성이 있어 주로 보존료로 사용되고 있지만, 다양한 발효식품에서 propionic acid 생성균의 대사과정에서 주로 lactic acid와 glucose를 기질로 사용하여 특정 아미노산을 분해한 후 최종산물로 propionic acid이 자연적으로 발생할 수 있다(KFRI, 2018; Jang et al., 2020). 국내에서 젓갈류의 propionic acid 기준은 불검출로 사용을 제한하고 있지만, 식품첨가물로서 보존 효과를 전혀 나타내지 않는 수준인 100 mg/kg 이하는 천연유래로 인정되고 있다(MFDS, 2023b).

최근 양념젓갈은 저염식을 선호하는 식생활패턴의 변화로 저염화 추세이며, 안전성을 확보하기 위하여 냉장 또는 냉동상태로 유통 및 판매되고 있다. 이러한 이유로 양념젓갈의 유통과정에서 미생물학적 안전성을 평가하거나 식품보존제 첨가, 유산균 발효로 유기산 생성에 의한 보존성을 향상시키는 연구가 이뤄지고 있다(Choi et al., 2018; Kim et al., 2021).

젓갈류의 유기산 함량에 대한 연구는 멸치액젓(Park et al.,

2006), 명태식해(Choi et al., 2002), 오징어식해(Bank et al., 1994) 등 특정 젓갈에 대한 연구와 발효방법을 달리한 톨라피아와 잉어의 발효과정에서의 유기산 함량 변화(Ezzat et al., 2021), 베트남 젓갈의 맛성분으로서 유기산 함량(Park et al., 2002) 등이 연구된 바 있으나, 전체적인 양념젓갈에 관한 포괄적인 연구는 찾아보기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 시중 유통되고 있는 양념젓갈을 양념젓갈과 식해로 구분하여 유기산 함량을 분석하고, 원료에 따른 유기산 함량의 차이와 천연유래 보존제의 생성을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

시료는 시판 판매되고 있는 양념젓갈 67종(상품명으로는 양념젓갈과 식해로 구분)을 전자상거래로 구매하여 균질화한 후 약 200 g씩 소분하여 -20°C 냉동고에서 보관하였고, 이를 시료로 사용하였다(Table 1). 시판 양념젓갈은 41종(가리비젓 1종, 갈치젓 1종, 낙지젓 7종, 명란젓 13종, 어리굴젓 3종, 오징어젓 9종, 창난젓 6종, 황석어젓 1종)과 시판 식해 26종(가자미 식해 11종, 명태 식해 10종, 오징어 식해 3종, 홍치 식해 2종)이었다.

Table 1. Sample name and main raw material of commercial seasoning *Jeotgal* and *Sikhae* collected from the market

Product	Sample name (Korean)	Raw material	N ¹
Seasoning <i>Jeotgal</i>	<i>Hwangseog-eo</i>	<i>Larimichthys polyactis</i> 75% (Korea), salt 25% (Korea)	1
	<i>Garibi</i>	<i>Mizuhopecten yessoensis</i> 75% (Japan)	1
	<i>Eoligul</i>	<i>Crassostrea gigas</i> 68–81% (Korea), salt 2–7% (Korea)	3
	<i>Nagji</i>	<i>Octopus minor</i> 52–77% (China), salt 3–22% (China/Korea)	7
	<i>Ojing-eo</i>	<i>Todarodes pacificus</i> 67–80% (Korea/China/Chile), salt 1–20% (Korea/China)	9
	<i>Changnan</i>	<i>Gadus chalcogrammus</i> viscera 68–73% (America), salt 4–8.1% (Korea)	6
	<i>Galchi</i>	<i>Trichiurus lepturus</i> viscera 75% (Korea)	1
	<i>Myeonglan</i>	<i>G. chalcogrammus</i> roe 81.5–91% (Russia/America), salt 3.8–7.5% (Korea/China/Australia)	13
<i>Sikhae</i>	<i>Gajami</i>	<i>Pseudopleuronectes herzensteini</i> 65–80% (Korea), grains (rice/millet) 5–23% (China/Korea), red pepper powder 4–8.7% (China/Korea), salt 2.1–7% (Korea), radish 2.5–40% (Korea), garlic 2–3.4% (China/Korea), ginger 1–2% (Korea/China), sugar 0.5–0.8%, monosodium L-glutamate (flavor enhancer) 0.2–0.3%	11
	<i>Myeongtae</i>	<i>G. chalcogrammus</i> 50.04–87.55% (Russia/America), red pepper powder 3.5–5.2% (China/Korea), salt 2.5–5% (Korea), garlic 1–2.5% (Korea/China), ginger 0.1–1.2% (Korea), sesame 1% (India/China), sugar 1–2.6% (Korea), monosodium L-glutamate (flavor enhancer) 0.5%, vinegar 1–7.51%, corn syrup 3–5%, sesame oil 1%	10
	<i>Ojing-eo</i>	<i>T. pacificus</i> 20–51.85% (Korea/China), grains (rice/millet) 19–23% (Korea), red pepper powder 6–8.7% (Korea), salt 2.1–3% (Korea), radish 10–40% (Korea), garlic 3.4% (Korea), ginger 2% (Korea), sugar 0.6%, malt 0.2% (Korea)	3
	<i>Hongchi</i>	<i>Gymnocanthus herzensteini</i> 20% (Korea), rice 23% (Korea), red pepper powder 8.7% (Korea), salt 2.1% (Korea), radish 40% (Korea), garlic 3.4% (Korea), ginger 2% (Korea), sugar 0.6%, malt 0.2% (Korea)	2

