

시판 식해의 건강 기능 특성

강상인 · 최유리¹ · 박선영¹ · 박시형¹ · 오선화¹ · 김진수^{1,2*}

신라대학교 수산물종합연구센터, ¹경상국립대학교 해양식품공학과/해양산업연구소, ²경상국립대학교 수산식품산업화 기술지원센터

Health-promoting Functional Properties of Commercial *Sik-haes*

Sang In Kang, Yu Ri Choe¹, Sun Young Park¹, Si Hyeong Park¹, Seon Hwa Oh¹ and Jin-Soo Kim^{1,2*}

Seafood Research Center, Silla University, Busan 49277, Republic of Korea

¹Department of Seafood Science and Technology/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea

²Research Center for Industrial Development of Seafood, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Republic of Korea

Sik-hae is a traditional Korean salt-fermented seafood having a low salt content and a high concentration of *Lactobacillus*, unlike most salt-fermented fish and fish sauce, which have a high salt content and low concentration of *Lactobacillus*. This study aimed to investigate the health-promoting functional properties of 10 types of commercial *sik-haes*. The results showed that for the commercial *sik-haes* studied, angiotensin-I-converting enzyme inhibitory activity, DPPH radical scavenging activity, α -glucosidase inhibitory activity, xanthine oxidase inhibitory activity, and sodium nitrite scavenging activity ranged from 29.0% to 46.3%, 35.5% to 65.4%, 0% to 20.0%, 20.1% to 78.8%, and 17.9% to 82.6%, respectively. Antimicrobial activity against *Escherichia coli*, *Vibrio parahaemolyticus* and *Staphylococcus aureus* was rarely detected. The results on healthy functional properties suggest that the commercial *sik-haes* are expected on the antioxidative activity in F-1-F-5, AP-1, BES, and S, xanthine oxidase inhibitory activity in the other 9 types expected for A, and sodium nitrite scavenging activity in the other 9 types expected for AP-2.

Keywords: *Sik-hae*, Commercial *sik-hae*, Salt-fermented seafoods, Healthy functional property

서론

식해는 토막낸 생선이나 껍각 또는 껍질을 제거한 기타 수산물물을 염지한 다음 여기에 소량의 식염, 고춧가루, 무, 소금, 밥, 엿기름 등을 섞은 후 발효시켜 제조한 것으로, 젓갈, 액젓과 더불어 대표적인 우리나라 고유의 수산물발효식품이다(Choe et al., 2023). 하지만, 식해는 소금 농도가 낮아 젖산균과 이에 의하여 생성되는 유기산에 의하여 부패균의 증식을 억제하는 제품으로, 높은 소금 농도에 의하여 부패균의 증식을 억제하는 젓갈과 액젓과는 달리 저장 원리 측면에서 차이가 있다(Kim and Kang, 2021). 또한, 식해는 발효 중 protease와 amylase의 작용에 의하여 수산물의 주성분인 단백질과 곡류의 주성분인 전분이 가수분해되어 특유의 맛을 나타낸다(Choe et al., 2023). 즉, 식해의 관능적 특성 중 맛은 단백질의 가수분해 산물인 펩타이드, 유리아미노산에 의한 감칠맛과 전분의 가수분해 산

물인 maltose, glucose에 의한 단맛 및 유기산에 의한 신맛이 서로 어우러져 고유의 맛을 나타낸다(Lee and Kim, 1998). 또한, 식해의 냄새 중 비린내는 염기성 휘발성 성분인 트리메틸아민(trimethylamine), 디메틸아민(dimethylamine), 암모니아(ammonia) 등이 주성분이나, 이들 성분은 적절하게 발효된 식해에서는 발효 중 생성된 유기산에 의하여 중화되어 휘발되지 않아 느끼지 못하게 된다(Jo et al., 2005; Park et al., 2020). 따라서, 식해는 젓갈과 액젓에 비하여 염도가 낮으면서 유기산 및 유리당의 함량이 높아 고식염과 비린내를 싫어하는 현대인의 식품 소비 트렌드(trend)에 맞는 수산물발효식품이다. 뿐만 아니라 제조 원리가 김치와 같은 식해는 젖산균에 의한 항균 효과(Song and Park, 1992), 항콜레스테롤 활성(Kim et al., 2001), 항산화 활성(Choi et al., 2001), angiotensin I converting enzyme (ACE) 저해 활성(Choi et al., 2001), xanthine oxidase 저해 활성(Cha et al., 2002), 항암 활성(Chang, 2007) 등과 같은

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9146 Fax: +82. 55. 772. 9149

E-mail address: jinsukim@gnu.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.2023.0596>

Korean J Fish Aquat Sci 56(5), 596-605, October 2023

Received 28 July 2023; Revised 26 September 2023; Accepted 7 October 2023

저자 직위: 강상인(선임연구원), 최유리(대학원생), 박선영(대학원생), 박시형(대학원생), 오선화(대학원생), 김진수(교수)

여러 가지 건강 기능성이 인정되고 있고, 발효 후에는 생선의 뼈가 연화되어 가식할 수 있어 갈슘 공급원(Choe et al., 2023)으로도 상당히 의미가 있다.

근년 소비자들의 식생활 패턴(pattern)은 경제 성장과 평균 수명의 증가에 따라 건강식이 하나의 키워드(key word)가 되고 있는 추세이다(Sun et al., 2023). 식해와 제조원리가 같은 김치는 부패균과 병원성균의 성장과 증식을 저해하고, 부재료로 첨가되는 고춧가루에 의한 항돌연변이 효과와 젖산균, 식이섬유소 및 마늘에 의한 항암 효과가 인정되고 있다(Cha et al., 2002). 이에 김치와 발효 원리가 같고 첨가되는 부재료가 유사한 식해에서도 김치에서와 똑같은 건강 기능성이 기대될 뿐만 아니라 다수의 건강 기능성이 기대된다.

한편, 식해에 관한 연구는 주로 최적 발효 조건(온도와 기간)(Kim et al., 1994d, 2008), 부원료의 종류 및 농도(Kim et al., 1994a, 1994b) 등과 같은 제조 방법에 대한 연구, 발효 중 생화학적 및 미생물학적 특성에 관한 연구(Jung et al., 1992; Koo et al., 2009) 및 기능성(Choi et al., 2001; Kim et al., 2001; Cha et al., 2002)에 대한 연구가 일부 있으나 이들의 경우도 극히 한정적으로 이루어져 있다. 하지만, 이들 여러 연구자들의 식해에 관한 연구는 가자미, 명태, 오징어, 백합 등과 같은 수산물을 활용하여 최적 가공공정 확립, 신제품 개발 및 이들의 특성에 대한 연구 정도이고, 상품화 시에 경쟁 제품인 시판 식해의 기능성 탐색에 대한 연구는 찾아보기 어렵다.

본 연구에서는 다양한 수산물을 활용하여 식해를 제조하고자 할 때 기초 자료를 확보하고자 시판 식해의 건강 기능성을 검토하기 위하여 시판 식해 10종의 ACE 저해 활성, 항산화 활성, xanthine oxidase 저해 활성, 항당뇨 저해 활성, 항균 활성 및 아질산염 소거 활성 등에 대하여 살펴보았다.

재료 및 방법

시판 식해

시판 식해 10종[가자미 식해 5종(F-1-F-5), 명태 식해 2종(AP-1, AP-2), 도루묵 식해 1종(BES), 멸치 식해 1종(A) 및 횡대 식해 1종(S)]은 전자상거래로 구입하였고, 이들에 대한 간단한 정보는 Table 1과 같다. 이때 시판 식해는 F-1, AP-1 및 BES의 경우 강원도 속초시 소재의 KAF사에서, F-2, AP-2 및 A는 강원도 속초시 소재의 C사에서, F-3은 강원도 속초시 소재의 LF사에서 구입하여 검체로 사용하였다. 그리고, F-4 및 S는 경상북도 영덕군 소재의 HF사에서, F-5는 강원도 삼척시 소재의 SFS사에서 구입한 검체로 사용하였다.

