

유통 조미건어포 중 프로피온산, 안식향산, 소브산 함유량 조사

장우진¹ · 최종윤¹ · 김성재¹ · 하상도^{1,2} · 이지현^{1,2*}

¹중앙대학교 식품생명공학과,
²중앙대학교 식품안전규제과학과

Determination of Propionic, Benzoic, and Sorbic Acids in Dried Seasoned Seafood Products in Korea

Woojin Jang¹, Jongyoon Choi¹, Seongjae Kim¹, Sang-Do Ha^{1,2}, Jihyun Lee^{1,2*}

¹Department of Food Science and Biotechnology, Chung-Ang University, Anseong, Korea

²Department of Food Safety and Regulatory Science, Chung-Ang University, Anseong, Korea

(Received July 5, 2023/Revised July 25, 2023/Accepted July 31, 2023)

ABSTRACT - This study was performed to determine the contents of propionic, benzoic, and sorbic acids in dried seasoned seafood products (n=27) sold in Korea. Propionic acid was determined using a gas chromatography-flame ionization detector. Benzoic and sorbic acid were analyzed by using a high-performance liquid chromatography-diode array detector. Benzoic acid was not detected in the dried seasoned seafood products; however, propionic and sorbic acid were detected in some samples. The concentrations of propionic acid and sorbic acid were up to 125.10 mg/kg and 658.18 mg/kg in dried seasoned seafood products, respectively. Of eight samples labeled with potassium sorbate, sorbic acid was detected in seven of them. The detected sorbic acid levels in these samples met the regulations for sorbic acid usage in Korea. The propionic, benzoic, and sorbic acid contents of dried seasoned seafood products determined in this study can provide basic data for safety management of dried seasoned seafood products in future.

Key words: Preservatives, Dried seasoned seafood product, Propionic acid, Benzoic acid, Sorbic acid

프로피온산, 안식향산, 소브산은 미생물의 성장을 억제하여 식품의 보존기간을 연장하는 용도로 사용되는 보존료이다¹⁾. 프로피온산과 그 염은 항균 작용이 있다고 알려져져 1930년대 말부터 미국에서 빵과 치즈를 보존하는데 사용되었다²⁾. 안식향산의 경우 1875년 H. Fleck이 항균 작용을 보고한 바 있으며 그 이후 저렴한 가격으로 인해 전 세계적으로 널리 사용되는 보존료가 되었다³⁾. 또한 소브산의 경우 1939년 항균 작용이 알려졌고 최근 안전하면서도 식품의 관능 특성에 영향을 주지 않다고 알려져 다른 보존료에 비해 점차 더 사용이 많이 되고 있다⁴⁾.

건포류에서 소브산 및 그 염류에 대해서만 1.0 g/kg 국내 사용기준이 있다⁵⁾. 또한, 국내의 경우 식물성 원료에 대해 프로피온산과 안식향산에 대해 각각 0.1 g/kg, 0.02 g/kg으로 천연유래 일괄 인정기준이 각각 2020년과 2021년도에 신설되었으나 동물성 원료에 대해서는 아직 기준이 없는 실정이다^{6,7)}. 미국에서는 프로피온산, 안식향산, 소브산을 generally recognized as safe (GRAS)로 구분하여 관리하고 있으며, 일본에서는 소브산에 대해서만 1.0 g/kg의 사용기준으로 관리하고 있다^{8,9)}. 또한, 오스트레일리아와 뉴질랜드에서는 안식향산과 소브산에 대한 사용기준은 2.5 g/kg이다¹⁰⁾. 따라서, 우리나라의 경우 해외의 사용기준과 비슷하거나 더 낮은 수치로 관리하고 있다. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)는 프로피온산에 대한 acceptable daily intake (ADI)를 제시하지 않고 있으며, 소브산과 안식향산에 대해 각각 0-25, 0-20 mg/kg body weight (bw)의 범위로 제시하고 있다¹¹⁻¹³⁾.

국내 수산가공식품류의 생산량은 2018년 대비 2021년에

*Correspondence to: Jihyun Lee, Department of Food Science and Biotechnology, Chung-Ang University, Anseong 17546, Korea

Tel: +82-31-670-3266, Fax: +82-31-675-3108

E-mail: jihlee@cau.ac.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal 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.

60% 증가하였으며, 그 생산량은 점차 증가하고 있다¹⁴⁾. 또한 2021년 가공식품 소비자 태도 조사 심층분석 보고서에 따르면 수산가공식품류 중 조미수산가공품과 염건수산가공품의 경우 ‘원료의 품질과 안전성이 확보된 제품을 구입하겠다’에 대한 응답이 각각 32.1%, 32.4%로 가장 높게 나왔고 ‘제품의 업그레이드, 신제품 개발과 관계없이 가격만 저렴하면 구매하겠다’에 대한 응답이 7.3%, 6.1%로 가장 낮게 나왔다¹⁵⁾. 따라서, 소비자들은 수산가공식품류에 대해서는 가격이 저렴한 가성비가 높은 제품보다는 품질과 안전성이 확보된 제품을 선호하고 있다.

