

# 쌀코지가 도루묵(*Arctoscopus japonicus*) 식해의 발효특성에 미치는 영향

정민정 · 남종웅 · 한아람 · 김병목 · 전준영 · 김광우<sup>1</sup> · 이미향<sup>2</sup> · 정인학<sup>2\*</sup>

한국식품연구원 식품융합연구본부, <sup>1</sup>(재)강릉과학산업진흥원 해양바이오융합사업본부, <sup>2</sup>강릉원주대학교 해양식품공학과

## Effects of Rice Koji on the Fermentation Characteristics of the Sik-hae from Sailfin Sandfish *Arctoscopus japonicus*

Min-Jeong Jung, Jong-Woong Nam, Ah-Ram Han, Byoung-Mok Kim, Joon-Young Jun, Gwang-Woo Kim<sup>1</sup>, Mi-Hyang Lee<sup>2</sup> and In-Hak Jeong<sup>2\*</sup>

Food Convergence Research Division, Korea Food Research Institute, Wanju 55365, Republic of Korea

<sup>1</sup>Division of Marine Bio Convergence, Gangneung Science and Industry Promotion Agency, Gangneung 25451, Republic of Korea

<sup>2</sup>Department of Marine Food Science and Technology, Gangneung-Wonju National University, Gangneung 25457, Republic of Korea

This study was conducted with a view toward enhancing the industrial utilization of a male sailfin sandfish *Arctoscopus japonicus* based on its application in the preparation of Sik-hae, a Korean traditional fermented fishery product prepared using hard-boiled rice and enzymatic malt sprouts. As an alternative to rice and malt sprouts, we evaluated the utility of rice Koji for Sik-hae fermentation by investigating the physicochemical changes that occur during fermentation. The sailfin sand fish Sik-hae fermented with 10% or 20% rice Koji was found to show similar fermentation characteristics to the control fermentation with 20% hard-boiled rice and 4% malt sprouts, with respect to acid production, texture profile, and the softening of bones during the entire fermentation period. In particular, compared with the control, the addition of 10% rice Koji reduced the dehydration of Sik-hae and increased the content of free amino acids, which contributed to preventing a marked reduction in pH during fermentation. Accordingly, 10% rice Koji is proposed as a viable alternative enzymatic agent for the preparation of Sik-hae, which can contribute enhancing the desired properties of this traditional food product.

Keywords: Sailfin sandfish, Sik-hae, Korean traditional fermented fishery product, Physicochemical property, Textural profile

### 서론

도루묵(sailfin sandfish *Arctoscopus japonicus*)은 농어목 도루묵과에 속하는 어류로, 우리나라 동해, 일본, 캄차카 등에 분포하며 수심 140–150 m의 바닥이 모래나 진흙인 곳에서 서식하다가 매년 10–12월에 산란을 위해 수심 2–10 m의 해조류가 발달한 지역으로 올라온다(NIFS, 2021). 산란기에 어획되는 암컷 포란어는 알과 기름이 풍부하여 소금구이, 찜, 찌개 등 겨울철 별미로 각광받는 반면, 수컷은 상대적으로 비린내가 적고 암컷에 비해 저렴함에도 그 활용도가 매우 낮은 실정이다(Kim et al., 2014). 도루묵은 일시에 대량 어획되는 생물 특성상 가격경

쟁력이 높지만, NIFS (2018)의 표준 수산물 성분표에 의하면, 도루묵의 가식부는 약 37.4%로, 갈치(67.3%), 넙치(60.4%), 고등어(59.4%), 꽁치(56.3%) 등 타 어종에 비해 매우 낮은 활용도를 높일 수 있는 가공제품의 개발이 요구된다. 수산물 가공방법 가운데 숙성과정을 통해 생선뼈가 연화되어 직접 가식이 가능한 식해의 제조는 도루묵처럼 가식부가 적은 원료의 활용도를 높이는데 좋은 방법이 될 수 있다.

식해는 우리나라 동해안 지역의 전통적인 수산물발효식품 중 하나로 젓갈과는 달리 어육에 곡류를 첨가하여 발효하는 독특한 제품으로, 내장을 제거한 어체에 적당량의 소금을 뿌려서 말린 다음 엿기름과 곡류밥, 고추가루, 마늘 생강 등 향신료를 혼합

\*Corresponding author: Tel: +82. 33.640.2341 Fax: +82.33.640.2850

E-mail address: ihjeong@gwnu.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.2022.0808>

Korean J Fish Aquat Sci 55(6), 808-816, December 2022

Received 4 October 2022; Revised 27 November 2022; Accepted 2 December 2022

저자 직위: 정민정(연구원), 남종웅(학생연구원), 한아람(연구원), 김병목(책임연구원), 전준영(연구원), 김광우(팀장), 이미향(연구원), 정인학(교수)

하여 발효 숙성한 제품으로 염 농도가 높지 않아서 그대로 먹을 수 있을 뿐만 아니라 숙성기간도 길지 않은 것이 특징이다(Suh and Yoon, 1987). 식혜의 주 재료 중 하나인 엿기름은 보리를 싹 틔우고 제비부리만큼 자랐을 때 건조하여 보관한 것으로 보리 싹이 트는 과정에 생성된 효소를 고정시켜 다양한 발효식품 제조에 널리 이용해 온 전통적인 재료이다(Suh et al., 1997). 이렇게 만든 엿기름은 수산발효식품인 식혜 제조에도 사용되어 숙성과정 중 유리당과 유기산의 생성에 관여하여 pH를 낮추어 저장성 향상과 풍미향상에 기여한다(Cha et al., 2004). 식혜를 산업적으로 대량 제조할 경우 엿기름을 사용하는 것보다 엿기름과 같은 역할을 할 수 있는 전분질이 높은 코지를 만들어 사용하는 것이 좋을 수 있다.

쌀코지는 청주를 제조할 때 *Aspergillus* 속을 호화한 쌀에 접종하여 배양한 것으로 우리나라에서는 주로 막걸리 제조에 사용되고 있다(Park et al., 2012). 쌀코지가 가지는 효소활성을 활용하기 위해 액젓 등 수산발효식품 제조 시 코지를 첨가하는 연구는 국내외에서 널리 이루어져 왔고, 비린내를 낮추고 발효기간이 단축되는 등 긍정적인 결과들이 보고된 바 있다(Baek et al., 1996; Indoh et al., 2006; Kim et al., 2016; Jung et al., 2022). 그러나 생선을 곡류와 함께 발효함으로써 엿기름의 효소 작용으로 생성된 아미노산과 당류의 정미효과로 독특한 풍미를 가진 전통발효식품인 식혜를 제조할 때 코지를 접목한 연구는 찾기 어렵다.