시판 식해의 원료 원산지는 명태를 제외한 4종의 어종[멸치(A), 횡대(S), 가자미(F) 및 도루묵(BES)]은 모두 국내산이었고, 명태(A)는 수입산(러시아산)이었다. 이들 시판 식해 10종의 구입 가격은 7,900–17,000원 범위이었고, 판매 단위는 500–1,000 g 범위이었다.

일반세균 및 젖산균 농도

일반세균 및 젖산균 농도의 계측을 위한 전처리 시료는 Lee and Oh (2002)가 언급한 방법에 따라 식해 20 g을 무균적으로 취하여 180 mL의 멸균 생리 식염수(0.85% NaCl)를 넣고 90초간 균질화한 후 10진 희석법으로 희석하여 제조하였다.

일반세균 및 젖산균 농도는 전처리한 시료를 각각 plate count agar (Difco Co. Ltd, Detroit, MI, USA)와 deMan Rogosa Sharpe medium agar (MRS; Difco Co. Ltd.)에 1 mL씩 각각 접종하고 이를 배양(일반세균의 경우 37°C에서 48시간, 젖산균의 경우 30°C에서 24–28시간)하여 형성된 집락을 계수하여 각각 나타내었다.

Angiotensin-I converting enzyme (ACE) 저해 활성

ACE 저해 활성 측정용 전처리 시료는 식해 100 g을 저온실(4°C)에서 균질화한 것을 검체로 하여, 여기에 6배(v/w)의 methanol을 가하고 6시간 동안 교반하여 추출 및 여과한 후 회전식 진공증발기(Eyela N-1000; EYELA, Tokyo, Japan)로 농축시킨 다음 농축물에 대하여 10배(v/w)의 증류수로 용해 및 여과하여 제조하였다.

ACE 저해 활성은 Horiuchi et al. (1982)의 방법에 따라 Zorbax 300SB C₈ column (4.6×150 mm; Agilent Technologies, Santa clara, CA, USA)이 장착된 HPLC (LC-10AVP; Shimadzu Co. Ltd., Tokyo, Japan)로 측정하였다. 즉, ACE 저해 활성은 전처리 시료 15 µL에 정제 60 mU ACE from rabbit lung (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 50 µL를 가한 후 preincubation (37°C, 5분)시켜 제조하였다. 이어서 전처리 시료에 0.1 M sodium borate 완충액 (pH 8.3, 400 mM NaCl 함유)에 용해한 5 mM의 N-hippuryl-histidyl-leucine (HHL; Sigma-Aldrich) 용액 125 µL를 가하고, 여기에 다시 반응(37°C, 30분)

Table 1. Sample code and brief specification of commercial *sik-haes*

Raw fish		Manufactured goods			
Fish species	Origin	Location	Weight (g)	Price (won/bottle)	Code
Flounder	Domestic	Sokcho	500	12,000	F-1
			500	8,900	F-2
			500	11,900	F-3
			500	7,900	F-4
			1,000	17,000	F-5
Alaska pollock	Imported (Russia)	Sokcho	500	10,000	AP-1
				8,900	AP-2
Black edged sculpin	Domestic	Yeongdeok	500	10,000	BES
Sandfish	Domestic	Sokcho	500	7,900	S
Anchovy	Domestic	Sokcho	500	8,900	A

시킨 후 10% (v/v) trifluoroacetic acid (TFA) 20 μ L를 가하여 반응을 정지시켜 조제하였다. 이때 대조구는 전처리 시료 대신에 증류수 15 μ L를 사용하여 동일한 방법으로 조제하여 사용하였다. 이어서 반응 용액 20 μ L를 HPLC에 주입한 다음 detector를 UV 228 nm로, mobile phase를 DDW/0.1% TFA, 70% CH₃CN/0.1% TFA로, 유속(flow rate)을 1 mL/min으로, 칼럼과 시료 온도를 모두 20 \pm 2°C로 하여 분석하였으며, 반응 후 생성된 hippuric acid의 peak 면적값을 다음과 같은 식으로 계산하여 나타내었다.

$$\text{ACE inhibitory activity (\%)} \\ = [1 - (\text{sample peak area} / \text{control peak area})] \times 100$$

2,2-Diphenyl-1-picryl-hydrazyl (DPPH) radical 소거 활성

DPPH radical 소거 활성은 Blois (1958)의 방법을 약간 변형하여 측정하였다. 즉, ACE 저해 활성 측정용 전처리 시료 0.3 mL에 4 \times 10⁻⁵ M DPPH 용액 2.7 mL를 가하고 교반한 후 30분간 반응시킨 다음 516 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때, 대조구는 시료용액 대신 증류수를 가하여 측정된 흡광도를 나타내었으며, 다음의 식으로 계산하여 나타내었다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} \\ = [1 - (\text{sample absorbance} / \text{control absorbance})] \times 100$$

α -Glucosidase 저해 활성

α -Glucosidase 저해 활성은 Watanabe et al. (1997)의 방법으로 측정하였다. 이때 효소는 효모로부터 얻어진 α -glucosidase [0.2% (w/v) bovine serum albumin과 0.02% (w/v) Na₂S₂O₃을 함유한 100 mM phosphate buffer (pH 7.0)를 이용하여 0.7 μ g/mL로 되게 조제]를, 기질은 *p*-nitrophenyl- α -D-glucopyranoside [100 mM phosphate buffer (pH 7.0)를 이용하여 5 mM로 되게 조제]를, 그리고, α -Glucosidase 저해 활성 측정용 전처리 시료는 ACE 저해 활성 측정용 전처리 시료 100 μ L를 dimethyl sulfoxide (DMSO) 900 μ L에 녹여 조제한 것을 사용하였다.

α -Glucosidase 저해 활성은 기질 첨가 전 흡광도[전처리 시료 용액(대조구의 경우 DMSO) 10 μ L와 효소 용액 50 μ L을 차례로 첨가하고 혼합한 다음, 5분 동안 실온에서 반응시킨 후에 405 nm에서 측정]와 기질 첨가 후 흡광도(이전에 혼합한 혼합물에 기질 용액 50 μ L를 첨가한 다음 5분 동안 실온에서 반응시킨 후에 405 nm에서 측정)를 각각 측정한 후에 기질 첨가 전후의 변화된 흡광도의 차이로부터 산출하였고, 각 실험은 3회 반복 수행하였으며, 이들의 평균치로 나타내었다.