조미건어포에서 소브산 함량이 사용 기준에 비해 높게 검출되어 회수되는 사례가 종종 보고되고 있다. 기존 연구에 따르면 소브산의 경우 대구포에서 0.07 g/kg(검출률 100%, n=2)의 농도로 검출되었고, 명태포, 쥐포, 오징어포에서는 각각 0.84 g/kg, 0.45 g/kg, 0.92 g/kg의 농도로 검출되었으며 그 검출률은 39% (n=64)라고 보고된 바 있다^{16,17)}. 최근 수산가공식품류 중 조미건어포에서 프로피온산과 안식향산이 첨가물로 사용되었다는 표기가 되어 있지 않으나 검출이 되어 회수되는 사례가 보고 되고 있다. 기존 연구에서 프로피온산의 경우 명태포, 쥐포, 대구포, 아귀포, 오징어포에서 각각 245.24 mg/kg, 8.87 mg/kg, 21.22 mg/kg, 12.79 mg/kg, 57.65 mg/kg까지 검출되었다고 보고된 바 있으며 그 검출률은 93% (n=67)로 보고된 바 있다¹⁸⁾. 그러나 국내 유통되는 조미건어포 중 프로피온산, 안식향산, 소브산 농도를 모두 조사한 연구는 거의 없으며 특히 최근 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 국내 유통되고 있는 조미건어포 중 프로피온산, 안식향산, 소브산의 함량을 조사하고자 한다. 일반적으로 식품 중 프로피온산 함량 분석에는 주로 gas chromatography-flame ionization detector (GC-FID)를 사용하고¹⁹⁻²¹⁾, 안식향산과 소브산 함량 분석에는 high performance liquid chromatography (HPLC)-UV detector나 diode array detector (DAD)를 사용하여 분석한다²²⁻²⁴⁾. 따라서 본 연구에서도 해당 기기들을 사용하여 프로피온산, 안식향산과 소브산을 분석하고자 한다.

Materials and Methods

실험재료

본 실험에서 사용한 시료는 2023년 2월 온라인 매장에서 유통되고 있는 조미건어포 제품 27건을 구매량이 높은 순으로 구매하여 분석하였다. 이 중 명태포 6건, 쥐포 6건, 대구포 6건, 아귀포 5건, 오징어포 4건을 시료로 하였다.

시약 및 표준용액

분석에 사용된 표준물질인 프로피온산($\geq 99.5\%$), 안식향산($\geq 99.5\%$), 소브산($\geq 99.0\%$)과 내부표준물질인 크로톤산

($\geq 98\%$)은 Sigma-Aldrich (St. Louise, MO, USA)에서 구매하였다. 전처리를 위해 사용된 potassium hexacyanoferrate (II) trihydrate (carrez 1), zinc sulfate heptahydrate (carrez 2), acetone, phosphoric acid (85%), tetrabutylammonium hydroxide (TBA-OH, 40%)는 Sigma-Aldrich에서 구매하였고 ethanol (EtOH 99.9%)은 삼진순약공업(Seoul, Korea)에서 구매하였다. 기기분석을 위해 사용된 methanol (MeOH), acetonitrile (ACN)은 HPLC 등급으로 Fisher Scientific (Hampton, NH, USA)에서 구매하였다. Ultrapure water (H_2O)는 Milli-Q water system (Millipore, Burlington, MA, USA)을 이용하여 제조하였다. 프로피온산 정량에 사용된 표준곡선을 만들기 위해 표준용액은 acetone으로 희석하여 1, 5, 10, 25, 50, 100 $\mu\text{g/mL}$ 농도로 사용하였고 내부표준물질인 크로톤산은 acetone으로 희석하여 100 $\mu\text{g/mL}$ 농도로 사용하였다. 안식향산과 소브산 분석에 사용된 표준용액은 MeOH로 희석하여 1, 5, 10, 25, 50, 100 $\mu\text{g/mL}$ 농도로 사용하였다.

시료의 전처리

프로피온산, 안식향산, 소브산 분석을 위하여 식품의약품안전처(식약처)의 식품공전²⁵⁾ 방법을 사용하였다. 균질화된 검체 5 g을 취하여 EtOH을 40 mL을 첨가하였다. 프로피온산 분석을 위한 내부표준물질인 크로톤산 100,000 $\mu\text{g/mL}$ 50 μL 을 첨가하였다. 이후 carrez 1 (15% carrez 1 수용액) 시약 2 mL를 가해 섞은 후 carrez 2 (30% carrez 2 수용액) 시약 2 mL을 가해 2분간 섞어주었다. 이후 sonication bath (CPX3800H-E, Branson, Brookfield, CT, USA)에서 10 분간 초음파 추출한 후 4,000 rpm에서 10 분간 원심분리(high-speed centrifuge 2236R, Labogene, Lillerød, Denmark) 한 후 상층액을 취한 다음 필터(0.2 μm syringe filter, PVDF, Whatman, Maidstone, England)로 여과한 추출물을 시험용액으로 하였다. 시험용액의 농도가 검량선의 농도 범위를 벗어날 경우 농도범위 내로 희석하여 사용하였다.