이와 관련하여 본 연구에서는 다른 어중에 비해 상대적으로 가식부가 낮은 도루묵의 산업적 활용도를 높이는 측면에서 도루묵을 식혜의 주원료로 활용하고자 하였고, 발효 시 첨가되는 고두밥과 효소제인 엿기름 대신 쌀코지를 첨가하여 발효과정 중 이화학적 특성 변화를 살펴봄으로써 식혜 제조 시 쌀코지 활용 가능성 여부를 평가하였다.

## 재료 및 방법

### 김 첨가 쌀코지의 제조

김(*Pyropia yezoensis*)은 2018년 9월 강원도 강릉시 중앙시장에서 건조품으로 구매하였고, 분쇄 후 40 mesh 체에 내린 분말을 쌀코지 제조 시 사용하였다. 쌀은 2018년 10월 강원도 강릉시 사천농협으로부터 구입하여 사용하였다. 김 첨가 쌀코지는 Jun et al. (2018)의 방법으로 제조하였다. 16시간 동안 실온에서 정제수에 불린 쌀을 40분 동안 물을 뺀 후 김 분말을 쌀 중량 대비 0.5% (w/w)가 되도록 첨가하였고, 골고루 섞어 105°C autoclave에서 40분간 증자 후 실온에서 30분간 식혔다. 충무발효(Ulsan, Korea)에서 구입한 *Aspergillus luchuensis* 포자분말을 원료 쌀 무게 대비 총 0.2%가 되도록 3회에 걸쳐 골고루 접종하였고, 대류식 발효기(SMP-1020; L.jin Co. Ltd, Namyangju, Korea)에서 상대습도 85%, 온도 30°C로 유지하면서 약 72시간 동안 배양하여 이를 식혜 제조용 쌀코지로 사용하였다.

### 식혜 제조

식혜 제조에 사용된 수컷 도루묵(*A. japonicus*, male)은 2018년 10월 강원도 강릉시 주문진항에서 어획된 것을 주문진수협을 통해 구입하였다. 빙장상태로 즉시 실험실로 옮겨와 수돗물로 이물질을 제거한 후 머리, 꼬리, 내장 및 비늘을 제거하였다. 손질된 도루묵에 식염 7%를 가하고 5°C에서 12시간 동안 염지하였고, 가볍게 수세 후 물기를 제거하여 준비하였다. 염지된 도루묵 중량 대비 20%의 고두밥과 4%의 엿기름 가루를 첨가하여 제조한 식혜를 대조군으로 하였고, 실험군으로 고두밥과 엿기름 대신 쌀코지를 5%, 10%, 20%가 되도록 첨가한 것을 각각 K5구, K10구, K20구로 하였다. 제조된 식혜는 유리재질의 밀폐용기에 눌러 담아 전통적인 식혜 제조방법인 번온발효법(Shin, 2004)에 따라 발효하였다. 즉, 상온에서 5일 동안 발효시킨 후, 5°C에서 25일간 저온 발효하였으며, 5일간격으로 시료를 수집해 이화학적 특성 분석 및 젖산균 수 측정을 진행하였다.

### 수분 및 염도

식혜의 수분함량은 AOAC (2005) 방법에 따라 상압가열건조법(method 950.46)으로 105°C에서 6시간 동안 건조한 후 측정하였으며, 염도는 식품공전 내 회화법(MFDS, 2021)으로 분석하였다.

### pH, 적정 산도 및 젖산균 수

pH 측정을 위해 식혜 시료 5 g을 탈이온수(deionized water, DW) 45 mL와 혼합한 뒤 균질화하였고, 원심분리(7,000 g, 15 분)하여 얻은 상등액을 pH meter (CH/SevenEasy S20K; Mettler Toledo International Inc., Columbus, OH, USA)로 측정하였다.

적정 산도 측정을 위해 pH 측정 시 사용된 시료 10 mL를 취하여 0.1 N NaOH 표준용액으로 pH 8.3에 도달할 때까지 적정하였고, 이 때 사용된 0.1 N NaOH의 소비량을 lactic acid 함량(%)으로 환산하여 나타내었다(MFDS, 2021).

식혜 시료 내 젖산균 수는 Lactobacilli MRS agar (Becton Dickinson, Franklin Lakes, NJ, USA)를 사용하는 표준평판법으로 측정하였다. 시료 20 g과 멸균된 phosphate buffered saline (pH 7.2) 180 mL를 멸균시료백에 담아 균질화(260 rpm, 5 분)하였고, 균질화된 시료액을 동일한 희석수를 사용하여 십진법으로 희석하였다. 시료액 100 µL를 앞서 기술한 agar 배지에 도말하였고, 35°C에서 48시간 동안 배양하여 생성된 colony를 계수하여 log CFU/g으로 나타내었다.

### 아미노산질소 및 휘발성염기질소

식혜의 아미노산질소(amino nitrogen, AN)와 휘발성염기질소(volatil basic nitrogen, VBN) 함량은 식품공전(MFDS, 2021)에 따라 측정하였다. AN 함량 측정을 위해, 식혜 5 g을 DW 250 mL와 혼합하고 균질화한 뒤 여과하였다. 이 가운데

25 mL를 취하여 0.1 N NaOH 표준용액을 사용하여 pH 8.5 까지 조절 후 formaldehyde 20 mL를 가하여 잘 혼합하였고, 혼합액의 pH가 다시 8.5까지 도달하는데 소비된 0.1 N NaOH의 양을 계산하여 AN 함량을 구하였다. VBN 함량 측정을 위해, 시료 5 g에 DW 40 mL를 가하고 1차 균질화하였고, 20% trichloroacetic acid 5 mL를 가한 뒤 2차 균질화하였다. 균질물을 4°C, 10,000 g에서 15분간 원심분리하였고, 상등액을 취하여 conway unit을 사용하는 미량화산법으로 측정하였다.

## 경도

발효기간에 따른 도루묵의 근육과 등뼈의 연화도 변화를 살펴보기 위해, Rheometer (COMPAC-100; Sun Scientific Co. Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 두 부위의 경시적인 경도 변화를 측정하였다. 근육 시료 제작을 위해, 등쪽 근육을 나이프를 사용하여 2 (width) × 2 (length) × 1 (height) cm로 절단하였고, 등뼈 시료의 경우 주위 근육을 나이프로 조심히 제거한 뒤 2 (length) × 0.3 (diameter) cm 크기로 등뼈 시료를 제작하였다. 두 시료 모두 치형 A 프루브(model 34; Sun Scientific Co. Ltd.)를 사용하여 press 모드로 loadcell 10 kg, table speed 60 mm/min 조건에서 경도를 측정하였고, 근육 시료의 진입 깊이는 약 60%, 등뼈 시료는 온전히 부서지도록 진입 깊이를 설정하였다.