¹N, Number of samples examined.

표준용액의 조제

유기산은 10종(acetic acid, citric acid, fumaric acid, lactic acid, maleic acid, malic acid, malonic acid, oxalic acid, propionic acid, succinic acid)에 대한 함량을 분석하였다. 표준품으로 oxalic acid는 Yakuri Pure Chemicals (Osaka, Japan)사용하였으며, 이를 제외한 나머지 9종은 Sigma-Aldrich (St.Louis, MO, USA) 시약을 사용하였다.

Acetic acid, citric acid, lactic acid, malic acid, malonic acid, succinic acid, oxalic acid, fumaric acid, maleic acid은 100 mg/L 농도로 증류수로 희석하여 표준용액으로 사용하였으며, 혼합표준용액은 동시분석을 위한 정량분석에 적합하도록 각 농도에 맞게 희석하였다. Propionic acid는 100 mg/L 농도로 아세트론으로 희석하여 표준용액으로 사용하였으며, 표준용액에 0.1 mg/mL 내부표준물질 용액(crotonic acid; Sigma-Aldrich)을 첨가하여 사용하였다.

시료 전처리

유기산 9종 분석을 위한 시료 전처리는 Min et al. (2006)에 따라 시료 5 g을 50 mL conical tube (SPL Life Sciences Co., Pochun, Korea)에 정밀히 취하여 증류수 20 mL를 가한 후 sonicator (Power Sonic 410; Hwashin Tech Co., Ltd., Gwangju, Korea)에 넣고 20분간 추출하였다. 이 혼합물을 995 g에서 10 분 동안 원심분리(Supra R22; Hanil Scientific Inc., Gimpo, Korea)한 다음 상층액을 취하고 증류수로 50 mL가 되도록 정용한 후 0.45 µm PVDF membrane filter (Hyundai Micro Co., Seoul, Korea)로 여과한 것을 시료액으로 사용하였다.

Propionic acid는 식품공전(MFDS, 2024b)에 따라 시료 5 g을 50 mL conical tube (SPL Life Sciences)에 정밀히 취하여 99.9% ethanol (Daejung Co., Seoul, Korea) 30 mL를 가한 후 내부 표준물질(internal standard)이 100 mg/L가 되도록 첨가하였다. 이에 15% potassium ferrocyanide (Kanto Chemical Co., INC., Tokyo, Japan) 용액인 carrez 침전제 제1액을 2 mL 가한 후 흔들어 섞어주고, 30% zinc sulfate (Junsei Chemical Co., Ltd., Tokyo, Japan)용액인 carrez 침전제 제2액을 2 mL 가해 2 분간 흔들어 섞어준 다음 원심분리기(1,769 g, 10분)를 이용하여 상층액을 취해 99.9% ethanol로 50 mL가 되도록 정용한 후 0.45 µm nylon membrane filter (Hyundai Micro Co., Seoul, Korea)로 여과하여 시료액으로 사용하였다.

유기산 9종 함량 분석

Acetic acid, citric acid, fumaric acid, lactic acid, maleic acid, malic acid, malonic acid, oxalic acid, succinic acid 함량은 HPLC (1260 Infinity; Agilent technologies, Santa Clara, CA, USA)로 분석하였다. 칼럼은 Aminex HPX-87H (7.8 mm I.D. × 300 mm; Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, USA)를 이용하였다. 이동상은 10 mM과 50 mM sulfuric acid (Sigma-

Aldrich) 용액을 사용하였고(Min et al., 2006), 검출파장은 210 nm, 주입량은 20 µL로 하였으며, 칼럼의 온도는 40°C, 유속은 0.6 mL/min으로 하였다.

Propionic acid 함량 분석

Propionic acid 분석은 식품공전(MFDS, 2024b)에 따라 분석하였고, FID가 장착된 Gas chromatography (6890N; Agilent technologie)를 이용하였다. 칼럼은 HP-FFAP (30 m × 0.320 mm × 0.25 µm)를 사용하였으며, 오븐 초기온도 60°C에서 5 분간 머무른 다음 20°C/min의 속도로 115°C까지 상승시킨 후, 20°C/min의 속도로 200°C까지 상승시켜 13분간 유지하였다. 주입구와 검출기의 온도는 각각 220°C과 250°C였으며, 유속은 1.0 mL/min, 이동상은 질소를 이용하여 분석하였다.