기기분석 조건

기기분석은 식약처의 식품공전 방법을 사용하였다²⁵⁾. 프로피온산을 분석하기 위해 GC-FID를 사용하였고 안식향산과 소브산 분석을 위하여 HPLC-DAD를 사용하였다.

프로피온산을 분석하기 위해 GC-FID (Agilent 6890N, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)를 사용하였다. HP-FFAP (0.32 mm \times 30 m, 0.25 μm , Agilent Technology)를 컬럼으로 사용하였고 carrier gas로는 질소(N_2) 가스를 사용하였다. 컬럼 오븐 온도는 Table 1의 기온기로 조절하여 분석하였다. 주입부의 온도는 230°C가 되게 설정하였고 검출기의 온도는 250°C가 되게 설정하였다.

안식향산과 소브산을 분석하기 위해 HPLC (1260 Infinity

Table 1. Analysis conditions of GC-FID for propionic acid and HPLC-DAD for benzoic acid and sorbic acid

<i>GC-FID condition</i>			
Instrument	Agilent 6890N		
Column	HP-FFAP (30 m×0.32 mm, 0.25 μm)		
Carrier gas	N ₂		
Oven temperature	60°C (4 min) → 115°C (28°C/min) → 240°C (20°C/min) → 240°C (5 min)		
Detector temperature	250°C		
Inlet temperature	230°C		
Injection volume	1 μL		
<i>HPLC-DAD condition</i>			
Instrument	Agilent 1260 Infinity II HPLC system		
Column	Capcell pak MF-C ₈ (4.6×150 mm, 4.5 μm)		
Mobile phase	A : 0.1% tetrabutylammonium hydroxide (TBA-OH) in 0.1% phosphoric acid in water B : acetonitrile		
Flow rate	1 mL/min		
Wavelength	235 nm		
Gradient	Time (min)	A	B
	0.0	75	25
	2.5	75	25
	7.0	65	35
	12.0	60	40
	15.0	70	30
Injection volume	10 μL		

II HPLC system, Agilent Technology)-DAD (G7115A, Agilent Technologies)를 사용하였다. 이동상은 phosphoric acid 0.1%를 함유한 0.1% TBA-OH 용액을 이동상 A액으로, ACN을 이동상 B액으로 하여 Table 1의 기울기로 분석하였다. 안식향산과 소브산을 분석하는데 사용한 컬럼은 Capcell pak MF-C₈ (4.6×150 mm, 5 μm, Osaka Soda, Osaka, Japan)을 사용하였고 표준용액 및 시험용액 10 μL를 주입하여 235 nm 파장에서 분석하였다.

분석법의 유효성 검증

표준용액의 직선성 검증을 위해 6가지 농도의 표준용액을 각각 5회씩 반복 측정하여 검량선을 작성하였고 회귀 분석방법을 사용하여 검량곡선과 결정계수(determination coefficient, r^2)를 산출하였다. 검출한계(limit of detection, LOD)와 정량한계(limit of quantitation, LOQ)는 International council for technical requirements for pharmaceuticals for human use (ICH)에서 제시한 가이드라인²⁶⁾ 중 반응 값의 표준편차와 검량선의 기울기에 근거하는 방법에 따라 산출하였다.

$$\text{LOD} = 3.3 \times \sigma / S$$

$$\text{LOQ} = 10 \times \sigma / S$$

σ = 반응 값의 표준편차

S = 검량곡선의 기울기

정확성의 검증을 위해 알고 있는 농도의 표준용액을 각각 5회씩 반복 측정하여 검량선에 대입하여 분석오차를 측정하였다. 또한 정밀성의 검증을 위해 표준용액의 농도를 5회 측정하여 반복된 결과의 상대표준편차를 계산하였다.

통계분석

실험 결과는 IBM SPSS (v.23.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 평균값과 표준편차를 계산하였고, 일원 배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 이용하여 유의수준 $P < 0.05$ 에서 Duncan's multiple range test를 실시하여 조미건어포 중 검출된 보존료 함량에 대해 유의적인 차이를 검증하였다.