## 유리아미노산

식해의 유리아미노산 분석을 위해, 시료 10 g을 75% ethanol 90 mL와 혼합한 뒤 균질화하였고, 24시간 동안 상온에서 교반 추출하였다. 이것을 원심분리(4°C, 7,000 g, 30분) 한 뒤 상등액을 취하였고, 침전물에 75% ethanol 90 mL를 재차 가하여 약 1 시간 동안 교반추출 후 동일한 원심분리 조건에서 상등액을 취하였다. 모아진 상등액 내 ethanol은 회전식진공농축기를 사용하여 제거하였고, DW를 사용하여 추출물을 100 mL로 정용하였다. 추출물은 0.2 µm MCE syringe filter unit으로 여과 후 아미노산자동분석기(L-8800; Hitachi High-Technologies Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 Kim et al. (2016)의 방법으로 분석하였다.

## 유기산

식해 시료의 유기산 함량 분석은 HPLC-DAD (high performance liquid chromatography-diode array detector; Agilent 1200 HPLC; Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)를 사용하여 Jung et al. (2022)의 방법에 따라 분석하였다. 시료 10 g을 용리액(8 mM Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-1 mM H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, pH 2.8) 90 mL와 혼합한 뒤 균질화하였고, 원심분리(4°C, 10,000 g, 15분) 후 상등액을 얻었다. 이것을 동일한 용리액을 사용하여 적절하게 희석하였고, 분석 전 0.20 µm MCE syringe filter unit으로 여과하여 시액으로 사용하였다. 컬럼은 uBondapack™ C18 (10 µm, 3.9 × 300 mm; Waters Co., MA, USA)을 사용하였고, 시료 주입 10 µL, 컬럼 온도 25°C, 유속 1 mL/min, UV 210 nm

조건에서 분석하였다. 유기산 동정 및 정량을 위한 표준용액으로 tartaric acid, formic acid, lactic acid, acetic acid, citric acid 및 succinic acid를 사용하였다. 시료와 동일한 조건에서 분석한 뒤 표준용액의 머무름 시간과 비교하여 유기산을 동정하였고, 표준용액을 사용한 3-point 농도 분석결과와 비교하여 정량하였다.

## 통계처리

유리아미노산 함량을 제외한 모든 결과는 통계분석용 프로그램인 IBM SPSS statistics 20 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 사용하여 평균과 표준편차를 구하였고, one-way ANOVA 방법에 따라 유의수준 P<0.05 수준에서 tukey's multiple comparison test로 평균들 간의 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 수분 및 염도

Jun et al. (2018)의 연구에 따르면, 쌀코지 제조 시 김, 파래 등 해조류를 약 0.5%가량 첨가하면 코지 내 유기산 생성량 증가와 amylase 및 protease 활성 증가에 도움을 주는 것으로 나타난 바 있다. 이에 따라 본 실험에서도 도루묵 식해 제조를 위해 사용된 쌀코지는 제조 시 약 0.5% 김 분말을 첨가하여 발효하였다. 20% 고두밥과 4% 엿기름을 첨가한 대조구를 포함하여 쌀코지 첨가농도를 5-20%로 달리하여 발효한 도루묵 식해의 발효과정 중 수분 함량 및 염도 변화는 Table 1과 같다.

제조 당일 모든 그룹의 수분 함량은 70.4-72.4% 범위로 나타났다. 발효기간이 경과할수록 수분 함량은 감소하였다. 대조구의 수분 함량은 발효 30일차까지 발효 0일차 대비 총 5.8%가량 감소하였고, 쌀코지가 첨가된 K5구는 1.6%, K10구는 3.5%, K20구는 7.5%가량 쌀코지 첨가량 의존적으로 수분 함량이 감소하였는데, 이는 쌀코지의 첨가량이 증가할수록 발효과정 중 산도(Fig. 1)가 강해져 육 단백질의 변성을 증가시켜 보수력이 저하돼 탈수가 일어난 것으로 사료된다(Kim et al., 2004). 또한, 10% 이하로 쌀코지를 첨가할 경우 대조구에 비해 육의 수분 함량 감소가 적게 일어났는데, 이는 쌀코지를 도루묵 중량 대비 10% 이하로 첨가 시 식해 발효과정 중 발생하는 탈수현상을 감소시킬 수 있다는 것을 나타낸다.

전통적인 식해 제조 방법은 상온에서 1차 발효를 진행하기 때문에 이 과정에서 부패 가능성이 높아 육에 고농도의 식염을 첨가하여 염지 탈수 후 제조하는 형태로, 국내 시판되는 가자미 식해 9종의 평균 염도는 5.33-6.20% (Han et al., 2013a)인 반면, 본 연구에서 나타난 도루묵 식해의 염도는 상대적으로 낮은 편(2.8-4.0%)이었다.

### pH, 산도 및 젖산균 수

쌀코지를 첨가하여 발효한 도루묵 식해의 30일 동안 pH, 산도

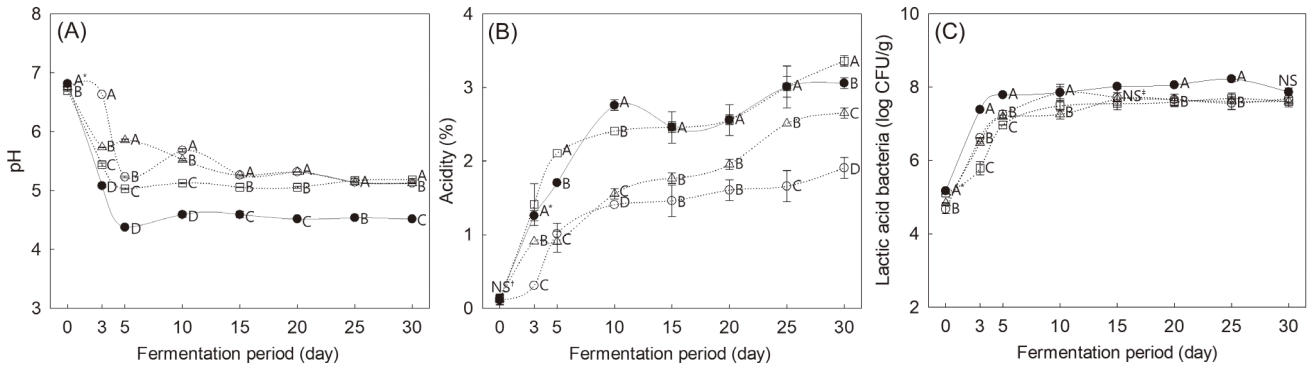


Fig. 1. Change in the pH, acidity and lactic acid bacteria in the sailfin sandfish *Arctoscopus japonicus* Sik-hae with rice Koji during fermentation. Symbols indicate: ●, CON; ○, K5; □, K10; ◇, K20. Data expressed as the mean±SD (n=3). \*Different types of capital letters indicate significantly different values within the experimental groups (P<0.05). †No significant difference within the experimental groups (P<0.05).