Xanthine oxidase 저해 활성

Xanthine oxidase 저해 활성은 Stirpe and Corte (1969)의 방

법에 따라 측정하였다. 즉, xanthine oxidase 저해 활성의 측정을 위하여 기질은 2 mM xanthine [0.1 M potassium phosphate buffer (pH 7.5)에 용해] 0.4 mL에 0.2 unit xanthine oxidase 0.2 mL와 ACE 저해 활성 측정용 전처리 시료 0.2 mL (대조구에는 시료액 대신 증류수를 0.2 mL)를 가하고, 37°C에서 5분간 반응시킨 다음 20% (v/v) TFA 1 mL를 가하여 반응을 종료시켰다. 이어서 반응물을 원심분리(20,000 g, 10분) 및 여과하여 여액에 생성된 uric acid를 292 nm에서 흡광도를 측정하고, 이를 다음 식으로 계산하여 나타내었다.

$$\text{Xanthine oxidase inhibitory activity (\%)} \\ = [1 - (\text{sample absorbance} / \text{control absorbance})] \times 100$$

아질산염 소거 활성

아질산염 소거 활성은 Gray and Dugan (1975)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, ACE 저해 활성 측정용 전처리 시료 0.5 mL [대조구의 경우 시료 대신에 증류수를 0.5 mL 첨가]에 1 mM NaNO₂ 용액 1 mL를 가하고 혼합한 다음, 1 N HCl로 pH 1.2로 보정한 후 반응(37°C, 1시간)시켰다. 이어서 반응액 1 mL를 취하여 2% (v/v) acetic acid 용액 5 mL와 Griess 시약[30% (v/v) acetic acid으로 각각 조제한 1% (v/v) sulfanilic acid와 1% (v/v) naphthylamine을 1:1 (v/v)의 비율로 혼합하여 제조한 것] 0.4 mL를 가한 다음 혼합하고 25°C에서 15분간 방치한 후 spectrophotometer (UV-VIS 1700; Shimadzu Co. Ltd.)를 사용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였고, 다음 식으로 계산하여 나타내었다.

$$\text{Sodium nitrite scavenging (\%)} \\ = [1 - (\text{sample absorbance} / \text{control absorbance})] \times 100$$

항균 활성

항균 활성은 Kim et al. (1999)이 언급한 방법에 따라 paper disk법으로 실시하였다. 식해 생리 활성 물질의 항균 활성을 살펴볼 목적으로 식중독에 크게 문제가 되는 그람 양성균 1종 (*Staphylococcus aureus*)과 그람 음성균 2종 (*Escherichia coli*, *Vibrio parahaemolyticus*)을 한국미생물보존센터에서 분양받아 사용하였고, 이에 대한 자세한 내용을 Table 2와 같다. 이들

Table 2. Reference bacteria used for measuring antibacterial activity

Gram's stain	Bacteria	Strain No.	Medium
(+)	<i>Staphylococcus aureus</i>	KCCM 11764	Muller-Hinton agar
	<i>Escherichia coli</i>	KCCM 11569	Muller-Hinton agar
(-)	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	KCCM 11965	Muller-Hinton agar

균주를 각각 도말된 평판 배지 위에 6 mm 직경의 paper disk (Advantec; Toyo Roshi Kaisha, Ltd., Tokyo, Japan)를 놓고 ACE 저해 활성 측정용 전처리 시료를 40 µL씩 일정하게 가한 후에 배양(37°C, 24시간)하여 생육 저지환의 직경을 측정하였다. 이때 항균 활성은 시료에 의하여 생성된 생육 저지환의 직경 크기(mm)로 나타내었다.

통계처리

본 실험에서 얻어진 데이터의 표준 편차 및 유의상 검정(5% 유의 수준)은 SPSS 통계 패키지(SPSS for window, release 10.0.1)에 의한 ANOVA test를 이용하여 분산분석한 후 Duncan의 다중위검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

생균수 및 젖산균

시판 식해 10종[가자미 식해 5종(F-1-F-5), 명태 식해 2종(AP-1, AP-2), 도루묵 식해 1종(BES), 멸치 식해 1종(A) 및 횡대 식해 1종(S)]의 일반세균과 젖산균 농도의 결과는 Fig. 1과 같다. 시판 식해의 일반세균 농도는 6.18-7.92 log CFU/g 범위 이었고, 이는 S가 가장 높았고, 다음으로 F-4 (7.72 log CFU/g), F-1 (7.45 log CFU/g), F-5 (7.32 log CFU/g), F-2 (7.11 log CFU/g), AP-2와 BES (모두 7.08 log CFU/g), AP-1 (6.95 log CFU/g), A (6.94 log CFU/g)의 순이었으며, F-3가 가장 낮았다. 이때 AP-2와 BES간의 일반세균 농도는 유의적인 차이가 인정되지 않았다(P>0.05). 원료 어종별 식해의 일반세균 농도는 시판 가자미 식해 5종(F-1-F-5)의 경우 6.18-7.72 log CFU/g 범위 이었고, 이들 간의 경우 유의적으로 F-4가 가장 높았고, 다음으로 F-1 (7.45 log CFU/g), F-5 (7.32 log CFU/g), F-2 (7.11 log CFU/g) 순이었으며, F-3이 가장 낮았다(P<0.05). 명태 식해 2종(AP-1, -2)의 경우 AP-2가 7.08 log CFU/g으로, AP-1의 6.95 log CFU/g에 비하여 유의적으로 높았다(P<0.05).

시판 식해 10종의 젖산균 농도는 4.97-6.62 log CFU/g 범위로, F-4 가장 높았고, 다음으로 AP-2 (6.51 log CFU/g), S (6.48 log CFU/g), F-5 (5.97 log CFU/g), F-2 (5.91 log CFU/g), F-1 (5.89 log CFU/g), F-3 (5.78 log CFU/g), AP-1 (5.73 log CFU/g) 및 A (5.51 log CFU/g)의 순이었으며, BES가 가장 낮았다. 이때 시판 식해의 젖산균 농도는 F-1과 F-2 간의 경우 유의적인 차이가 없었다(P>0.05). 원료 어종별 식해의 젖산균 농도는 시판 가자미 식해 5종의 경우 5.78-6.62 log CFU/g 범위 이었고, 명태 식해 2종 간의 경우 AP-2가 6.51 log CFU/g으로, AP-1의 5.73 log CFU/g에 비하여 유의적으로 높았다(P<0.05).

한편, Kim et al. (1994c)은 15°C에서 20일간 발효시킨 오징어 식해의 일반세균 농도는 발효 10일째에 9.97 log CFU/g 으로 최대치를 나타낸 이후, 젖산균 농도는 발효 15일째에 8.56 log CFU/g으로 최대치를 나타낸 이후 감소하였다고 보고한 바 있

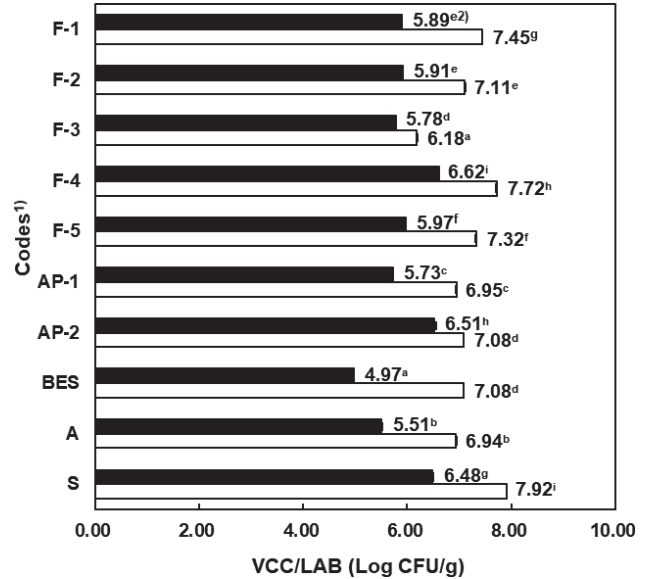


Fig. 1. Viable cell count (VCC, □) and lactic acid bacteria (LAB, ■) concentration of commercial *sik-haes*. ¹Codes [Flounder (F-1, F-2, F-3, F-4 and F-5), Alaska pollock (AP-1 and AP-2), Black edged sculpin (BES), Anchovy (A), and Sandfish (S)] are the same as explained in Table 1. ²Different letters on the data in the same item column indicate significant differences at P<0.05 by Duncan's multiple range test.