Results and Discussion

보존료 분석법의 유효성 검증

보존료의 직선성, 검출한계 및 정량한계의 결과는 Table 2와 같다. 프로피온산, 안식향산, 소브산의 직선성은 식약처의 식품 등 시험법 마련 기준절차에 관한 가이드라인에

Table 2. Calibration curve, linearity, limit of detection (LOD) and, limit of quantitation (LOQ) of analytical methods

	Calibration curve	Linearity (r^2)	LOD (mg/L)	LOQ (mg/L)
Propionic acid	$y=0.0109x-0.0088$	0.9990	0.20	0.60
Benzoic acid	$y=45.266x+8.7426$	0.9988	0.65	1.98
Sorbic acid	$y=40.678x+4.3641$	0.9994	0.67	2.03

서 제시한 $r^2 \geq 0.99$ 를 충족하였다²⁷⁾. 검량선에 대한 프로피온산, 안식향산, 소브산의 정확성은 각각 87.9-105.9%, 89.7-108.0%, 85.9-109.4%였고 정밀성은 0.1-2.7%, 0.2-3.0%, 0.2-1.0%로 식약처의 식품 등 시험법 마련 기준절차에 관한 가이드라인에서 제시한 $70\% \leq \text{recovery} \leq 125\%$ 와 $\text{RSDr} \leq 20\%$ 를 충족하였다²⁷⁾. 보존료의 검출한계는 각각 0.20-0.67 mg/L, 정량한계는 0.60-2.03 mg/L이었다. 이는 기존 연구에서 보고된 검출한계 0.08-0.11 mg/L, 정량한계 0.26-0.33 mg/L의 결과와 비슷한 수치로 나타났다²⁸⁾.

조미건어포 중 보존료 함량 분석 결과

조미건어포 중 프로피온산과 소브산이 검출된 시료의 대표 GC와 HPLC 크로마토그램은 Fig. 1과 같다. 조미건어포 시료 중 프로피온산, 안식향산, 소브산 함량 분석 결과

는 Table 3과 Fig. 2에 나타내었다. 프로피온산 및 그 염류의 경우 빵류, 치즈류, 잼류 등에 사용기준은 있으나 조미건어포에 대한 국내 사용기준은 없다. 하지만 본 연구 결과 조미건어포 시료 중 프로피온산 함량은 불검출(not detected, ND)-125.10 mg/kg으로 검출률은 약 59%이었다. 특히 쥐포(n=6, 28.32-45.25 mg/kg)와 오징어포(n=4, 25.73-39.66 mg/kg) 시료에서 모두 프로피온산이 검출되었다. 하지만 가장 높은 함량으로 프로피온산이 검출된 시료는 아귀포 시료(22번 시료, 125.10 mg/kg)였고 그 다음은 대구포 시료(17번 시료, 118.64 mg/kg)였다. 기존 연구에서 프로피온산에 대한 미생물 최소 저해 농도를 pH 7.0인 broth media에서 비교시 실험에 사용된 미생물 중 *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora*, *Moraxella catarrhalis*가 가장 낮은 최소 저해 농도를 보였으며, 그 농도는 400 ppm

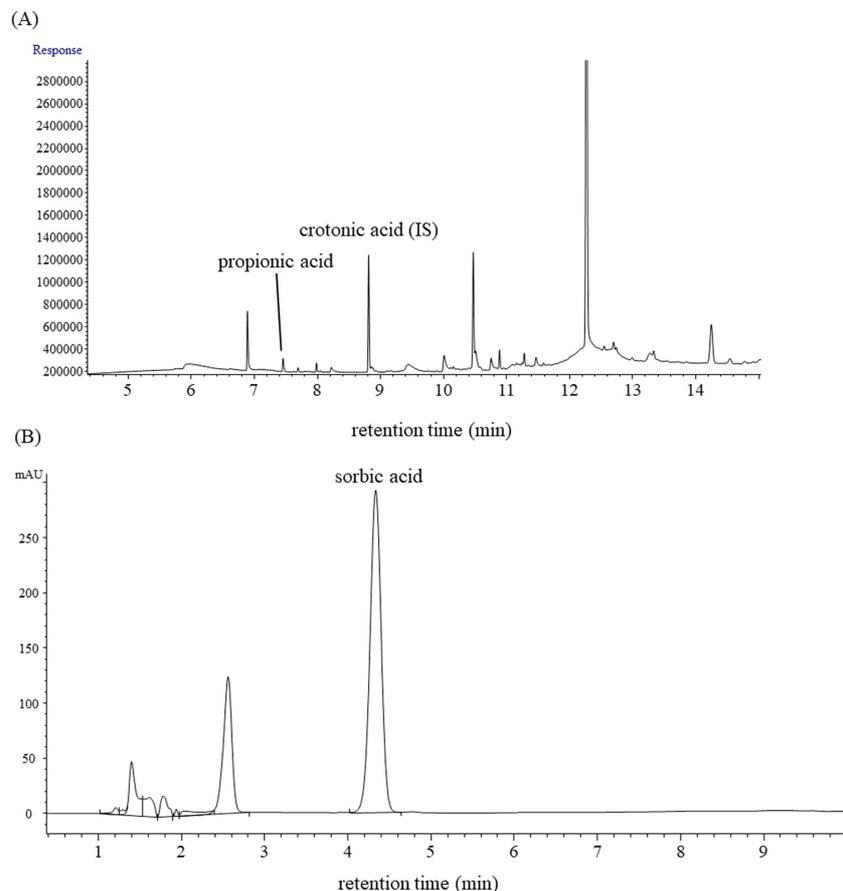
**Fig. 1.** (A) GC-FID chromatogram of a dried monkfish sample extract and (B) HPLC-DAD chromatogram of a dried pollack sample extract.