및 젖산균 수의 변화는 Fig. 1과 같다. 도루묵 식해의 초기 pH는 약 6.8이었고, 모든 그룹에서 발효 5일차까지 급격하게 pH 감소가 일어났으나, 그 감소폭에서 차이를 보였다(Fig. 1A). 상온 발효가 끝난 5일차 대조구의 pH는 약 4.6인데 반해, 쌀코지를 첨가한 그룹은 첨가농도와 관계없이 약 5.1~5.8 범위로 나타나 상대적으로 pH 감소가 적게 일어났다. 식해 발효과정에서 과도한 pH 저하는 관능적인 기호도를 하락시켜 상품성을 저하시킬 수

있었다하였는데(Park and Kim, 2002; Han et al., 2013b), 고두밥과 엿기름가루 대신 쌀코지 첨가 시 상온 발효과정 중 일어날 수 있는 과도한 pH 저하를 일부 방지할 수 있으며, 이것은 쌀코지에 의해 높게 생성된 AN (Fig. 2A)에 의해 식해 내 pH 완충능이 증가되어 나타난 결과로 예상된다(Shin, 2004).

모든 그룹의 초기 산도는 약 0.1%로 나타났고, 발효 3일차부터 발효 10일차까지 급격한 증가세를 보이며 약 1.3~2.6% 범

Table 1. Change in the moisture content and salinity of the sailfin sandfish *Arctoscopus japonicus* Sik-hae with rice Koji during fermentation

Parameter	Fermentation period (day)	Group*			
		CON	K5	K10	K20
Moisture content (%)	0	70.4±0.5 <sup>B†*</sup> at	72.4±0.5 <sup>A a</sup>	71.7±0.7 <sup>AB a</sup>	70.8±0.7 <sup>B a</sup>
	3	69.9±0.8 <sup>AB ab</sup>	70.8±0.2 <sup>A b</sup>	67.7±0.8 <sup>C b</sup>	68.4±0.5 <sup>BC b</sup>
	5	68.4±0.8 <sup>B b</sup>	72.7±0.7 <sup>A a</sup>	72.7±0.4 <sup>A a</sup>	69.0±0.2 <sup>B b</sup>
	10	66.6±0.1 <sup>B c</sup>	68.9±0.8 <sup>A cd</sup>	69.2±0.5 <sup>A b</sup>	64.4±0.8 <sup>C cd</sup>
	15	62.8±0.7 <sup>C d</sup>	69.5±0.4 <sup>A bc</sup>	67.6±0.4 <sup>B b</sup>	62.5±0.6 <sup>C e</sup>
	20	63.6±0.8 <sup>B d</sup>	67.5±0.6 <sup>A d</sup>	68.4±0.8 <sup>A b</sup>	62.5±0.5 <sup>B e</sup>
	25	64.2±0.5 <sup>D d</sup>	70.6±0.5 <sup>A b</sup>	67.6±0.7 <sup>B b</sup>	65.8±0.4 <sup>C c</sup>
	30	64.6±0.6 <sup>C d</sup>	70.8±0.3 <sup>A b</sup>	68.2±0.5 <sup>B b</sup>	63.3±0.8 <sup>C de</sup>
Salinity (%)	0	3.1±0.2 <sup>A ns‡</sup>	3.5±0.3 <sup>A ns</sup>	3.2±0.3 <sup>A ab</sup>	3.3±0.4 <sup>A ns</sup>
	3	3.0±0.1 <sup>A</sup>	3.3±0.4 <sup>A</sup>	3.1±0.3 <sup>A b</sup>	3.1±0.3 <sup>A</sup>
	5	3.2±0.2 <sup>B</sup>	3.9±0.3 <sup>A</sup>	3.1±0.2 <sup>B b</sup>	3.2±0.3 <sup>AB</sup>
	10	3.0±0.2 <sup>B</sup>	4.1±0.3 <sup>A</sup>	3.3±0.3 <sup>A a</sup>	3.0±0.3 <sup>B</sup>
	15	3.0±0.3 <sup>B</sup>	3.9±0.3 <sup>A</sup>	3.4±0.1 <sup>A ab</sup>	3.2±0.2 <sup>B</sup>
	20	3.0±0.1 <sup>B</sup>	4.0±0.2 <sup>A</sup>	3.3±0.2 <sup>B ab</sup>	3.0±0.3 <sup>B</sup>
	25	3.0±0.1 <sup>A</sup>	3.6±0.3 <sup>A</sup>	3.1±0.3 <sup>A b</sup>	3.0±0.2 <sup>A</sup>
	30	2.8±0.2 <sup>C</sup>	4.0±0.1 <sup>A</sup>	3.4±0.3 <sup>B ab</sup>	2.9±0.1 <sup>BC</sup>

\*CON, control, 20% hard-boiled rice + 4% malt sprout; K5, 5% the rice Koji with laver; K10, 10% the rice Koji with laver; K20, 20% the rice Koji with laver. †Different types of capital letters indicate significantly different values within the experimental groups (P<0.05). ‡Different types of small letters indicate significantly different values within the fermentation period (P<0.05). §No significant difference within the fermentation period (P<0.05). Data expressed as the mean±SD (n=3).