다. 그리고, Cha et al. (2004)은 20°C에 발효시킨 명태 식해의 일반세균과 젖산균농도는 발효 10일경에 각각 9.41 log CFU/g 및 9.08 log CFU/g으로 최대치를 나타낸 후 서서히 감소하였다고 보고하였고, Koo et al. (2009)은 백합 식해의 일반세균의 농도는 상온에서 7일간 발효시킨 후 4°C에서 15일간 발효시킨 것이 8.64 log CFU/g으로 증가한 후, 젖산균 농도는 상온에서 9일간 발효시킨 후 4°C에서 9일간 발효시킨 것이 8.70 log CFU/g으로 증가한 후 모두 감소하였다고 보고한 바 있다.

이상의 시판 식해의 일반세균과 젖산균 농도의 결과로 미루어 보아 본 실험에서 검체로 이용한 시판 식해 10종이 Kim et al. (1994c), Cha et al. (2004) 및 Koo et al. (2009)의 최적 발효조건에서 제조한 시제품들보다 훨씬 낮아 시판 식해는 유통을 고려하여 최적 발효 기간 이전에 숙성을 완료하였으리라 추정되었다.

ACE 저해 활성

우리나라에서는 식사의 서구화와 인구의 고령화 등으로 고혈압 환자가 급속히 증가하고 있고, 이는 세계적으로도 예외가 아니다. 고혈압은 심근경색, 뇌졸중, 심부전 등의 합병증을 유발하며 이로 인한 삶의 질 저하, 장애, 장기요양시설 입소, 추가적인 의료비 상승 및 사망률 증가를 초래한다. 혈압과 전해질 균형의 조절에는 renin-angiotensin system이 매우 중요한 역할을 한다

(Saxena, 1992; Daza-Rodríguez et al., 2023). 사람에게 존재하는 renin은 초기에 prorenin의 형태로 신장에서 분비되어 혈액 또는 조직에 존재하는 protease인 kallikrenin에 의해 renin으로 전환되어 간에서 생성 분비된 angiotensinogen을 angiotensin I으로 전환시킨다. 이 angiotensin I은 decapeptide로서 혈압 상승에 중요한 역할을 하는 angiotensin II의 전구체 역할을 하며, 생리활성을 가지고 있지는 않지만 폐, 신장, 혈액 중에 존재하는 ACE의 작용에 의해 angiotensin II로 대부분 전환된다. 이렇게 생성된 angiotensin II는 혈관 평활근에 작용해서 혈압을 상승시키는 강력한 혈관 수축작용을 가짐으로 인해 고혈압이 야기되어 현재 사회적으로 문제가 되고 있다. 고혈압은 혈관계 질환으로서 위험성이 높기 때문에 심각한 건강 문제를 야기하여 고혈압의 치료에 효과적인 혈압 강하 기능을 가진 건강 기능성 식품의 개발이나 건강식품의 개발이 절실하다.

이러한 일면에서 식해의 고도 이용을 목적으로 시판 식해 10종[가자미 식해 5종(F-1~F-5), 명태 식해 2종(AP-1, AP-2), 도루묵 식해 1종(BES), 멸치 식해 1종(A) 및 횡대 식해 1종(S)]의 ACE 저해 활성을 검토한 결과는 Fig. 2와 같다. 시판 식해 10종의 ACE 저해 활성은 29.0~46.3% 범위에 있었고, 이의 평균은 37.8%로 강력하지는 않았으나 무시할 정도도 아니었다. 시판 식해 10종 간의 ACE 저해 활성은 BES가 가장 높았고, 다음으로 A (45.3%), AP-1 (40.1%), S (38.9%), F-3 (38.7%), F-2 (38.6%), F-1 (38.1%), F-4 (34.2%), F-5 (29.3%)의 순이었으며, AP-2가 가장 낮았다. 이때 시판 식해의 ACE 저해 활성은 F-5와 AP-2 간, F-1, F-2, F-3, AP-1, S 간, BES와 A 간의 경우 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$).

원료 어종별 식해의 ACE 저해 활성은 시판 가자미 식해 5종의 경우 29.3~38.7% 범위에 있었고, F-3가 가장 높았고, 다음으로 F-2 (38.6%), F-1 (38.1%), F-4 (34.2%) 및 F-5 (29.3%)의 순이었으나, F-1~F-3 간의 경우 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 또한, 명태 식해 2종 간의 경우 AP-2가 29.0%로, AP-1의 40.1%에 비하여 유의적으로 낮았다($P<0.05$).

한편, Cha et al. (2002)은 명태 식해를 20°C에서 발효하였을 때 ACE 저해 활성은 제조 직후의 경우 나타나지 않았고, 6일째의 경우 79.0%, 15일째의 경우 42.1%, 31일째의 경우 73.7%를 나타내었다고 보고한 바 있고, 이들 명태 식해의 ACE 저해 활성은 부재료에 의한 영향보다는 발효 중 원료어의 단백질이 가수분해되어 생성된 peptide들에 의한 영향이라고 보고한 바 있다. 또한, Choi et al. (2001)과 Cha et al. (2002)은 마른 오징어 식해와 마른 명태 식해의 ACE 저해 활성은 hexane 획분과 물 획분에서의 경우 나타나지 않았고, ethylacetate 획분과 butanol 획분에서의 경우 IC_{50} 이 마른 오징어 식해가 각각 1.623 mg/mL 및 1.303 mg/mL, 마른 명태 식해가 각각 1.462 mg/mL 및 1.207 mg/mL이었다고 보고한 바 있다. 이와 같은 Cha et al. (2002)과 Choi et al. (2001)의 명태 식해와 마른 오징어 식해, 그리고 시판 식해에 대한 ACE 저해 활성의 보고와 결과로 미루

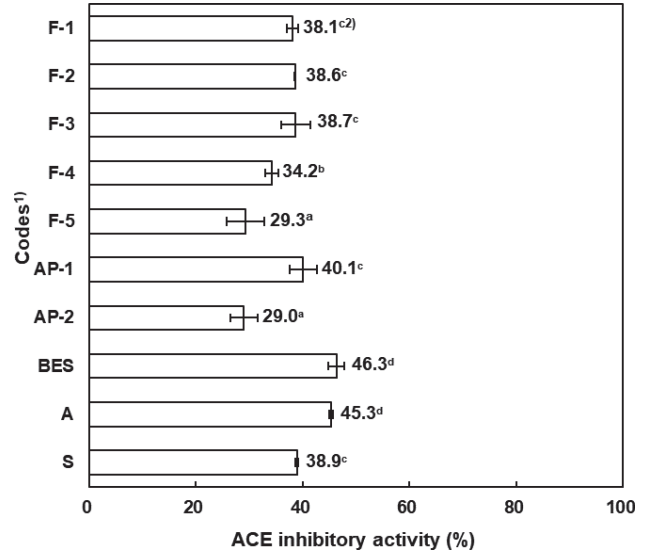


Fig. 2. Angiotensin I converting enzyme (ACE) inhibitory activity of commercial *sik-haes*. ¹Codes [Flounder (F-1, F-2, F-3, F-4 and F-5), Alaska pollock (AP-1 and AP-2), Black edged sculpin (BES), Anchovy (A), and Sandfish (S)] are the same as explained in Table 1. ²Different letters on the data indicate significant differences at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

어 보아 수산전통발효식품인 식해의 ACE 저해 활성은 시판 식해의 경우 크게 인지되지 않았으나, 원료와 제조 공정에 따라서 그 기능을 기대할 수 있으리라 판단되었다.