Table 3. Propionic acid, sorbic acid and benzoic acid contents in dried seasoned seafood products (unit : mg/kg)

No.	Classification	Labeled preservative	Propionic acid	Benzoic acid	Sorbic acid
1	dried pollack	potassium sorbate	ND ¹⁾	ND	658.18±10.00 ^a
2	dried pollack	potassium sorbate	ND	ND	242.10±19.23 ^f
3	dried pollack	-	ND	ND	ND
4	dried pollack	-	23.96±0.64 ⁱ²⁾	ND	ND
5	dried pollack	-	ND	ND	ND
6	dried pollack	-	ND	ND	ND
7	dried filefish	-	30.24±1.09 ^{sh}	ND	ND
8	dried filefish	-	45.25±2.05 ^c	ND	ND
9	dried filefish	-	25.77±0.44 ^{hi}	ND	ND
10	dried filefish	-	39.80±0.96 ^{de}	ND	ND
11	dried filefish	-	28.32±0.42 ^{shi}	ND	ND
12	dried filefish	-	37.72±0.89 ^{de}	ND	ND
13	dried cod	potassium sorbate	ND	ND	522.78±23.30 ^c
14	dried cod	potassium sorbate	ND	ND	189.15±15.11 ^g
15	dried cod	-	ND	ND	ND
16	dried cod	-	ND	ND	ND
17	dried cod	-	118.64±12.26 ^b	ND	ND
18	dried cod	-	31.00±1.40 ^{fg}	ND	ND
19	dried monkfish	-	ND	ND	ND
20	dried monkfish	-	48.77±1.42 ^c	ND	ND
21	dried monkfish	-	31.47±0.21 ^{fg}	ND	ND
22	dried monkfish	-	125.10±2.88 ^a	ND	ND
23	dried monkfish	-	ND	ND	ND
24	dried squid	potassium sorbate	39.66±2.56 ^{de}	ND	ND
25	dried squid	potassium sorbate	27.19±1.98 ^{hi}	ND	616.49±19.49 ^b
26	dried squid	potassium sorbate	25.73±0.17 ^{hi}	ND	293.84±14.51 ^c
27	dried squid	potassium sorbate	35.39±2.29 ^{ef}	ND	504.49±14.27 ^d

¹⁾ ND : not detected.

²⁾ Propionic acid and sorbic acid contents followed by different letters for different dried seasoned seafood products are significantly different for the same compound by Duncan's test at $P < 0.05$.

로 보고된 바 있다²⁹⁾. 하지만 조미건어포에서 검출된 프로피온산은 이에 비해 현저히 낮은 수준이고 해당 보존료를 첨가하였다고 표기되지도 않았기에 이는 의도적으로 첨가되었을 가능성은 거의 없을 것으로 사료된다. 기존 연구에서 명태와 쥐치 원료에서는 프로피온산 함량이 ND-21.66 mg/kg 수준으로 검출되었고, 건조 가공품의 경우 그보다 높은 경향을 보였으며 명태 건조 가공식품에서는 260.09 mg/kg까지도 보고된 바 있어 본 연구 결과와 비슷한 경향을 보였다³⁰⁾. 건어류의 수분함량은 약 25% 내외 수준으로 알려져 있는데³¹⁾, 건조과정 중 수분함량이 감소하여 시료 단위 g당 프로피온산 함량이 높게 측정되었을 가능성이 있다. 기존 연구에서 식품 중 탄수화물을 기질로 한 미생물의 발효

메커니즘, 단백질을 기질로 한 아미노산 분해, 지방을 기질로 한 지방산의 자동산화 등을 통해 프로피온산이 생성된다고 알려져 있다³²⁾. 따라서, 검출된 시료의 경우 조미건어포를 가공하기 전 원료 단계에서 유래되었거나 가공 과정 중 조미 양념 등으로부터, 유통 중 아미노산 분해나 지방산의 자동산화 등의 메커니즘으로 프로피온산이 유래되어 검출되었을 가능성이 있다.