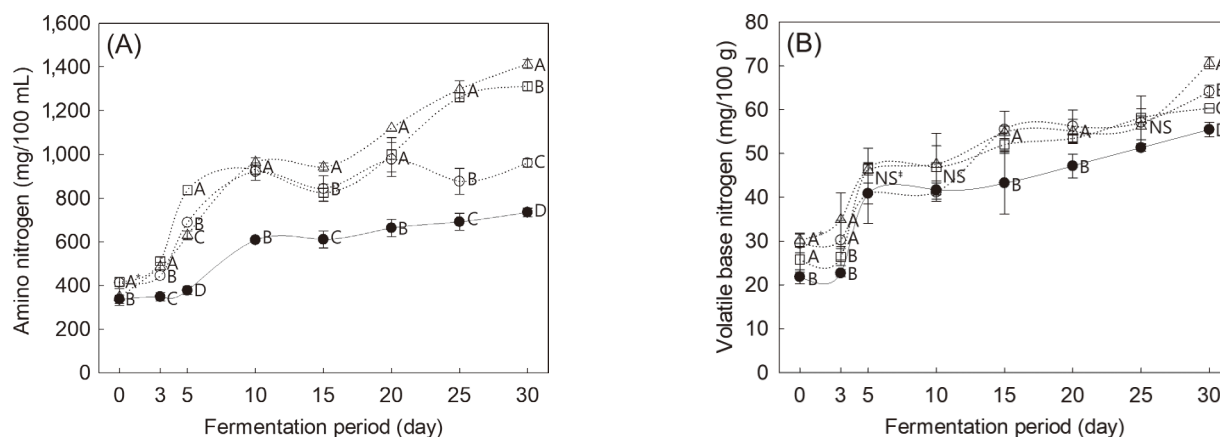


Fig. 2. Change in the amino nitrogen and volatile base nitrogen of the sailfin sandfish *Arctoscopus japonicus* Sik-hae with rice Koji during fermentation. Symbols indicate: ●, CON; ○, K5; □, K10; △, K20. \*Different types of small letters indicate significantly different values within the experimental groups ( $P < 0.05$ ). \*No significant difference within the experimental groups ( $P < 0.05$ ). Data expressed as the mean  $\pm$  SD ( $n=3$ ).

위에 도달하였다. 증가 구간에서 그룹간 차이를 보였는데 대조구와 K20구는 둘 사이 유사한 수준으로 나타난 반면, K5구와 K10구는 이들보다 상대적으로 낮았다(Fig. 1B).

도루묵 식해 내 초기 젖산균 수는 약 4.7–5.1 log CFU/g 범위로 나타났고, 상온 발효가 진행된 5일 동안 급격하게 증가하였으며, 저온 발효가 진행된 5일차부터 30일차까지 그 수를 유

Table 2. Change in the free amino acid in the sailfin sandfish *Arctoscopus japonicus* Sik-hae with rice Koji during fermentation

(Unit, mg/100 g)

Amino acid	Fermentation period (day)											
	0				15				30			
	CON*	K5	K10	K20	CON	K5	K10	K20	CON	K5	K10	K20
Aspartic acid	86.8	51.2	77.5	72.7	240.6	127.4	198.5	473.7	526.4	371.3	467.5	730.7
Threonine	130.3	98.0	132.1	136.6	193.2	286.3	410.5	396.5	339.6	529.7	700.2	586.7
Serine	142.3	106.9	139.0	141.1	155.7	146.0	104.9	341.3	295.6	35.0	213.7	503.5
Glutamic acid	175.0	134.3	179.9	175.7	633.3	701.0	1,312.4	1,155.1	1,378.9	1,518.2	2,768.5	2,018.7
Glycine	94.5	84.1	108.6	110.6	287.3	420.6	645.1	373.5	518.2	761.1	1008.3	542.8
Alanine	271.1	230.8	286.3	278.2	483.6	833.1	1,240.6	1,038.9	725.5	1,362	2,103.3	1,446.3
Valine	66.1	48.8	70.4	67.9	210.0	431.7	641.6	511.1	333.3	728.1	1012.8	689.2
Cysteine	ND <sup>†</sup>	9.0	ND	8.0	ND	ND	37.3	70.2	ND	78.1	ND	ND
Methionine	56.4	53.1	61.5	61.2	176.9	373.7	584.1	553.6	290.1	683.6	866.8	698.0
Isoleucine	48.6	36.5	50.5	48.2	143.4	280.5	460.8	405.7	219.4	567.6	724.6	528.1
Leucine	95.6	66.8	100.5	96.2	487.6	838.0	1,236.8	1,333.0	742.2	1,347.0	1,930.0	1,772.5
Tyrosine	63.2	58.4	73.8	72.8	33.8	157.5	217.7	228.4	42.0	325.6	312.2	230.0
Phenylalanine	73.3	51.1	64.7	60.9	261.1	388.8	588.5	696.1	399.4	709.3	893.7	896.9
Lysine	282.3	245.2	301.3	303.0	412.5	460.8	678.0	527.3	702.8	974.8	1,295.8	984.0
Histidine	127.1	110.8	138.6	152.3	137.2	226.4	283.4	279.4	208.2	364.8	403.2	365.9
Arginine	112.6	82.9	122.6	120.8	25.0	689.6	925.7	1392.3	26.9	926.3	1,554.5	1,851.0
Total	1,825.1	1,467.9	1,907.2	1,906.2	3,881.3	6,361.3	9,565.8	9,776.2	6,748.5	11,282.5	16,255.1	13,844.2

\*CON, control, 20% hard-boiled rice+4% malt sprout; K5, 5% the rice Koji with laver; K10, 10% the rice Koji with laver; K20, 20% the rice Koji with laver. <sup>†</sup>Not detected. Data expressed as the mean of duplicate determinations.

지하였다(Fig. 1C). 젖산균 수가 급격하게 증가된 상온 발효 5 일 동안 모든 쌀코지 첨가구가 대조구에 비해 유의적으로 낮은 젖산균 수를 보였으나(P<0.05), 저온 발효가 진행되는 동안 지속적으로 증가하여 발효 10일차 대조구와 유사한 수준이 되었다. 어종은 다르지만, Shin (2004)의 연구에 따르면, 본 실험과 유사한 조건에서 발효를 진행한 명태 식해 내 젖산균의 변화를 선택배지로 분리계수한 결과, *Streptococcus* 속, *Leuconostoc* 속 및 *Lactobacillus* 속의 세균이 검출되었고, 저온 발효를 시작하는 발효 5일차 이후부터 *Streptococcus* 속은 감소하는 반면, *Leuconostoc* 속과 *Lactobacillus* 속은 유지되어 이 두 세균 속이 저온 발효 과정 중에 관여하는 세균임을 예상할 수 있다.