DPPH radical 소거 활성

인체 내에서 산화 과정 중 생성된 free radical은 지질의 과산화 등을 유도하여 여러 반응 산물을 만드나 대부분은 생체 내 제거 기작에 의하여 소멸된다. 하지만, 인체 내에서 조직의 방어능을 초월한 free radical의 생성은 세포 및 각종 조직의 기능을 비정상적으로 만들어 노화를 일으키는 것으로 알려지고 있으며, 이때 항산화 물질은 이 노화와 발암을 방지하는 역할을 한다고 보고되고 있다(Hammond et al., 1985). 이러한 일면에서 식해가 항산화 기능을 가져 노화와 발암 등을 억제시킬 수 있다면 건강 식품의 하나로 상당히 의미가 있으리라 생각되어 시판 식해 10종[가자미 식해 5종(F-1~F-5), 명태 식해 2종(AP-1, AP-2), 도루묵 식해 1종(BES), 멸치 식해 1종(A) 및 횡대 식해 1종(S)]의 항산화 활성을 DPPH radical 소거 활성으로 살펴본 결과는 Fig. 3과 같다. 시판 식해 10종의 DPPH radical 저해 활성은 35.5~65.4% 범위에 있었고, 이 중 S가 가장 높았고, 다음으로 F-1 (63.6%), F-2 (63.4%), F-3 (63.2%), F-4 (60.4%), F-5 (58.6%), BES (52.9%), AP-1 (50.1%), AP-2 (46.0%) 및 A (35.5%)의 순이었다. 또한, F-2와 F-3 간, F-1와 F-2 간의 DPPH radical 소거 활성은 유의적 차이가 없었다($P>0.05$). 이들은 모두 양성 대조군인 ascorbic acid (20 mM)의 96.3%에 비해 훨씬 낮았다(

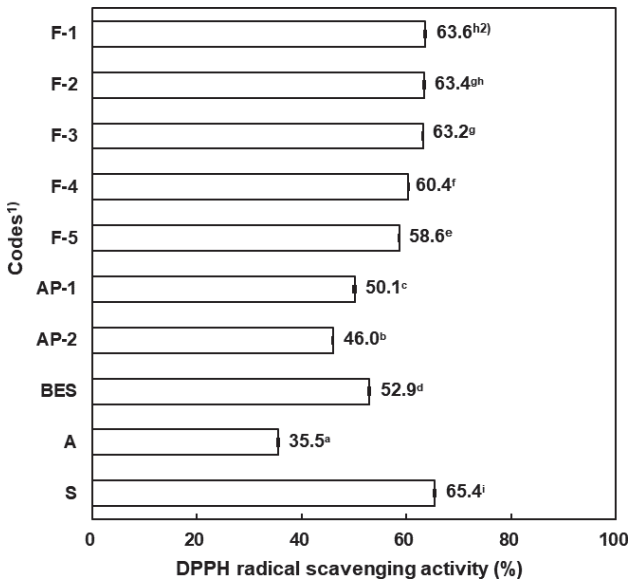


Fig. 3. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity of commercial *sik-haes*. ¹Codes [Flounder (F-1, F-2, F-3, F-4 and F-5), Alaska pollock (AP-1 and AP-2), Black edged sculpin (BES), Anchovy (A), and Sandfish (S)] are the same as explained in Table 1. ²Different letters on the data indicate significant differences at P<0.05 by Duncan's multiple range test.

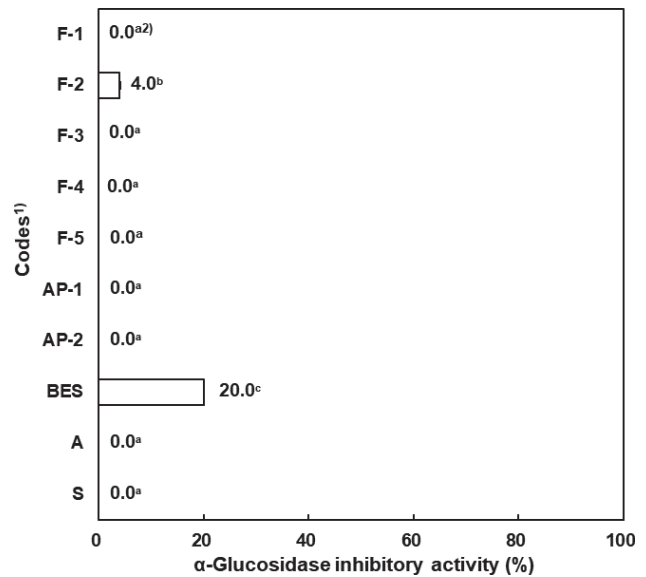


Fig. 4. alpha-Glucosidase inhibitory activity of commercial *sik-haes*. ¹Codes [Flounder (F-1, F-2, F-3, F-4 and F-5), Alaska pollock (AP-1 and AP-2), Black edged sculpin (BES), Anchovy (A), and Sandfish (S)] are the same as explained in Table 1. ²Different letters on the data indicate significant differences at P<0.05 by Duncan's multiple range test.

데이터 미제시).

원료 어종별 식해의 DPPH radical 저해 활성은 시판 가자미 식해 5종의 경우 58.6-63.6% 범위이었고, 명태 식해 2종의 경우 46.0-50.1%로 동일 원료 어종으로 제조한 제품 간에도 유의적인 차이가 있었다(P<0.05).

한편, Yook et al. (1990)은 전분 가수분해 효소를 이용한 식해의 제조에 관한 연구에서 고추의 매운맛 성분인 capsaicin의 경우 간 마이크로솜에서 지질의 과산화물을 억제한다고 보고한 바 있다. 뿐만이 아니라, Cha et al. (2002)은 명태 식해의 항산화 활성은 원료어의 분해에 의하여 생성되는 peptide들과 부원료로 사용한 마늘, 고춧가루, 생강들에 의한다고 보고한 바 있다.

이상의 Yook et al. (1990)과 Cha et al. (2002)의 보고로 미루어 보아 시판 식해의 항산화 활성은 원료어의 가수분해 산물인 peptide와 식해 제조 부원료인 마늘, 고춧가루 및 생강의 항산화 성분에 의한 영향이라 판단되었다.

alpha-Glucosidase 저해 활성

당뇨병은 고혈당 상태가 오랜 시간 지속됨에 따라 심근경색, 협심증, 시신경 손상, 족부 궤양 등과 같은 만성 합병증이 발생하게 되는 대사성 질환으로서 환자들이 상당히 두려워하는 질환 중의 하나이다(Cha et al., 2010). 이와 같은 당뇨병은 현재 우리나라에서도 총인구의 약 10%가 앓고 있으며, 그 발병률이 급격한 증가한 추세이어서 국가적으로 이에 대한 대책이 심

각한 수준이다. 이와 같은 당뇨병은 소장 점막의 brush border에 분포하고 있는 탄수화물계 exo type의 소화효소인 maltase, sucrase 및 glucoamylase 등과 같은 각종 alpha-glucosidase가 식후에 소화 흡수가 어려운 다당류를 소화 흡수가 용이한 이당류나 단당류로 분해하여 흡수를 용이하게 함으로서 혈당이 과다하게 상승하기 때문이다(Del Prato et al., 2007; Van de Laar et al., 2009). 따라서, 당뇨병을 억제하는 방안 중의 하나가 소식을 하면서 적절히 운동을 하는 이외에 alpha-glucosidase의 활성을 저해하는 저해제의 직접적인 섭취 및 이 저해제가 함유되어 있는 건강식품의 꾸준한 섭취가 하나의 큰 대안이라 할 수 있다. 하지만, 현재 당뇨병 예방 목적으로 개발되어 있는 acarbose 및 voglibose 등과 같은 alpha-glucosidase inhibitor가 임상에서 널리 이용되고 있으나, 이러한 약물들은 공통적으로 복부 팽만, 설사 등의 위장 장애와 같은 여러 가지 부작용을 야기하고 있다(Tsujimoto et al., 2008). 따라서, 당뇨병은 이들 저해제의 섭취에 의한 직접적인 억제보다 건강식품의 섭취에 의한 간접적인 억제가 여러 가지 건강상 좋으리라 판단된다.