2007년 한국보건산업진흥원에서 보고한 식품첨가물 섭취량에 따른 안전성 평가 결과에 따르면 프로피온산류의 섭취자의 경우 평균 노출량은 0.486 mg/kg·bw/day 이었다³³⁾. 본 연구에서 검출된 조미건어포 중 프로피온산 농도 평균값인 80.69 mg/kg을 함유하고 있는 조미건어포를 60 kg의 성인이

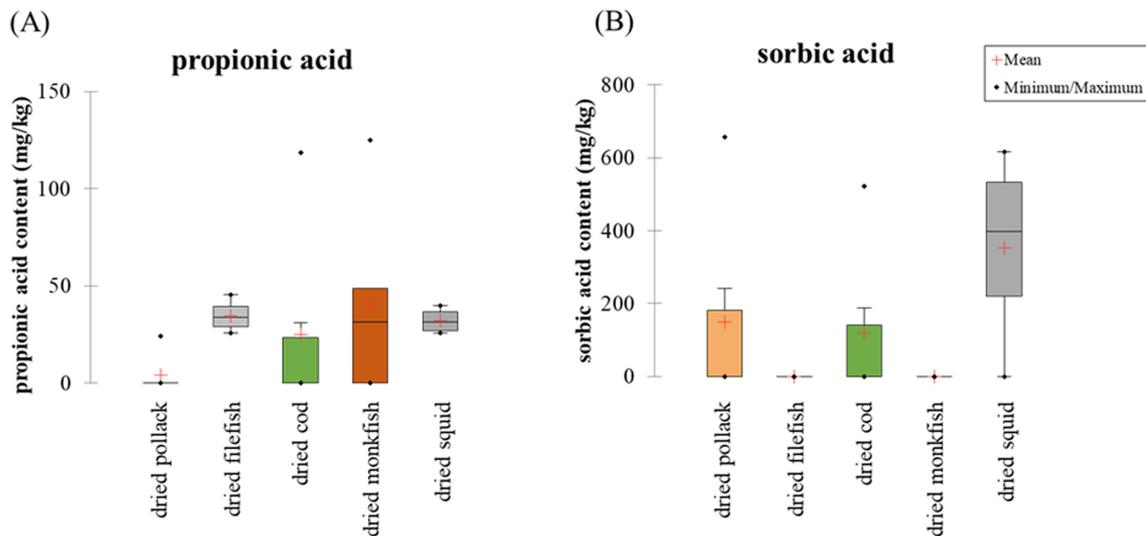


Fig. 2. Boxplot for (A) propionic and (B) sorbic acid contents in seasoned dried fishery product samples.

하루에 1회 제공기준량인 15 g을 섭취한다고 가정하면, 그 노출량은 약 0.02 mg/kg·bw/day이다³⁴⁾. 이는 프로피온산류 섭취자 노출 수준 대비 4.1%에 해당하는 수치로 미미한 수준이다. 그 뿐 아니라 프로피온산은 전세계적으로 ADI가 설정되어 있지 않은 만큼 안전한 보존료로 사료된다.

본 연구에서 모든 조미건어포 시료 중 안식향산은 검출되지 않았다(Table 3). 수산물 중 천연유래 보존료 함유량을 조사한 기존 연구에서, 명태포, 쥐포, 오징어포의 원료로 사용되는 명태(n=19), 쥐치(n=10), 오징어(n=10) 시료에서는 안식향산이 검출되지 않았다¹⁸⁾. 미국의 code of federal regulation에 따르면 안식향산은 식물성 원료인 자두, 크랜베리 등에서 검출된다고 보고된 바 있다³⁵⁾. 또한, 치즈에서는 안식향산이 히푸론산 및 페닐알라인의 분해, 벤즈알데히드의 자동산화 등을 통해서 생성된다고 알려져 있으며 최대 50 mg/kg 까지도 검출이 된다고 알려져 있다^{36,37)}.

전체 조미건어포 시료(n=27) 중 소르빈산 칼륨이 사용되었다고 표기된 시료는 8건이었고 그 중 7건에서 소르빈산이 검출되었다. 조미건어포 시료 중 소르빈산의 함량 범위는 ND-658.18 mg/kg이었다. 특히 오징어포(n=4)에서 검출률 75%로 가장 빈번하게 검출이 되었고 명태포(n=6)에서 검출률은 33%로 낮았으나 높은 함량(658.18 mg/kg)이 검출된 시료가 있었다. 소르빈산 칼륨이 표기가 된 시료에서 소르빈산이 모두 1,000 mg/kg 이하로 검출되었으며 국내 소르빈산 사용기준을 준수하여 적절히 사용하고 있는 것으로 사료된다.

Acknowledgement

본 연구는 2023년 식품의약품안전처 지원 과제 (21162 MFDS013, 201153MFDS605)에 의해 수행되었으며 이에

감사드립니다.