아미노산질소 및 휘발성염기질소

AN 함량은 저분자 펩타이드 및 아미노산 형태의 질소량을 반영하기 때문에 다양한 단백질 발효식품의 발효도 지표로 사용되고 있다(Byun et al., 2000). 도루묵 식해 내 초기 AN 함량은 약 337.0–416.1 mg/100 g 범위로 나타났고, 발효기간이 경과할수록 모든 그룹에서 지속적으로 증가하였다(Fig. 2A). 대조구의 AN 함량은 완만하게 증가한 반면, 쌀코지가 첨가된 그룹은 모두 발효 3일차부터 대조구와 유의적인 차이를 보이며 상대적으로 높게 증가하였다(P<0.05). 특히, 발효 25일차부터 쌀코지 첨가량에 따라 차이를 보였는데, K10구(1,297.2 mg/100 g)와 K20구(1,261.6 mg/100 g)의 AN 함량이 대조구(691.3 mg/100 g)와 K5구(876.6 mg/100 g)에 비해 약 1.4–1.9배가량 높았다. 어종은 다르지만, Han et al. (2013b)의 연구에서 나타난 가자미 식해 9종의 AN 함량은 평균적으로 206.2–246.5 mg/100 g 으로 보고된 바 있다.

도루묵 식해의 발효과정 중 VBN 함량 변화는 Fig. 2B와 같다. 쌀코지 첨가 그룹의 초기 VBN 함량(25.8–30.2 mg/100 g)은 대조구(21.9 mg/100 g)에 비해 유의적으로 높았으나(P<0.05), 상온 발효가 진행된 5일 동안 대조구를 포함한 모든 그룹의 VBN 함량이 40.9–46.5 mg/100 g까지 급격하게 증가하였고, 이 때 그룹간 유의적인 차이를 보이지 않았다(P<0.05). 이후 저온 발효가 진행되는 동안 VBN 함량은 그룹간 차이를 보이지 않고 완만하게 증가하였다.

유리아미노산

쌀코지를 첨가하여 발효한 도루묵 식해의 발효 0일차, 15일차 및 30일차 유리아미노산 조성은 Table 2와 같다. 발효 초기 모든 그룹에서 공통적으로 나타난 주요 유리아미노산은 lysine, alanine, glutamic acid, serine, threonine 및 histidine이었고, 10% 이상의 쌀코지 첨가에 의해 aspartic acid 및 phenylalanine을 제외한 검출된 모든 유리아미노산 함량이 증가되었다. 발효 0일차 총 유리아미노산 함량은 그룹간 큰 차이가 없었으나, 발효 15일차부터 쌀코지 첨가 그룹 모두 대조구에 비해 크게 높아졌다. 발효 0일차 대비 발효 30일차 각 그룹별 증가량을 살펴보면, 대조구는 약 3.7배가량 증가한 데 비해 K10구는 약 8.5배가량 증가

하여 가장 높은 증가율을 보였다. 이는 도루묵 식해 제조 시 쌀코지 첨가가 고두밥과 엿기름을 첨가하는 전통적인 방법에 비해 육 단백질 분해를 가속화시켜 유리아미노산 함량을 증가시키는 데 도움을 주는 것으로 해석할 수 있다.

Table 3. Change in the organic acid in the sailfin sandfish *Arcotoscopus japonicus* Sik-hae with rice Koji during fermentation (Unit, mg/100 g)

Organic acid	Group*	Fermentation period (day)		
		0	15	30
Tartaric acid	CON	0.2±0.0 <sup>C†‡</sup>	0.5±0.0 <sup>C a</sup>	0.4±0.0 <sup>D a</sup>
	K5	0.2±0.0 <sup>C c</sup>	0.5±0.0 <sup>C b</sup>	0.9±0.0 <sup>C a</sup>
	K10	0.3±0.0 <sup>B c</sup>	0.7±0.0 <sup>B b</sup>	1.3±0.1 <sup>B a</sup>
	K20	0.5±0.0 <sup>A c</sup>	1.4±0.0 <sup>A b</sup>	2.0±0.0 <sup>A a</sup>
Formic acid	CON	9.9±0.2 <sup>B b</sup>	9.9±0.3 <sup>B b</sup>	10.8±0.0 <sup>B a</sup>
	K5	9.9±0.0 <sup>B b</sup>	9.7±0.2 <sup>B b</sup>	13.4±2.1 <sup>AB a</sup>
	K10	10.1±0.1 <sup>B c</sup>	11.1±0.2 <sup>A b</sup>	14.7±0.1 <sup>A a</sup>
	K20	10.8±0.1 <sup>A b</sup>	10.6±0.0 <sup>A b</sup>	13.9±0.2 <sup>A a</sup>
Lactic acid	CON	0.2±0.1 <sup>B c</sup>	2.2±0.0 <sup>C b</sup>	2.6±0.0 <sup>C a</sup>
	K5	0.3±0.0 <sup>B c</sup>	2.1±0.1 <sup>C b</sup>	2.4±0.1 <sup>C a</sup>
	K10	0.6±0.1 <sup>A c</sup>	2.8±0.1 <sup>A b</sup>	4.2±0.4 <sup>A a</sup>
	K20	0.7±0.1 <sup>A c</sup>	2.6±0.0 <sup>B b</sup>	3.5±0.1 <sup>B a</sup>
Acetic acid	CON	0.2±0.0 <sup>C b</sup>	3.5±0.9 <sup>B a</sup>	3.8±1.1 <sup>B a</sup>
	K5	0.3±0.0 <sup>AB c</sup>	4.7±0.2 <sup>B b</sup>	6.8±0.2 <sup>AB a</sup>
	K10	0.4±0.4 <sup>AB b</sup>	8.5±2.1 <sup>A a</sup>	10.9±4.5 <sup>A a</sup>
	K20	0.8±0.1 <sup>A c</sup>	10.2±0.0 <sup>A b</sup>	12.4±0.3 <sup>A a</sup>
Citric acid	CON	0.2±0.1 <sup>NS§ b</sup>	1.2±0.5 <sup>AB a</sup>	1.1±0.2 <sup>B a</sup>
	K5	0.4±0.1 <sup>c</sup>	1.6±0.1 <sup>C b</sup>	2.5±0.1 <sup>C a</sup>
	K10	1.6±0.1 <sup>c</sup>	2.2±0.1 <sup>B b</sup>	2.4±0.1 <sup>C a</sup>
	K20	2.3±0.1 <sup>ns</sup>	2.2±0.0 <sup>A</sup>	2.2±0.1 <sup>A</sup>
Succinic acid	CON	ND <sup>¶</sup>	ND	ND
	K5	1.4±0.0 <sup>C c</sup>	2.1±0.2 <sup>C a</sup>	1.8±0.0 <sup>B b</sup>
	K10	1.8±0.1 <sup>B b</sup>	1.1±0.1 <sup>B c</sup>	3.4±0.0 <sup>A a</sup>
	K20	2.3±0.1 <sup>A c</sup>	3.6±0.1 <sup>A a</sup>	3.2±0.2 <sup>A b</sup>
Total	CON	10.7±0.4 <sup>D c</sup>	17.3±0.5 <sup>D b</sup>	18.8±0.1 <sup>C a</sup>
	K5	12.5±0.3 <sup>C c</sup>	20.7±0.4 <sup>C b</sup>	27.7±2.2 <sup>B a</sup>
	K10	14.8±0.3 <sup>B c</sup>	26.4±0.3 <sup>B b</sup>	36.8±0.9 <sup>A a</sup>
	K20	17.3±0.3 <sup>A c</sup>	30.7±0.9 <sup>A b</sup>	37.2±0.2 <sup>A a</sup>