통계처리

모든 측정치는 평균(mean) ± 표준편차(standard deviation)로 나타냈으며, 각 실험 결과에 대한 통계는 SPSS (Statistics Package for the Social Science) 프로그램을 사용하여 각각의 실험 결과에 대한 ANOVA test를 이용하여 분산분석을 진행하였고, Duncan의 다중범위검증법(Duncan's multiple range test)으로 P<0.05 유의수준에서 검증을 실시하였다.

각 시료별로 분석한 10종의 유기산 분석결과의 평균값을 구한 후 주성분 분석(principal component analysis)을 실시하였다. 주성분 분석에는 분산행렬(correlation matrix)을 사용하였고, 패턴분석은 Matlab (R2024a; MathWorks, INC., Massachusetts, USA)의 응용프로그램인 PLS-Toolbox (version 9.3.1; Eigenvector Research INC, Washington, USA)를 이용하였고, 통계적 접근을 통한 결과값은 종속 변수와 독립변수 사이의 상관관계를 bi-plot을 이용하여 제시하였다.

결과 및 고찰

양념젓갈의 유기산 함량

양념젓갈 41종에 대한 10종의 유기산 함량은 Table 2에 나타내었다. 양념젓갈 중 oxalic acid는 1.18–589.21 mg/kg (52.54 ± 101.7 mg/kg)의 범위로 나타났으며, 그 중 오징어젓이 80.18 ± 162.09 mg/kg로 가장 높고, 황석어젓이 1.36 ± 0.19 mg/kg로 가장 낮게 나타났다. Citric acid는 51.47–7,782.72 mg/kg (1,398.79 ± 1,872.56 mg/kg)이었으며, 그 중 창난젓이 4,665.54 ± 2,779.72 mg/kg로 가장 높았고, 명란젓이 193.25 ± 148.37 mg/kg로 가장 낮은 것으로 나타났다.

Maleic acid는 불검출–398.07 mg/kg (13.72 ± 61.3 mg/kg)이었으며, 어리굴젓, 창난젓, 명란젓을 제외한 양념젓갈에서 검출되지 않았다. 그 중 창난젓이 313.12 ± 60.24 mg/kg로 가장 높게 나타났다. Malic acid는 불검출–7,910.3 mg/kg (1,531.84 ± 2,130.76 mg/kg)이며, 그 중 갈치속젓이

Table 2. Comparison of organic acid content (mg/kg) of commercial seasoning *Jeotgal* collected from the market

Sample name (Korean)	Oxalic acid	Citric acid	Maleic acid	Malic acid	Malonic acid
<i>Hwangseog-eo</i>	1.18–1.55 (1.36±0.19 ^{a1})	1,462.74–1,501.38 (1,482.06±19.32 ^b)	ND ²	344.54–345.25 (344.9±0.36 ^b)	501.67–510.35 (506.01±4.34 ^a)
<i>Garibi</i>	19.37–25.28 (22.32±2.95 ^a)	52.24–1,408.58 (730.41±678.17 ^b)	ND	ND	ND
<i>Eoligul</i>	24.47–33.9 (28.04±3.53 ^a)	221.81–782.98 (573.01±207.36 ^b)	ND–1.14	495.5–929.86 (750.07±158.73 ^b)	982.07–1,527.15 (1,173.33±250.46 ^a)
<i>Nagji</i>	29.59–94.5 (55.97±21.54 ^a)	51.55–1,781.55 (1,357.09±402.36 ^b)	ND	202.36–577.59 (338.97±169.32 ^b)	ND
<i>Ojing-eo</i>	7.02–589.21 (80.18±162.09 ^a)	151.69–5,931.39 (1,699.91±1,590 ^b)	ND	382.79–3,637.6 (1,363.61±1,133.26 ^b)	ND
<i>Changnan</i>	14.85–555.36 (79.88±158.64 ^a)	1,151.31–7,782.72 (4,665.54±2,779.72 ^a)	265.09–398.07 (313.12±60.24 ^a)	3,208.75–7,455.49 (4,995.89±1,243.97 ^a)	ND
<i>Galchi</i>	61.49–89.98 (75.74±14.24 ^a)	762.81–958.31 (860.56±97.75 ^b)	ND	5,777.71–7,910.3 (6,844±1,066.29 ^a)	ND
<i>Myeonglan</i>	3.87–46.75 (28.11±12.62 ^a)	51.47–567.25 (193.25±148.37 ^b)	0.11–88.24 (42.69±42.63 ^b)	2,644.67–5,141.24 (4,144.63±826.81 ^b)	230.98–384.2 (307.59±76.61 ^b)
Sum	1.18–589.21 (52.54±101.7)	51.47–7,782.72 (1,398.79±1,872.56)	ND–398.07 (13.72±61.3)	ND–7,910.3 (1,531.84±2,130.76)	ND–1,527.15 (63.55±240.99)