국문요약

본 연구는 국내 유통 조미건어포 27건 중 프로피온산, 안식향산, 소르빈산 함량을 분석하였다. 식품의약품안전처 식품공전의 분석 방법으로 GC-FID를 이용하여 프로피온산을 분석하였고 HPLC-DAD를 이용하여 안식향산과 소르빈산을 분석하였다. 그 결과 총 27건 중 프로피온산은 16건(검출률 59%), 안식향산은 불검출, 소르빈산은 7건(검출률 26%)이 검출되었다. 조미건어포에서 프로피온산은 ND-125.10 mg/kg의 농도로 검출이 되었으며 이는 미생물 최소저해농도 이하의 수치로 보존 효과를 나타낼 수 없는 농도로 보여 의도적으로 첨가되지는 않았을 것으로 사료된다. 또한, 소르빈산의 경우 소르빈산 칼륨이 표기된 시료에서만 검출되었으며 표기된 시료 8건 중 7건에서만 검출이 되었다. 소르빈산 검출 시료의 경우 658.18 mg/kg의 농도까지 검출이 되었으며, 이는 그 사용 기준에 적합한 수치였다. 본 연구는 향후 조미건어포에 대한 안전 관리를 위한 기초자료로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

Author contributions

Woojin Jang	Investigation, visualisation, and writing-original draft
Jongyoon Choi	Investigation
Seongjae Kim	Investigation
Sang-Do Ha	Conceptualisation, reviewing and editing
Jihyun Lee	Conceptualisation, project administration, writing, funding acquisition, reviewing and editing

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Woojin Jang <https://orcid.org/0000-0001-9399-3221>
 Jongyoon Choi <https://orcid.org/0009-0000-2840-7249>
 Seongjae Kim <https://orcid.org/0009-0003-4535-4806>
 Sang-Do Ha <https://orcid.org/0000-0002-6810-2092>
 Jihyun Lee <https://orcid.org/0000-0001-5693-0109>

References

- Msagati, T.A.M., 2013. The chemistry of food additives and preservatives, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA, pp 128-129.
- Lück, E., Jager, M., 1997. Antimicrobial Food Additives, Propionic acid, Springer, Berlin, Germany, pp 145-151.
- Lück, E., Jager, M., 1997. Antimicrobial Food Additives: Benzoic acid, Springer, Berlin, Germany, pp 174-182.
- Lück, E., Jager, M., 1997. Antimicrobial Food Additives, Sorbic Acid, Springer, Berlin, Germany, 152-167.
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2023, May 15). Standards for use by item. Retrieved from http://www.food-safetykorea.go.kr/foodcode/04_03.jsp?idx=820
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2023, May 15). Notice of partial revision of "Standard and specifications for food additives". Retrieved from https://www.mfds.go.kr/brd/m_99/down.do?brd_id=ntc0021&seq=44090&data_tp=A&file_seq=1
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2023, May 15). Notice of partial revision of "Standard and specifications for food additives" Retrieved from https://www.mfds.go.kr/brd/m_99/down.do?brd_id=ntc0021&seq=44822&data_tp=A&file_seq=1
- U.S. Food and Drug Administration (FDA), (2023, May 15). Food additives status list. Retrieved from <https://www.fda.gov/food/food-additives-petitions/food-additive-status-list>
- Minister for Health, Labour and Welfare, (2023, May 15). Standards for use, according to use categories. Retrieved from <https://www.ffcr.or.jp/en/upload/StandardsforUseFeb32021.pdf>
- Australia New Zealand Food Authority, (2023, May 15). Substances that may be used as food additives. Retrieved from <https://www.foodstandards.gov.au/code/Documents/Sched%2015%20Food%20additives%20v157.pdf>
- World Health Organization (WHO), (2023, May 15). Evaluations of the joint FAO/WHO expert committee on food additives (JECFA), propionic acid. Retrived from <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/Home/Chemical/3438>
- World Health Organization (WHO), (2023, May 15). Evaluations of the joint FAO/WHO expert committee on food additives (JECFA), sorbic acid. Retrived from <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/Home/Chemical/2443>
- World Health Organization (WHO), (2023, May 15). Evaluations of the joint FAO/WHO expert committee on food additives (JECFA), benzoic acid. Retrived from <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/Home/Chemical/4530>
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), (2023, May 15). Food and food addtives production status. Retrived from https://www.index.go.kr/unity/potal/main/EachDtlPageDetail.do?sessionId=oYfXUN3q_FiXqIh1uH0f_tQ7Q3ODfCVhJd1kf_Gn_ode11?i_dx_cd=2864
- Korea Rural Economy Institute (KREI), (2023, May 15). Processed food consumer attitude survey deep dive reports. Retrieved from <https://www.krei.re.kr/foodInfo/selectBbsNtt-View.do?key=749&bbsNo=434&nttNo=159222&searchCtgr=&searchCnd=all&searchKrd=&pageIndex=1&integrDeptCode=>
- Korea Consumer Agency (KCA), (2023, May 15). Beer franchise pubs safety investigation in dried fish. Retrived from <https://www.kca.go.kr/smartconsumer/board/download.do?menukey=7301&fno=10009467&bid=00000146&did=1001027578>
- Yoon, M.H., Hong, H.G., Lee, I.S., Park, M.J., Yun, S.J., Park, J.H., Kwon, Y.O., A survey of the safety in seasoned dried fishes. *J. Food Hyg. Saf.*, **24**, 143-147 (2009).
- Korea Food Research Institute (KFRI), (2023, May 15). Monitoring of preservatives produced naturally in fisheries products. Retrieved from <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchReport.do?cn=TRKO201900003414>
- Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), Food Code, MFDS, Cheongju, Korea (2023).
- Saito, I., Oshima, H., Kawamura, N., Uno, K., Yama, M., Determination of sorbic, dehydroacetic, and propionic acids in cheese by liquid chromatography and gas chromatography. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **70**, 507-509 (1987).
- Azzam, K., Saad, B., Hashim, N., Rahim, A., Talib, K., Determination of propionates and propionic acid in bakery products using gas chromatography. *Int. Food Res. J.*, **17**, 1107-1112 (2010).
- Tungkijanansin, N., Alahmad, W., Nhujak, T., Varanusupakul, P., Simultaneous determination of benzoic acid, sorbic acid, and propionic acid in fermented food by headspace solid-phase microextraction followed by GC-FID. *Food Chem.*, **329**, 127161 (2020).
- Saad, B., Bari, M.F., Saleh, M.I., Ahmad, K., Talib, M.K., Simultaneous determination of preservatives (benzoic acid, sorbic acid, methylparaben and propylparaben) in foodstuffs using high-performance liquid chromatography. *J. Chromatogr. A*, **1073**, 393-397 (2005).
- Guarino, C., Fuselli, F., La Mantia, A., Longo, L., Development of an RP-HPLC method for the simultaneous determination of benzoic acid, sorbic acid, natamycin and lysozyme in hard and pasta filata cheeses. *Food Chem.*, **127**, 1294-1299 (2011).
- Cheng, Z., Ran, Q., Liu, J., Deng, X., Qiu, H., Jia, Z., Su, X.,

