

변온숙성에 의한 명태(*Theragra chalcogramma*)식해의 품질유지

정은정¹ · 김훈² · 차용준*

창원대학교 식품영양학과, ¹창신대학교 식품영양학과, ²일리노이주립대학교 식품공학과

Quality of Alaska Pollack *Theragra chalcogramma* Sikhae after Fermentation for Different Times

Eun-Jeong Jeong¹, Hun Kim² and Yong-Jun Cha*

Department of Food and Nutrition, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea

¹Department of Food and Nutrition, Changshin University, Changwon 630-764, Korea

²Department of Food Science and Human Nutrition, University of Illinois, Illinois 61801, USA

We sought to extend the shelf-life of Alaska pollack *Theragra chalcogramma* sikhae while maintaining quality. We compared the chemical, microbiological, and organoleptic characteristics of sikhae prepared under four different conditions. Control fish were fermented at ambient temperature (21±2°C); other samples were stored at 5°C after fermentation at ambient temperature for 36 h (A1), 60 h (A2), and 84 h (A3). Volatile basic nitrogen and amino-nitrogen levels, and total acidity increased with fermentation time in all samples, but the pH fell, attaining a relatively lower level in the control than in other samples. Over 90% of all viable cells were lactic acid-producing bacteria; this proportion did not change significantly during fermentation. In terms of texture, only hardness was affected by fermentation. The hardness of the control fell more rapidly than did that of the other samples. In terms of sensory evaluation (the acceptance test and quantitative descriptive analysis [QDA]), A2 was superior to other samples after fermentation for different times; A2 maintained limited salability (6 points on the relevant index) for up to 17 days of storage.

Key words: Alaska pollack, *Theragra chalcogramma*, Sikhae, Quality control, Fermentation

서 론

식해법은 우리나라 동해안에서 남해안 동부지역에 이르기까지 성행한 전통수산물효 방법 중의 하나이며, 염해법과는 달리 부원료로 첨가된 찐 곡류나 맥아가루 등에 의한 유기산 발효로 인하여 pH가 낮게 유지되기 때문에 10% 정도 이하의 식염농도로서 어느 정도 저장성을 지닌 발효제품으로 애용되어 왔다 (Woo et al., 1992). 특히 강원도지역에서는 가자미, 오징어 및 명태를 원료로 한 식해가 전통적 지역특화제품으로 소개되고 있어, 저식염 발효제품을 선호하는 현대인의 추세에 적합한 방법이라 생각된다.

식해의 주원료인 생선류는 숙성과정을 통하여 뼈가 연화되어 섭취할 수 있으므로 칼슘 및 단백질의 우수한 공급원이 되고, 부원료로 첨가된 마늘, 생강, 고춧가루 등은 그 생리적 기능성이

예측되므로(Cha et al., 2002b), 기호성 및 영양학적인 측면이나 시장성 측면에서도 유리하여 산업화가 기대되는 전통 수산물효 식품이라고 생각된다. 다만 기존 염해법에 의한 젓갈류에 비해 숙성기간 및 제품의 품질유지 기간이 짧은 문제점 때문에, 최적 숙성 후에 식해 특유의 향미 보존과 품질 균일화를 위한 제조공정의 표준화가 필수적인 연구과제라 생각된다.

최근에는 현대적 감각에 맞도록 전통 식해류의 품질개선에 관한 연구가 많이 시도되었다. 즉, 전통 명태식해 숙성중의 미생물 및 효소화학적 특성에 대한 연구(Cha et al., 2004b), 전통 명태식해 숙성과정에서의 정미성분, 휘발성 성분 및 생리적 기능성분에 대한 연구(Cha et al., 2004c; Cha et al., 2002a; Cha et al., 2004a)와 오징어 식해 숙성중의 이화학적 변화 및 품질개선에 대한 연구(Lee et al., 1996; Park, 2012; Cho and Kim, 2012a) 등이 보고되었다. 또한 최근에는 가자미(Han et al., 2013; Han

<http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2015.0293>



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.