이러한 일면에서 시판 식해 10종[가자미 식해 5종(F-1-F-5), 명태 식해 2종(AP-1, AP-2), 도루묵 식해 1종(BES), 멸치 식해 1종(A) 및 횡대 식해 1종(S)]의 당뇨병 관련 인자인 alpha-glucosidase 저해 활성에 대하여 살펴 본 결과는 Fig. 4와 같다. 시판 식해 10종의 alpha-glucosidase 저해 활성은 BES (20.0%)와 F-1 (4.0%)만이 검출되었고, 나머지 8종은 검출되지 않았다.

또한, α -glucosidase 저해 활성이 검출된 S와 F-1과 같은 시판 식해의 경우에도 그 활성이 낮아 시판 식해의 섭취에 의한 당뇨 효과를 기대하기는 어려우리라 판단되었다.

Xanthine oxidase 저해 활성

통풍은 일반적으로 퓨린 대사계에서 xanthine oxidase에 의하여 xanthine에서 생성되는 요산(uric acid)의 관절낭 축적에 기인되는 것으로 알려져 있으며, 식생활의 영향으로 통풍 발병률이 해가 갈수록 증가하고 있는 추세이다(Kostić et al., 2015). 이러한 일면에서 시판 식해 10종[가자미 식해 5종(F-1-F-5), 명태 식해 2종(AP-1, AP-2), 도루묵 식해 1종(BES), 멸치 식해 1종(A) 및 횡대 식해 1종(S)]의 요산 생성능을 가진 xanthine oxidase에 대한 저해 활성을 살펴본 결과는 Fig. 5와 같다. 시판 식해 10종의 xanthine oxidase 저해 활성은 20.1~78.8% 범위이었고, 이 중 F-1이 가장 높았고, 다음으로 F-3 (72.3%), BES (71.5%), AP-1 (70.6%), AP-2 (68.7%), F-2 (66.6%), F-4 (65.5%), F-5 (56.4%), S (56.3%)의 순이었으며, A가 가장 낮았다. 이때, F-5와 S 간, F-3과 BES 간의 xanthine oxidase 저해 활성은 유의적 차이가 인정되지 않았다($P>0.05$). 이와 같은 결과로 미루어 보아 시판 식해는 멸치 식해를 제외한다면 대체로 통풍 환자를 위한 건강식품으로 다소 의미가 있다고 판단되었다.

원료 어종별 식해의 xanthine oxidase 저해 활성은 시판 가자미 식해 5종의 경우 56.4~78.8% 범위이었고, F-1이 가장 높았고, 다음으로 F-3 (72.3%), F-2 (66.6%), F-4 (65.5%)이었으며, F-5가 가장 낮았다. 명태 식해 2종의 경우 각각 70.6% 및 68.7%이었으며, 원료 어종별 식해 간에 유의적인 차이는 없었다($P>0.05$). 한편, Choi et al. (2001)도 마른 오징어 식해의 xanthine oxidase에 대한 저해 활성은 물 분획물과 hexane 분획물에서는 나타나지 않았으나 ethyl acetate 분획물과 butanol 분획물에서는 IC_{50} 이 각각 3.5 mg/mL 및 2.2 mg/mL이었다고 보고한 바 있다.

아질산염 소거 활성

근년에 우리나라 국민들의 식생활은 해가축화, 맞벌이 주부의 대거 등장, 서구와 의 교통 편의에 의한 왕래의 편리성 등과 같은 사회적 환경과 경제적 환경의 변화로 서구화되어 햄, 소시지, 베이컨 등과 같은 축육 가공품의 섭취가 아주 일반화되어 점차 섭취량이 증가하고 있다. 한편, 축산 가공품의 제조 중에는 육색의 바람직한 색조인 선홍색의 고정과 살균 등의 목적으로 반드시 질산염과 아질산염을 첨가한다. 이들 축산 가공품의 섭취는 질산염과 아질산염의 체내 흡수가 필수적이고 여기에 육류에서 유래할 수 있는 2급 아민과 반응하는 경우 발암성분인 nitrosamine을 생성하여 발암을 야기할 수 있는 것으로 알려져 있다(Park et al., 2000). 이러한 일면에서 nitrosamine의 생성 원인 물질인 아질산염 소거 활성을 가진 건강 기능성 식품을 개발하거나 또는 이의 제거 활성이 높은 물질이 함유된 건강식품을 꾸준히 섭취하는 것도 의미가 있다고 판단된다. 이러한 일면에서

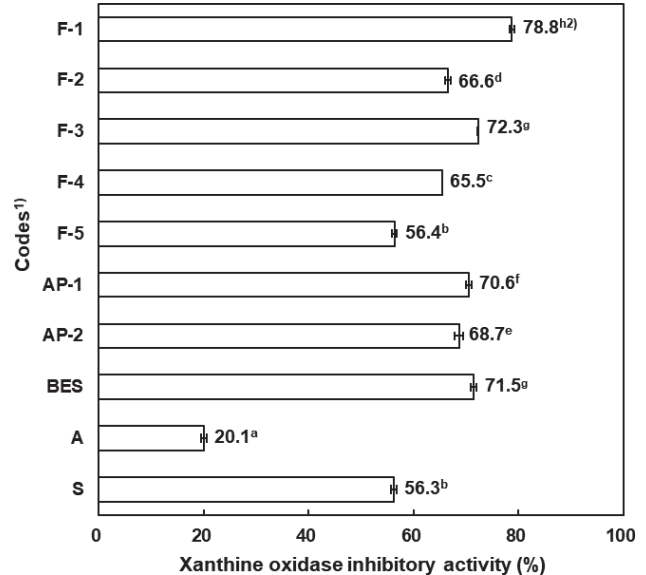


Fig. 5. Xanthine oxidase inhibitory activity of commercial *sik-haes*. ¹Codes [Flounder (F-1, F-2, F-3, F-4 and F-5), Alaska pollock (AP-1 and AP-2), Black edged sculpin (BES), Anchovy (A), and Sandfish (S)] are the same as explained in Table 1. ²Different letters on the data indicate significant differences at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

시판 식해 10종[가자미 식해 5종(F-1-F-5), 명태 식해 2종(AP-1, AP-2), 도루묵 식해 1종(BES), 멸치 식해 1종(A) 및 횡대 식해 1종(S)]의 아질산염 소거 활성을 측정할 결과는 Fig. 6과 같다. 시판 식해 10종의 아질산염 소거 활성은 17.9~82.6% 범위이었고, 이 중 F-5가 가장 높았고, 다음으로 A (80.6%), AP-1 (67.5%), S (67.3%), F-3 (62.3%), F-4 및 BES (모두 54.9%), F-2 (52.3%), F-1 (50.5%) 등의 순이었으며, AP-2가 가장 낮았다. 이때 F-4와 BES 간, AP-1과 S 간의 아질산염 소거 활성은 유의적 차이가 없었다($P>0.05$).

원료 어종별 식해의 아질산염 소거 활성은 시판 가자미 식해 5종의 경우 50.5~82.6% 범위이었고, 유의적으로 F-5가 가장 높았고, 다음으로 F-3 (62.3%), F-4 (54.9%), F-2 (52.3%)이었으며, F-1이 가장 낮았다($P<0.05$). 명태 식해 2종의 아질산염 소거 활성은 AP-1이 67.5%로, AP-2의 17.9%에 비하여 높았다($P<0.05$).