Table 2. Continued

Sample name (Korean)	Succinic acid	Lactic acid	Acetic acid	Fumaric acid	Propionic acid	N ³
<i>Hwangseog-eo</i>	6,038.75–7,039.37 (6,539.06±500.31 ^b)	20.89–21.12 (21±0.12 ^b)	253.97–469.87 (361.92±107.95 ^c)	0.33–0.42 (0.37±0.04 ^a)	85.15–86.76 (85.96±0.81 ^{bc})	1
<i>Garibi</i>	66.44–2,223.76 (1,145.1±1,078.66 ^c)	3,391.79–5,479.22 (4,435.5±1,043.72 ^b)	1,865.72–5,667.15 (3,766.43±1,900.71 ^a)	2.68–26.74 (14.71±12.03 ^a)	39.2–43.75 (41.47±2.27 ^{cd})	1
<i>Eoligul</i>	642.04–5,919.23 (3,161.02±2,311.62 ^{bc})	1,266.92–5,699.52 (4,158.47±2,046.11 ^b)	412.9–988.3 (702.7±231.21 ^{bc})	3.46–13.06 (6.03±3.55 ^a)	137.16–277.83 (193.67±59.26 ^a)	3
<i>Nagji</i>	596.27–2,457.48 (1,681.88±596.27 ^{bc})	648.86–12,091.68 (2,000.24±2,887.3 ^b)	626.1–2,655.24 (979.32±495.8 ^{bc})	0.61–38.28 (22.49±8.28 ^a)	16–26.79 (20.97±3.6 ^d)	7
<i>Ojing-eo</i>	680.39–7,125.21 (2,739.04±2,114.08 ^{bc})	106.69–819.03 (481.93±237.22 ^b)	179.34–4,231.15 (818.59±830.16 ^{bc})	3.74–26.28 (14.3±7.52 ^a)	27.06–76.2 (57.57±21.64 ^{cd})	9
<i>Changnan</i>	57.92–4,673.38 (1,544.05±1,208.24 ^{bc})	608.92–34,837.89 (12,082.54±13,326.64 ^a)	807.65–5,030.57 (2,004.32±1,469.47 ^b)	3.67–41.2 (21.24±13.04 ^a)	20.83–46.85 (30.44±8.97 ^d)	6
<i>Galchi</i>	264.78–851.98 (558.38±293.6 ^c)	1,930.42–3,717 (2,823.71±893.29 ^b)	3,087.12–3,897.28 (3,492.2±405.08 ^a)	16.65–20.76 (18.7±2.06 ^a)	114.13–117.88 (116±1.88 ^b)	1
<i>Myeonglan</i>	3,663.48–22,793.09 (15,606.23±4,888.43 ^a)	125.1–6,278.9 (2,537.97±1,663.19 ^b)	32.87–2,308.39 (658.36±666.9 ^{bc})	0.99–471.09 (59.12±119.07 ^a)	8.42–27.62 (15.08±7.04 ^d)	13
Sum	57.92–22,793.09 (6,565.68±6,985.76)	20.89–34,837.89 (2,948.15±6,113.34)	32.87–5,667.15 (971.93±1,123.67)	0.33–471.09 (30.22±70.86)	8.42–277.83 (64.58±66.47)	41

¹Different letters within the same column indicate significant differences ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range test. ²ND, Not detected. ³N, Number of samples examined.

6,844 ± 1,066.29 mg/kg로 가장 높고, 가리비젓이 불검출로 가장 낮게 나타났다.

Malonic acid는 불검출–1,527.15 mg/kg (63.55 ± 240.99 mg/kg)이었으며, 황석어젓, 어리굴젓, 명란젓을 제외하고 모두

검출되지 않았고, 그 중 어리굴젓이 1,173.33 ± 250.46 mg/kg로 가장 높게 나타났다.

Succinic acid 함량은 57.92–22,793.09 mg/kg (6,565.68 ± 6,985.76 mg/kg)로 나타났으며, 명란젓이 15,606.23 ± 4,888.43

mg/kg로 가장 높고, 갈치속젓이 558.38 ± 293.6 mg/kg 로 가장 낮은것으로 나타났다.

Lactic acid는 20.89–34,837.89 mg/kg (2,948.15 ± 6,113.34 mg/kg)이며, 그 중 창난젓(12,082.54 ± 13,326.64 mg/kg)이 가장 높고, 황석어젓(21 ± 0.12 mg/kg) 가장 낮았다.

Acetic acid는 32.87–5,667.15 mg/kg (971.93 ± 1,123.67 mg/kg)이었으며, fumaric acid는 0.33–471.09 mg/kg (30.22 ± 70.86 mg/kg)이었다.