- Rapid Determination for benzoic acid, sorbic acid, phenyl-lactic acid, phenylalanine, and saccharin sodium in vinegar by high-performance liquid chromatography–UV. *Food Anal. Methods*, **13**, 1673-1680 (2020).
26. International Council for Harmonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use (ICH), (2023, May 15). Validation of Analytical Procedures: Text and Methodology, Q2(R1). Retrieved from <https://database.ich.org/sites/default/files/Q2%28R1%29%20Guideline.pdf>
 27. Ministry of Food and Drug Safety (MFDS), Guidelines on standard procedures for preparing analysis method, MFDS, Cheongju, Korea (2016).
 28. Yun, S.S., Kim, J., Lee, S.J., So, J.S., Lee, M.Y., Lee, G., Lim, H.S., Kim, M., Naturally occurring benzoic, sorbic, and propionic acid in vegetables. *Food Addit. Contam. Part B*, **12**, 167-174 (2019).
 29. Seo, Y., Sung, M., Hwang, J., Yoon, Y., Minimum inhibitory concentration (MIC) of propionic acid, sorbic acid, and benzoic acid against food spoilage microorganisms in animal products to use MIC as threshold for natural preservative production. *Food Sci. Anim. Resour.*, 319-330 (2022).
 30. Kim, D.B., Jang, G.J., Yoo, M., Lee, G., Yun, S.S., Lim, H.S., Kim, M., Lee, S., Sorbic, benzoic and propionic acids in fishery products: a survey of the South Korean market. *Food Addit. Contam. Part A*, **35**, 1071-1077 (2018).
 31. Noh, J.E., Kim, B.K., Kim, H.K., Kwon, J.H., Effects of γ - irradiation on the quality of seasoned cuttle during storage. *J. Korean Soc. Food Cult.*, **19**, 516-523 (2004).
 32. Gonzalez-Garcia, R.A., McCubbin, T., Navone, L., Stowers, C., Nielsen, L.K., Marcellin, E., Microbial propionic acid production. *Ferment.*, **3**, 21 (2017).
 33. Korea Health Industry Development Institute (KHIDI), (2023, May 15). Dietary intake of food additive by Korean population – Preservatives, antioxidant. Retrieved from <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchReport.do?cn=TRKO201700002026>
 34. Oh, C.H., Naturally occurring propionic acid analysis in seasoned cod by direct solvent extraction. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **47**, 742-749 (2018).
 35. U.S. Food & Drug Administration (FDA), (2023, March 28). Code of federal regulations title 21. Retrieved from <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFR-Search.cfm?fr=184.1021>
 36. Sieber, R., Bütikofer, U., Bosset, J.O., Benzoic acid as a natural compound in cultured dairy products and cheese. *Int Dairy J.*, **5**, 227-246 (1995).
 37. Han, N., Park, S.Y., Kim, S.Y., Yoo, M.Y., Paik, H.D., Lim, S.D., Change of naturally occurring benzoic acid during skim milk fermentation by commercial cheese starters. *J. Dairy Sci.*, **99**, 8633-8637 (2016).