\*CON, control, 20% hard-boiled rice+4% malt sprout; K5, 5% the rice Koji with laver; K10, 10% the rice Koji with laver; K20, 20% the rice Koji with laver. †Different types of capital letters indicate significantly different values within the experimental groups (P<0.05). ‡Different types of small letters indicate significantly different values within the fermentation period (P<0.05). §No significant difference within the experimental groups (P<0.05). ¶Not detected. Data expressed as the mean±SD (n=3).

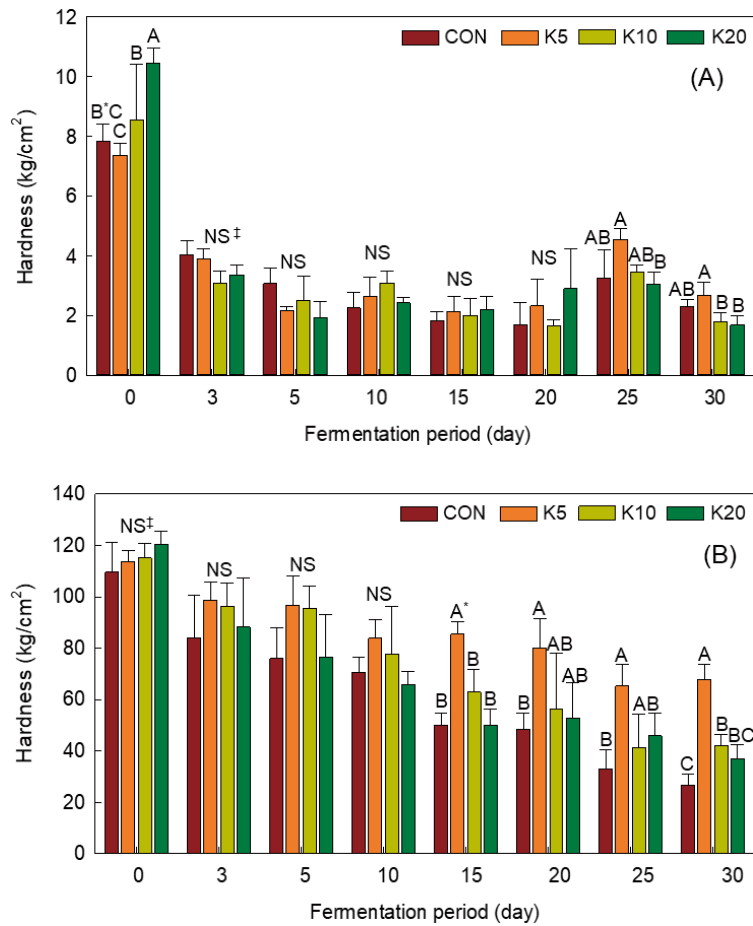


Fig. 3. Change in the hardness of muscle (A) and bone (B) of the sailfin sandfish *Arctoscopus japonicus* Sik-hae with rice Koji during fermentation. \*Different types of small letters indicate significantly different values within the experimental groups ( $P < 0.05$ ). †No significant difference within the experimental groups ( $P < 0.05$ ). Data expressed as the mean $\pm$ SD ( $n=5$ ).

**유기산**

식해 발효과정 중 생성되는 유기산은 pH를 낮추어 저장 기간 동안 변질을 억제할 뿐만 아니라 풍미향상에도 기여할 수 있다 (Cha et al., 2004). 쌀코지를 첨가하여 발효한 도루묵 식해의 발효 0일차, 15일차 및 30일차 유기산 함량은 Table 3과 같다. 쌀코지 첨가 그룹에서 6종 유기산(tartaric acid, formic acid, lactic acid, acetic acid, citric acid, succinic acid)이 검출되었고, 대조구에서는 succinic acid가 검출되지 않았다. 검출된 유기산 가운데 발효 0일차 모든 그룹에서 formic acid 함량이 가장 높았고, 쌀코지 첨가로 citric acid와 succinic acid 함량이 증가되었다. 발효 15일차 모든 그룹에서 lactic acid와 acetic acid 함량이 증가되었고, 발효기간이 경과할수록 쌀코지 첨가농도 의존적으로 유기산 함량이 증가되었다. 특히, 쌀코지를 10% 이상 첨가한 K10구와 K20구의 발효 30일차 총 유기산 함량은 대조구의 약 2배가량 높은 것으로 나타났다. 발효기간 동안 쌀코지 첨가로 인해 가장 눈에 띄게 증가한 유기산은 acetic acid로 발효 0일

차 0.3–0.8 mg/100 g 수준에서 발효 30일차 6.8–12.4 mg/100 g으로 높아졌다.

**경도**

생선을 원료로 식해를 제조하면 생선육의 pH 저하와 염에 의해 변성이 일어나 조직감이 변하게 되며, 특히 칼슘 함량이 높은 뼈의 경우 연화가 일어나 충분히 숙성된 식해에서는 뼈가 느껴지지 않는 경우도 있다. 쌀코지를 첨가하여 발효한 도루묵 식해의 30일 동안 근육과 등뼈의 경도 변화를 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. 발효 0일차 근육의 경도는 그룹간 미미한 차이를 보이며 7.4–10.4 kg/cm<sup>2</sup> 범위로 나타났고, 모든 그룹에서 상온 발효가 진행된 3일차 3.1–4.1 kg/cm<sup>2</sup> 범위까지 급격하게 감소하였다(Fig. 3A). 이 값은 발효 25일차 일시적으로 증가하였지만, 발효 30일차까지 발효 3일차 값과 큰 차이를 보이지 않았다. 근육과 달리 등뼈의 경도는 발효기간이 경과함에 따라 서서히 감소하는 경향을 보였고, 발효 25일차 등뼈의 경도는 0일차 값에 비

해 약 1/4 수준으로 감소되어 등뼈의 연화가 상당히 진행된 것을 알 수 있었다(Fig. 3B). 하지만, 쌀코지 첨가량에 따라 K5구의 경우 발효기간 내내 다른 그룹에 비해 높은 경도를 나타내었는데, 이는 도루묵 식해 제조 시 쌀코지로 발효할 경우 뼈의 연화를 위해서는 쌀코지를 최소한 10%이상 첨가해야 한다는 것을 말해준다.