Propionic acid는 8.42–277.83 mg/kg (64.58 ± 66.47 mg/kg)이었으며, 어리굴젓이 193.67 ± 59.26 mg/kg, 갈치속젓이 116 ± 1.88 mg/kg으로 함량이 높았고, 명란젓이 15.08 ± 7.04 mg/kg로 가장 낮았다.

젓갈류(낙지젓, 꼴뚜기젓, 조개젓, 밴댕이젓, 명란젓, 새우젓, 멸치액젓, 까나리액젓)에서 propionic acid는 낙지젓 10건 중 5건(불검출–14.35 mg/kg), 새우젓 20건 중 18건(불검출–18.87 mg/kg), 명란젓 12건 중 3건(불검출–3.90 mg/kg)이 검출되었고, 꼴뚜기젓(3.11–18.87 mg/kg), 조개젓(12.03–62.12 mg/kg), 밴댕이젓(16.85–48.66 mg/kg), 멸치액젓(84.38–321.06 mg/kg), 까나리액젓(48.03–148.32 mg/kg)에 대해서도 검출되

었다고 보고하였다(KFRI, 2018).

특히, 굴이 주 원료인 어리굴젓의 propionic acid 함량은 10건 중 10건 모두 검출되었고, 그 함량은 173.15–280.99 mg/kg이었다(KFRI, 2018).

식해의 유기산 함량

식해 26종에 대한 10종의 유기산 함량은 Table 3에 나타내었다. 유기산 중 oxalic acid는 1.29–7.77 mg/kg (2.03 ± 1.06 mg/kg), citric acid는 0.63–300.88 mg/kg (60.89 ± 67.84 mg/kg)이었다.

Maleic acid는 명태식해 10종 중 1종에서만 0.003 mg/kg 검출되었고, 나머지 식해류에서는 모두 검출되지 않았다. Malic acid는 40.14–643.7 mg/kg (187.45 ± 138.74 mg/kg)이었으며, 그 중 홍치식해가 397.1 ± 81.13 mg/kg로 가장 높게 나타났다.

Malonic acid는 불검출–535.79 mg/kg (91.17 ± 138.96 mg/kg), succinic acid는 21.21–453.32 mg/kg (117.22 ± 85.13 mg/kg), lactic acid는 10.69–12,733.27 mg/kg (2,752.08 ± 3,388.28 mg/kg), acetic acid는 53.47–2,089.55 mg/kg (589.33 ± 576.05 mg/kg)로 나타났다.

Table 3. Comparison of organic acid content (mg/kg) of commercial *Sikhae* collected from the market

Sample name (Korean)	Oxalic acid	Citric acid	Maleic acid	Malic acid	Malonic acid
<i>Gajami</i>	1.29–7.77 (2.15±1.61 ^{a1})	0.63–298.92 (37.43±62.9 ^b)	ND ²	52.48–643.7 (259.6±140.96 ^a)	77.04–535.79 (254.86±12 ^a)
<i>Myeongtae</i>	1.88–2.08 (2±0.05 ^a)	34.32–128.43 (63.22±28.22 ^b)	ND–0.003	40.14–264 (104.27±60.43 ^b)	2.2–32.8 (14.7±11.75 ^b)
<i>Ojing-eo</i>	1.93–2.07 (2±0.05 ^a)	6.19–57.08 (39.68±22.7 ^b)	ND	67.02–143.79 (104.54±27.89 ^b)	2.87–3.38 (3.19±0.23 ^b)
<i>Hongchi</i>	1.38–1.87 (1.62±0.21 ^a)	173.55–300.88 (228.88±41.97 ^a)	ND	269.35–482.93 (397.1±81.13 ^a)	ND
Sum	1.29–7.77 (2.03±1.06)	0.63–300.88 (60.89±67.84)	ND–0.003	40.14–643.7 (187.45±138.74)	ND–535.79 (91.17±138.96)

Table 3. Continued

Sample name (Korean)	Succinic acid	Lactic acid	Acetic acid	Fumaric acid	Propionic acid	N ³
<i>Gajami</i>	21.21–453.32 (98.29±92.2 ^{ab})	1,359.4–12,733.27 (5,521.82±3,491.36 ^a)	118.09–2,089.55 (957.32±664.52 ^a)	0.01–7.36 (2.4±2.38 ^a)	35.67–133.07 (61.22±28.08 ^a)	11
<i>Myeongtae</i>	33.85–269.24 (150.3±81.33 ^a)	10.69–746.01 (302.08±586.32 ^c)	53.47–575.36 (271.58±159.79 ^b)	0.07–1.25 (0.45±0.36 ^b)	13.21–62.09 (34.88±13.52 ^b)	10
<i>Ojing-eo</i>	45.69–117.47 (71.49±30.23 ^b)	10.99–1,282.58 (632.42±509.28 ^c)	81–635.34 (244.99±202.4 ^b)	ND	34.65–51.06 (42.3±6.22 ^{ab})	3
<i>Hongchi</i>	68.14–188.88 (124.54±48.66 ^{ab})	1,685.65–4,454 (2,947.96±1,054.64 ^b)	138.22–1,321.97 (670.64±511.83 ^a)	1.06–6.4 (3.28±2.09 ^a)	41.87–82.22 (62.53±19.51 ^a)	2
Sum	21.21–453.32 (117.22±85.13)	10.69–12,733.27 (2,752.08±3,388.28)	53.47–2,089.55 (589.33±576.05)	ND–7.36 (1.44±2.01)	13.21–133.07 (49±24.43)	26