이상의 결과로 미루어 보아 시판 식해는 명태 식해 1종(AP-1)을 제외한다면 아질산염 소거 활성이 인정되었고, 따라서 아질산염에 노출이 우려되는 육가공품 등의 식품과 함께 혼식을 하는 경우 이들 아질산염 소거에 의미가 있으리라 보여진다.

항균 활성

일반적으로 젖산균이 함유된 발효 유제품의 섭취가 동물의 소화관 내에 유해 세균의 증식을 억제한다는 사실이 알려진 이래

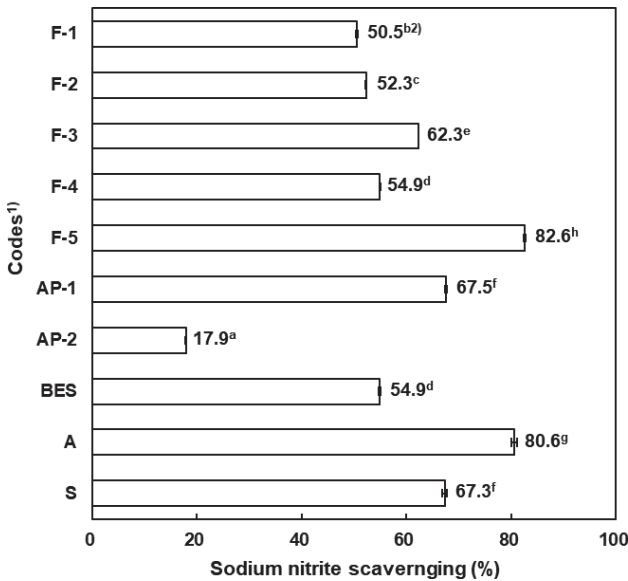


Fig. 6. Sodium nitrite scavenging of commercial *sik-haes*. ¹Codes [Flounder (F-1, F-2, F-3, F-4 and F-5), Alaska pollock (AP-1 and AP-2), Black edged sculpin (BES), Anchovy (A), and Sandfish (S)] are the same as explained in Table 1. ²Different letters on the data indicate significant differences at P<0.05 by Duncan's multiple range test.

Lactobacillus 관련 발효 식품이 건강 식품으로 부상하고 있다. 이러한 일면에서 시판 식해 10종[가자미 식해 5종(F-1-F-5), 명태 식해 2종(AP-1, AP-2), 도루묵 식해 1종(BES), 멸치 식해 1종(A) 및 횡대 식해 1종(S)]의 양성균 1종 (*Staphylococcus aureus*)과 그람 음성균 2종(*E. coli*와 *Vibrio parahaemolyticus*)에 대한 항균 활성(clear zone)을 살펴본 결과는 Table 3과 같다. 시판 식해 10종의 clear zone은 *S. aureus*에 대한 경우 가자미 식해 F-5를 제외한 9종에서 인지되었고, clear zone의 정도는 A가 9.0 mm로 가장 효과가 있었고, 다음으로 BES와 S (모두 8 mm), 나머지 가자미 식해 4종(F-1-F-4)과 명태 식해 2종 (AP-1, AP-2) (모두 7 mm)의 순이었다. *V. parahaemolyticus*에 대한 경우 시판 식해 10종 모두에서 인지되지 않았으며, *E. coli*에 대한 clear zone은 F-3, F-4와 S와 같은 3종만이 7 mm로 아주 미미한 정도에서 활성을 나타내었고, 이를 제외한 시판 식해에서는 인지되지 않았다.

이상의 시판 식해 10종의 항균 활성을 검토한 결과 그 효과는 미미하였으나, 대체로 그람 음성균인 *E. coli*와 *V. parahaemolyticus*보다는 그람 양성균인 *S. aureus*에 효과가 있었다고 판단되었다. 이와 같이 그람 양성균과 음성균 간에 항균 활성의 차이는 그람 양성균의 세포벽의 경우 peptidoglycan이 표면에 노출되어 있어 항균 물질에 영향을 받기 쉬우나, 그람 음성균의 세포벽의 경우 lipopolysaccharide를 주성분으로 하는 외투막이 peptidoglycan을 보호하고 있기 때문에 항균 물질에 영향을 받

Table 3. Antimicrobial activity of the commercia *sik-haes*

Raw fish	Codes ¹	Diameter of inhibitory zone (mm)		
		<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	<i>Escherichia coli</i>
Flounder	F-1	7.0±0.0 ^{a2}	- ³	-
	F-2	7.0±0.0 ^a	-	-
	F-3	7.0±0.0 ^a	-	7.0±0.0 ^a
	F-4	7.0±0.0 ^a	-	7.0±0.0 ^a
	F-5	-	-	-
Alaska pollock	AP-1	7.0±0.0 ^a	-	-
	AP-2	7.0±0.0 ^a	-	-
Black edged sculpin	BES	8.3±0.6 ^{bc}	-	-
Anchovy	A	9.0±0.0 ^c	-	-
Sandfish	S	7.7±0.6 ^{ab}	-	7.0±0.0 ^a

¹Codes [Flounder (F-1, -2, -3, -4 and -5), Alaska pollock (AP-1 and -2), Black edged sculpin (BES), Anchovy (A), and Sandfish (S)] are the same as explained in Table 1. ²Different superscripts in a column indicate significant differences at P<0.05 by Duncan's multiple range test. ³-, Not detected.

기 어렵기 때문이라 판단되었다(Nakamura et al., 1991).

한편 Cha et al. (2002)은 명태 식해 methanol 추출물(100 mg/100 g)을 그람 양성균 4종 (*Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *S. aureus*, *Listeria monocytogenes*), 그람 음성균 3종 (*E. coli*, *Salmonella typhimurium* 및 *Enterobacter aerogenes*) 및 곰팡이 2종(*Asperigillus flavus* 및 *Asperigillus niger*)에 대하여 항균 활성을 살펴본 결과 모든 균주에 대하여 clear zone이 8-12 mm로 나타났으나, 숙성 온도에 따라 일부 균주의 경우 전혀 인지되지 않은 것도 있었고, 그 차이도 컸다고 보고한 바 있다.

이상의 시판 식해 10종에 대한 항균 활성의 결과와 Cha et al. (2002)의 시제 명태 식해에 대한 항균 활성에 대한 보고로 미루어 보아, 시판 식해 10종에 대한 항균 활성의 경우 크게 기대하기 어려우리라 판단되었으나, *S. aureus*에 대한 경우 무시할 정도도 아니었다.

References

Blois MS. 1958. Antioxidant determination by use a stable free radical. Nature 181, 1198-1204. <https://doi.org/10.1038/1811199a0>.

Cha SH, Kim MJ, Yang HY, Jin CB, Oda TO and Kim DK. 2010. ACE, α -glucosidase and cancer cell growth inhibitory activities of extracts and fractions from marine microalgae, *Nannochloropsis oculata*. Korean J Fish Aquat Sci 43, 437-444.