본 연구에서는 다른 어종에 비해 상대적으로 가식부가 낮은 도루묵의 산업적 활용도를 높이는 측면에서 도루묵을 식해의 주원료로 활용하고자 하였고, 발효 시 첨가되는 고두밥과 효소 제인 옛기름 대신 쌀코지를 첨가하여 발효과정 중 이화학적 특성 변화를 살펴봄으로써 식해 제조 시 쌀코지 활용 가능성 여부를 평가하였다. 그 결과, 고두밥과 옛기름 대신 쌀코지를 첨가하여 발효할 경우, 발효과정 전반에 걸쳐 전통적인 식해 제조 방법과 유사한 산도 생성, 조직감의 변화 및 뼈의 연화 등이 관찰되었고, 쌀코지를 10%가량 첨가할 경우 발효과정 중 식해의 수분 함량 감소율을 낮추면서 대조구 보다 현저히 높은 유리아미노산을 생성해 과도한 pH 저하를 방지할 수 있는 것으로 나타났다. 정리하면, 고두밥과 옛기름 대신 쌀코지를 10%가량 첨가하고 상온에서 5일간 발효 후 저온에서 약 10일간 발효한다면 활용도가 낮은 수컷 도루묵의 활용도를 높이며, 기호성 있는 식해를 제조할 수 있을 것으로 판단된다.

## 사 사

이 논문은 과학기술정보통신부 재원으로 한국식품연구원의 지원(E0211200-02) 및 2019년 강릉원주대학교 연구년 연구지원으로 수행된 연구로 이에 감사드립니다.

## References

AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). 2005. AOAC Official Methods of Analysis, 18th edition. AOAC International Publishing, Gaithersburg, MD, U.S.A.

Baek SH, Lim MS and Kim DH. 1996. Studies on the physicochemical properties in processing of accelerated low salt-fermented anchovy by adding Koji. Korean J Food Nutr 9, 385-391.

Byun MW, Lee KH, Kim DH, Kim JH, Yook HS and Ahn HJ. 2000. Effects of gamma radiation on sensory qualities, microbiological and chemical properties of salted and fermented squid. J Food Prot 63, 934-939. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-63.7.934>.

Cha YJ, Kim SJ, Jeong EJ, Kim H and Choi WJ. 2004. Microbiological and enzymatic characteristics in Alaska pollack sikhae during fermentation. J Korean Soc Food Sci Nutr 33, 1709-1714. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2004.33.10.1709>.

Han DW, Han HJ, Kim DG, Im MJ and Cho SY. 2013a. Optimal fermentation conditions (temperature and salt concentration) for preparing flounder *Verasper moseri* Jordan et Gil-

beru sikhae. Korean J Fish Aquat Sci 46, 689-695. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2013.0689>.

Han DW, Han HJ, Kim DG, Im MJ and Cho SY. 2013b. Quality characterization of commercial flounder *Verasper moseri* Jordan et Gilberu sikhae. Korean J Fish Aquat Sci 46, 696-701. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2013.0696>.

Indoh K, Sadao N, Ken K, Kiwamu S and Toshihide N. 2006. Comparison of characteristics of fermented salmon fish sauce using wheat gluten koji with those using soy sauce koji. Food Sci Tecgnol Res 12, 206-212. <https://doi.org/10.3136/fstr.12.206>.

Jun JY, Lee MH, Jeong IH, Jung MJ and Kim BM. 2018. Effects of seaweeds on rice koji production and enzyme activity. Korean J Fish Aquat Sci 51, 369-375. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0369>.

Jung MJ, Nam JW, Han AR, Kim GW, Jeong IH, Kim BM and Jun JY. 2022. Effects of rice koji treatment and salt content on the fermentation characteristics of the fish sauce made from the Pacific sand lance *Ammodytes personatus*. Korean J Fish Aquat Sci 55, 267-277. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2022.0267>.

Kim BM, Kim DS, Jeong IH and Kim YM. 2014. Quality of steam cooked surimi gel prepared using sandfish *Arctoscopus japonicus* meat. Korean J Fish Aquat Sci 47, 474-481. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2014.0474>.

Kim BM, Park JH, Kim DS, Kim YM, Jun JY, Jeong IH, Nam SY and Chi YM. 2016. Effects of rice koji inoculated with *Aspergillus luchuensis* on the biochemical and sensory properties of a sailfin sandfish (*Arctoscopus japonicus*) fish sauce. Int J Food Sci Technol 51, 1888-1899. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13162>.

Kim SJ, Jeong EJ, Kim H, Cho WJ, Kim KH, Lim CW and Cha YJ. 2004. Changes of sensory properties of Alaska pollack sikhae during fermentation. Korean J Food Nutr 17, 405-411.

MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2021. Korea Food Code. Retrieved from <https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/index.jsp> on Nov 7, 2022.

NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2018. Composition Table of Marine Product in Korea. 8th ed. NIFS, Busan, Korea.

NIFS (National Institute of Fisheries Science). 2021. Database of Korea Biological Diversity. Retrieved from [https://www.nifs.go.kr/frcenter/species/?\\_p=species\\_view&mf\\_tax\\_id=MF0011167](https://www.nifs.go.kr/frcenter/species/?_p=species_view&mf_tax_id=MF0011167) on Nov 10, 2022.

Park CW, Jang SY, Park EJ, Yeo SH and Jeong YJ. 2012. Quality characteristics of rice *Makgeolli* prepared by mashing types. Korean J Food Sci Technol 44, 207-215. <https://doi.org/10.9721/KJFST.2012.44.2.207>.

Park JH and Kim SM. 2002. Property changes of the salt-seasoned and fermented the broken roes of Alaska pollock stuffed into cellulose casing. Korean J Food Sci Technol 34,



220-224.

Shin SM. 2004. A Study on preparing method and fermenting condition of myungtae sikhae, Korean fermented fishery Food. *J East Asian Soc Diet Life* 14, 608-617.

Suh HK and Yoon SS. 1987. A study on the regional characteristics of Korean chotkal-the kinds and materials of chotkal. *J Korean Soc Food Cult* 2, 45-54.

Suh HJ, Chung SH, Kim YS, Hong JH and Lee HK. 1997. Characteristics of malt prepared with covered barley, naked barley and wheat. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26, 417-421.