¹Different letters within the same column indicate significant differences (P<0.05) by Duncan's multiple range test. ²ND, Not detected. ³N, Number of samples examined.

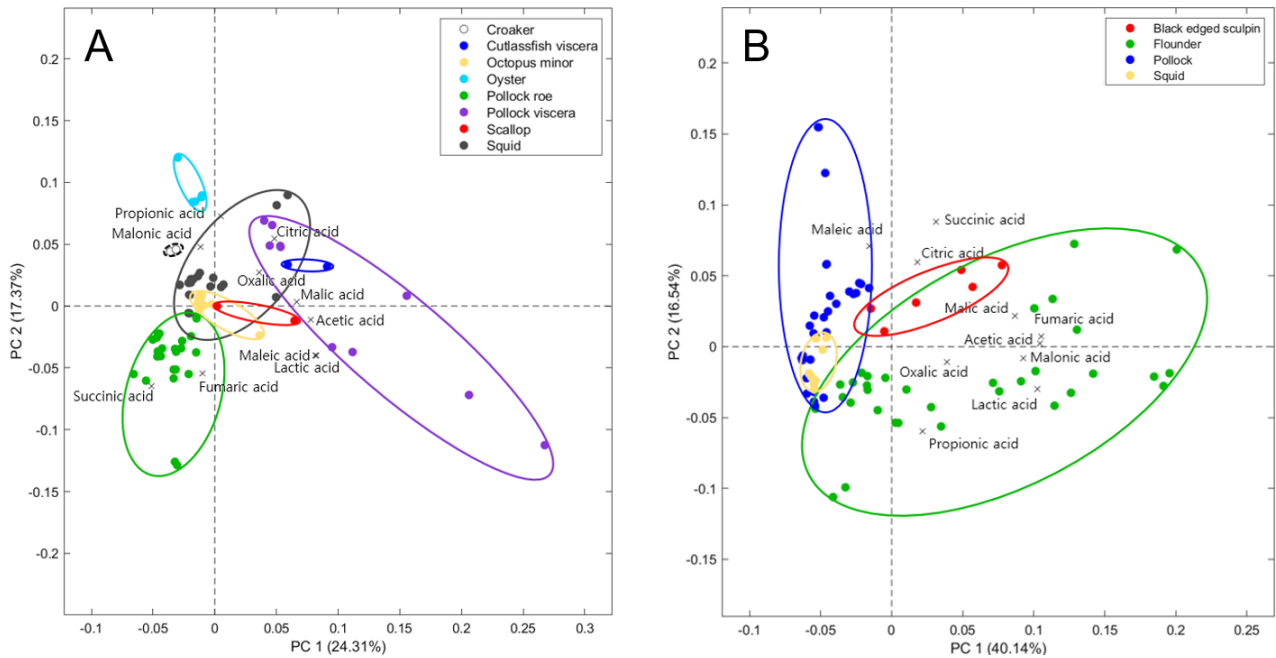


Fig. 1 Biplot of the first two principal components for organic acid content of seasoning *Jeotgal* (seasoning salt-fermented product) and *Sikhae* (seasoning salt-fermented product with rice) by raw material. A, Seasoning *Jeotgal*; B, *Sikhae*.

Fumaric acid는 불검출-7.36 mg/kg (1.44 ± 2.01 mg/kg)이었으며, 홍치식해가 3.28 ± 2.09 mg/kg 로 가장 높고, 오징어식해는 검출되지 않았다.

Propionic acid는 13.21–133.07 mg/kg (49 ± 24.43 mg/kg)으로, 홍치식해가 62.53 ± 19.51 mg/kg 로 가장 높고, 명태식해가 34.88 ± 13.52 mg/kg로 가장 낮았다.