- Cha YJ, Kim SJ, Jeong EJ, Kim H and Cho WJ. 2004. Microbiological and enzymatic characteristics in Alaska pollock *sikhae* during fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33, 1709-1714. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2004.33.10.1709>.
- Cha YJ, Lee CE, Jeong EK, Kim H and Lee JS. 2002. Physiological functionalities of traditional Alaska pollack *sikhae*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31, 559-565. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2002.31.4.559>.
- Chang SK. 2007. Fermentation properties and *In vitro* anticancer effect of *Kimchi* prepared with potato. *Korean J Food Cookery Sci* 23, 227-234.
- Choe YR, An YH, Heu MS and Kim JS. 2023. Nutritional characteristics of commercial *sik-hae*. *Korean J Fish Aquar Sci* 56, 151-161. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2023.0151>.
- Choi C, Lee HD, Choi HJ, Son JH, Kim S, Son GM and Cha WS. 2001. Functional and volatile flavour compounds in traditional Kyungsangdo squid *Sikhe*. *Korean J Food Sci Technol* 33, 345-352.
- Daza-Rodríguez B, Martínez AR, Padilla AM and Lázaro JM. 2023. Food-derived bioactive peptides with angiotensin-converting enzyme inhibiting effect: A systematic review. *J Pharmacol Pharmacother* 14, 14-24. <https://doi.org/10.1177/0976500X231175217>.
- Del Prato S, Bianchi C and Marchetti P. 2007. Beta-cell function and anti-diabetic pharmacotherapy. *Diabetes Metab Res Rev* 23, 518-527. <https://doi.org/10.1002/dmrr.770>.
- Gray JI and Dugan JLR. 1975. Inhibition of N-nitrosoamine formation in model food system. *J Food Sci* 40, 981-985. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1975.tb02248.x>.
- Hammond B, Kontos A and Hess ML. 1985. Oxygen radicals in the adult respiratory distress syndrome, in myocardial ischemia and reperfusion injury, and in cerebral vascular damage. *Can J Physiol Pharmacol* 63, 173-187. <https://doi.org/10.1139/y85-034>.
- Horiuchi M, Fujimura KI, Terashima T and Iso T. 1982. Method for determination of angiotensin converting enzyme activity in blood and tissue by high-performance liquid chromatography. *J Chromatogr* 233, 123-130. [https://doi.org/10.1016/S0378-4347\(00\)81738-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4347(00)81738-7).
- Jo JH, Jang HJ, Cho SM and Lee YB. 2005. Effects of ethanol and organic acids on color, fishy odor and *in vitro* absorption rate of calcium of dried large anchovy. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34, 1472-1477.
- Jung HS, Lee SH and Woo KL. 1992. Effect of salting levels on the changes of taste constituents of domestic fermented flounder *sikhae* of Hamkyeng-do. *Korea J Food Sci Technol* 24, 59-64.
- Kim JS and Kang SI. 2021. *Fisheries Processing for Hands on Workers*. Soohaksa Co., Seoul, Korea, 311-380.
- Kim KP, Rhee CH and Park HD. 2001. Isolation and characterization of cholesterol degradation bacteria from Korea traditional salt fermented flatfish. *Korean J Postharvest Sci Technol* 8, 92-101.
- Kim SI, Kim IC and Chang HC. 1999. Isolation and identification of antimicrobial agent producing microorganisms and sensitive strain from soil. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 28, 526-533.
- Kim SM, Bank OD and Lee KT. 1994b. The development of squid (*Todarodes pacificus*) *sik-hae* in Kang-nung district. 3. The effect of garlic concentrations on the properties of *sik-hae*. *Kor Fish Soc* 27, 357-365.
- Kim SM, Bank OD and Lee KT. 1994c. The development of squid (*Todarodes pacificus*) *sik-hae* in kang-nung district. 4. The effect of red pepper and grain contents on the properties of squid *sik-hae*. *Kor Fish Soc* 27, 366-372.
- Kim SM, Cho YJ and Lee KT. 1994d. The development of squid (*Todarodes pacificus*) *sik-hae* in Kang-nung district. 2. The effect of fermentation temperatures and periods on chemical and microbial changes and the partial purification of protease. *Kor Fish Soc* 27, 223-231.
- Kim SM, Jeong IH and Cho YJ. 1994a. The development of squid (*Todarodes pacificus*) *sik-hae* in Kang-nung district. 1. The effect of Fermentation temperatures and periods in Kang-nang district. *Kor Fish Soc* 27, 215-222.
- Kim YS, Oh SH and Kim SD. 2008. Effect of preparation method and fermentation conditions on microbiological characteristics of *sikhae*. *Korea J Food Preserv* 15, 909-914.
- Koo JG, Yoo JH, Park KS and Kim SY. 2009. Biochemical and microbiological changes of hard clam *shikhae* during fermentation. *Korea J Fish Aquat Sci* 42, 569-573. <https://doi.org/10.5657/kfas.2009.42.6.569>.
- Kostić DA, Dimitrijević DS, Stojanović GS, Palić IR, Yozvić AS and Ickovski JD. 2015. Xanthine oxidase: Isolation, assays of activity, and inhibition. *J Chem* 2015, 294858. <https://doi.org/10.1155/2015/294858>.
- Lee HJ and Oh SD. 2002. Properties changes of Korea tur nip dongchimi inoculated with *Leuconostoc citreum* IH22 during fermentation. *Korea J Food Nutr* 15, 70-76.
- Lee WJ and Kim SS. 1998. Preparation of *Sikhe* with brown rice. *Korean J Food Sci Technol* 30, 146-150.
- Nakamura S, Kato A and Kobayashi K. 1991. New antimicrobial characteristics of lysozyme-dextran conjugate. *J Agric Food Chem* 39, 647-650. <https://doi.org/10.1021/jf00004a003>.
- Park DC, Park JH, Gu YS, Han JH, Byun DS, Kim EM, Kim YM and Kim SB. 2000. Effect of salted-fermented fish products and their alternatives on nitrite scavenging activity of *Kimchi* during fermentation. *Korean J Food Sci Technol* 32, 942-948.
- Park SK, Jo DM, Yu DU, Khan F, Lee YB and Kim YM. 2020. Reduction of trimethylamine off-odor by lactic

- acid bacteria isolated from Korean traditional fermented food and their *in situ* application. *J Microbiol Biotechnol* 30, 1510-1515. <https://doi.org/10.4014/jmb.2005.05007>.
- Tsujimoto T, Shioyama E, Moriya K, Kawaratani H, Shirai Y, Toyohara M, Mitoro A, Yamao J, Fujii H and Fukui H. 2008. Pneumatosis cystoides intestinalis following alpha-glucosidase inhibitor treatment: A case report and review of the literature. *World J Gastroenterol* 14, 6087-6092. <https://doi.org/10.3748/wjg.14.6087>.
- Saxena PR. 1992. Interaction between the renin-angiotensin aldosterone and sympathetic nervous system. *J Cardiovasc Pharmacol* 19, S80-S88. <https://doi.org/10.1097/00005344-199219006-00013>.
- Song HJ and Park YH. 1992. Effect of lactic acid bacteria on the growth of yeast from *Mul-kimchi*. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol* 20, 219-224.
- Strip F and Corte ED. 1969. The regulation of rat liver xanthine oxidase. *J Biol Chem* 244, 3855-3863.
- Sun L, Engle C, Kumar G and Van Senten J. 2023. Retail market trends for seafood in the United States. *J World Aquac Soc* 54, 603-624. <https://doi.org/10.1111/jwas.12919>.
- Van de Laar FA, Lucassen PLBJ, Akkermans RP, Van de Lisdonk EH and De Grauw WJ. 2009. Alpha-glucosidase inhibitors for people with impaired glucose tolerance or impaired fasting blood glucose. *Cochrane Database Sys Rev* 4, 1-7. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005061.pub2>.
- Watanabe J, Kawabata J, Kurihara H and Niki R. 1997. Isolation and identification of alpha-glucosidase inhibitors from tochu-cha (*Eucommia ulmoides*). *Biosci Biotechnol Biochem* 61, 177-178. <https://doi.org/10.1271/bbb.61.177>
- Yook C, Whang YH, Pek UH and Park KW. 1990. Preparation of sikhae with starch hydrolyzing enzymes/meat mixture in teabag. *Korean J Food Sci Technol* 22, 296-299.