식해의 냄새는 김치와 같이 신맛이 있으면서 특유의 향을 가지며, 시판 식해 10종의 pH는 4.45–5.24이며, 적정산도는 0.84–1.46 g/100 g으로 보고하고 있다(Kang et al., 2023). 또한 명태식해의 유기산 함량이 lactic acid, succinic acid, malic acid, citric acid, acetic acid, fumaric acid 순으로 높으며, 그 중 신맛을 내는 lactic acid 함량이 높다(Choi et al., 2002). 말레이시아의 ikan pekasam는 한국 식해와 유사하여 소금과 곡류를 볶아서 어류와 함께 발효시킨 제품이다. 이 제품은 첨가한 탄소원이 발효로 인해 lactic acid가 주로 생성되고(15–25.8 mg/g), 그 다음으로 succinic acid (11.9–17.2 mg/g), acetic acid (5.3–7.1 mg/g)이 소량 생성된다. 이들 유기산이 발효식품의 pH를 낮추어 저장성을 높이는 것으로 보고되었다(Ezzat et al., 2021).

주성분 분석을 통한 원료 종류에 따른 유기산 함량 비교

양념젓갈과 식해의 원료에 따른 유기산 함량을 비교하기 위하여 주성분 분석을 실시하였다(Fig. 1).

양념젓갈의 주성분 분석 결과 PC1의 분산이 24.31%, 고유값은 2.43으로 나타났으며, PC2는 분산이 17.37%, 고유값은 1.74이었다. PC1은 lactic acid와 높은 양의 관계를 나타내었고,

PC2는 propionic acid와 높은 양의 관계를 나타냈으며, PC1과 PC2 모두 succinic acid와 높은 양의 관계를 나타냈다. 3종(명란젓, 어리굴젓, 오징어젓)은 PC1을 통한 군집화가 가능하였고, 나머지 4종(가리비젓, 갈치숙젓, 낙지젓, 창난젓)은 PC2에 의한 군집화가 가능하였다. 그 중 창난젓은 PC1을 따라 넓은 분산을 나타내었으며, 오징어젓의 경우 시료 영역 일부가 어리굴젓과 황석어젓을 제외한 나머지 종과 겹치는 것으로 나타났다. 전반적인 집단 분류는 PC2에 의해 선명하게 나타나는 것으로 판단되며, PC1의 경우 창난젓 시료의 높은 분산에 의해 발생된 것으로 판단된다.

식해류의 주성분분석 결과 PC1의 분산이 40.14%, 고유값은 4.01으로 나타났으며 PC2는 분산이 16.54%, 고유값은 1.65이었다. PC1은 fumaric acid와 높은 양의 관계를 나타냈고, maleic acid와 음의 관계를 나타내었다. PC2는 succinic acid와 높은 양의 관계를 나타냈고, propionic acid와 높은 양의 관계를 나타냈다. 명태식해와 오징어식해는 PC1을 통한 군집화가 가능하였고, 가자미식해와 홍치식해는 PC2에 의한 군집화가 가능하였다. 전반적으로 4개의 집단 모두 다른 영역 일부와 조금씩 겹치는 것으로 나타났고, PC1의 경우 가자미식해 시료의 높은 분산에 의해 발생된 것으로 판단된다.

따라서 양념젓갈은 모든 시료에서 fumaric acid의 함량이 낮았으며, 식해는 모든 시료에서 oxalic acid, maleic acid, fumaric acid 함량이 낮았다. 반면 양념젓갈 중 succinic acid가 48%로 가장 높은 함량을 차지하였고, 식해는 lactic acid가 72%로 가장

높은 함량을 차지하였다.

시중 유통되고 있는 양념젓갈과 식해의 주요 유기산과 함량은 상당한 차이가 있었으며, 특히 양념젓갈은 원료에 따른 유기산 농도가 차이가 있었으나 식해는 비교적 균일하게 분포하였다. 그러나 안전하고 우수한 품질의 수산발효식품의 생산 및 유통을 위해서는 발효과정에서 유기산 등의 함량 변화에 대한 기초 자료 연구는 지속적으로 이뤄져야 할 것으로 판단된다.

사 사

본 논문은 2023년 과학기술정보통신부 재원으로 한국식품연구원의 지원(Grant number E021140-03)을 받아 수행한 연구이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

References

- Bank OD, Kim SM and Lee KT. 1994. The development of squid (*Todarodes pacificus*) Sik-hae in Kang-Nung district 4. The effects of red pepper and grain contents on the properties of squid Sik-hae. *J Kor Soc Fish Mar Edu* 27, 366-372.
- Choi C, Koo TH, Kim S, Choi HJ and Seung TS. 2002. A study on quality characteristics of traditional Kyungsangdo Myungtae (Alaska pollack) *Sikhae*. *J Korean Soc Food Cult* 17, 267-274.
- Choi SA, An SE, Jeong HG, Lee SH, Mun KH and Kim JB. 2018. Evaluation of microbiological safety in commercial *Jeotgal*. *Korean J Food Preserv* 25, 270-278. <https://doi.org/10.11002/kjfp.2018.25.2.270>.
- Ergönül PG and Nergiz C. 2018. Determination of organic acids in olive fruit by HPLC. *Czech J Food Sci* 28, 202-205.
- Ezzat MZ, Ghazali MH, Roselina K and Zare D. 2021. Organic acid composition and consumer acceptability of fermented fish produced from black tilapia (*Oreochromis mossambicus*) and Javanese carp (*Puntius gonionotus*) using natural and acid-assisted fermentation. *Food Res* 5, 262-271. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(2\).583](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(2).583).
- Jang G J, Yoo M and Lee S. 2020. Benzoic and propionic acids in fishery products on the Korean market. *Food Addit Contam Part B Surveill* 13, 185-192. <https://doi.org/10.1080/19393210.2020.1756928>.
- Kang SI, Choe YR, Pak SY, Park SH and Kim JS. 2023. Sensory characteristics of commercial *Sik-haes*. *Korean J Fish Aquat Sci* 56, 494-504. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2023.0494>.
- KFRI (Korea Food Research Institute). 2018. Monitoring of Preservatives Produced Naturally in Fisheries Products. R&D Research Report, KFRI, Cheongju, Korea, 1-120. <https://doi.org/10.23000/TRKO201900003414>.
- Kim JG, Kim GH, Kim MS, Lee MH, Kim GA, Hwang IG and Yoon SS. 2021. Effects of lactic acid bacteria added in the salted squid and fermented oyster products on microbiological and sensory qualities during storage. *Curr Top Lact Acid Bact Probiotics* 7, 23-29. <https://doi.org/10.35732/ct-labp.2021.7.1.23>.
- Kim SM. 2020. The present condition and development prospect of the fermented fishery products. *Food Sci Ind* 53, 200-214. <https://doi.org/10.23093/FSI.2020.53.2.200>.
- Kim YM. 2008. Present status and prospect of fermented seafood industry in Korea. *Food Sci Ind* 41, 16-33.
- Lee EH, Lee JS, Joo DS, Park JJ, Kim HK and Chang SZ. 1996. The taste compounds in commercial *Toha-jeot*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 25, 325-330.
- Lee JS, Park JM and Kim AJ. 2022. The history of salted-seafood consumption and an evaluation of its nutritional and functional value. *Asian J Beauty Cosmetol* 20, 273-284. <https://doi.org/10.20402/ajbc.2022.0035>.
- Lee NG. 2019. A survey on the consumption and the perception of salted seafoods among Seoul area housewives. *J Convergence Cult Technol* 5, 123-129. <https://doi.org/10.17703/JCCT.2019.5.4.123>.
- Lee SB, Yoo YJ and Ha DH. 2008. The effects of brand personality on brand awareness/association, brand emotion-relationship, brand image and brand loyalty in family restaurant of Ulsan and Daegu. *J Korean Soc Food Cult* 23, 172-183. <https://doi.org/10.7318/KJFC.2008.23.2.172>.
- MFDS (Ministry of food and drug safety). 2023a. Statistic Database for Production Performance for Food, Etc. in 2022. Retrieved from https://www.mfds.go.kr/brd/m_374/view.do?seq=30208&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=1 on May 22, 2024.
- MFDS (Ministry of food and drug safety). 2023b. Chapter 1. General provisions. 3. General principles. 5), (3). In: Korean Food Additives Code. Retrieved from <https://various.food-safetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FA> on May 20, 2024.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2024a. Chapter 5. Standards and specifications for each food product. 20. Processed seafood foods. 20-2. Salted seafood. In: Korean Food Code. Retrieved from <https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC> on May 20, 2024.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2024b. Chapter 8. General test method. 3. Test method for food additives. 3.1 Preservatives. 3.1.2. Propionic acid and its salts. In: Korean Food Code. Retrieved from <https://various.foodsafetykorea.go.kr/fsd/#/ext/Document/FC> on May 20, 2024.
- Min HJ, Jang SS, Kim IJ, Shin JW, Kim YH and Min YK. 2006. Determination of organic acids in tobacco leaves by HPLC. *J Korean Soc Res Nicotine Tob* 28, 130-135.
- Park JH, You SG, Kim YM, Kim DS and Kim SM. 2006. Quality characteristics of accelerated anchovy sauce manufactured with *B. subtilis* JM3 protease. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35, 600-605. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2006.35.5.600>.
- Park JN, Watanabe T, Endoh KI, Watanabe K and Abe H. 2002. Taste active components in a Vietnamese fish sauce.

Fish Sci 68, 913-920. <https://doi.org/10.1046/j.1444-2906.2002.00510.x>.

Park SH and Lee JH. 2005. The correlation of physico-chemical characteristics of Kimchi with sourness and overall acceptability. Korean J Food Cook Sci 21, 103-109.

Shim KH, Lee JH, Ha YL, Choi SD, Seo KI and Joo OS. 1994. Changes of organic acid contents on heating conditions of fishes. J Korean Soc Food Sci Nutr 23, 939-944.