Korean J Fish Aquat Sci 48(3) 293-300, June 2015

Received 8 May 2015; Revised 27 May 2015; Accepted 28 May 2015

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 213. 3513 Fax: +82. 55. 281.7480

E-mail address: yjcha@changwon.ac.kr

et al., 2015), 대구횃대(Cho and Kim, 2012b) 및 명게(Kim et al., 2013) 등을 이용한 다양한 전통적 식해제조의 복원 및 개발이 보고되었으며, 유통기한을 개선하려는 연구(Park, 2012; Cho and Kim, 2012a) 및 제품 제조의 표준화(Han et al., 2015)에 대한 시도도 보고되었다. 이러한 식해류의 연구결과를 통하여 소개된 제조 레시피는 주원료인 어류에 부원료로서 멍쌀과 메주가 혼합된 곡류밥, 맥아가루, 고춧가루, 마늘 및 생강 등이 필수적 첨가되며, 이들 첨가는 제품의 풍미 및 기능성에 주로 관여하는 것으로 보고되고 있다. 대신 숙성온도조건이 식염농도와 함께 식해류의 품질유지에 크게 기여하는 것으로 보고되었다.

따라서 본 연구에서는 명태식해 제조과정 중 저온숙성이 품질유지에 미치는 효과를 확인하고자 숙성중의 이화학적 특성, 미생물학적 특성 및 제품의 조직학적 특성과 관능적 요소를 시료 상호간에 비교 분석하였으며, 제품의 품질유지의 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

동결된 명태(*Theragra chalcogramma*)를 마산어시장에서 구입하였으며, 무, 멍쌀, 메주, 고춧가루, 엿기름(자굴산식품), 마늘, 생강, 천일염(산내들) 등은 창원시 농산물도매시장에서 구입하여 실험에 사용하였다.

식해의 제조

명태식해의 제조는 전보(Cha et al., 2002b)와 같은 방법으로 제조하였다. 즉, 1 cm폭으로 썰어 식염 7% (w/w)로 마른간을 하고 5°C에서 12시간 저장하여 물기를 뺀 명태(47.4%, w/w)와 일정크기(0.5 cm width × 0.5 high × 3.0 cm length)로 썬 무채(19.0%, w/w)에 곡류밥(19%, w/w, 멍쌀과 메주를 1:1 섞음), 고춧가루(7.0%, w/w), 엿기름(3.8%, w/w), 다진 마늘(2.4%, w/w), 및 다진 생강(1.4%, w/w)을 버무려 제조하였다. 제조된 식해는 1.5 kg 단위로 유리병(2 L 용량)에 눌러 담아 밀봉한 후, 4가지 조건으로 숙성시켰다. 즉, 21 ± 2°C 상온에서 숙성시킨 대조구 C와 C조건에서 각각 36시간, 60시간 및 84시간 숙성시킨 다음 다시 5 ± 0.5°C에서 저온숙성시킨 것을 제품 A1, A2 및 A3로 하였다.

일반성분, pH, 총산, 염도, 아미노질소 및 휘발성염기질소

명태식해의 일반성분은 AOAC (1980)법에 따라 분석하였다. 다음으로 시료 10 g을 취하여 증류수 50 mL를 넣고 막자사발에서 10분간 균질화한 다음 100 mL로 정용 및 원심분리(2,000 g)하여 얻어진 상등액을 취하여 pH는 pH meter (pH/ion meter DP-880, Dongwoo Medical System, Korea)로 측정하였고, 총산은 0.1 N NaOH로 pH 8.3까지 적정한 양을 젓

산량(mg%)으로 환산하였고, 염도는 염도계(TM-30D, Takemura Electric Works, Ltd., Japan)로, 아미노질소는 Formol법(KSFSN, 2000)으로, 휘발성염기질소는 Conway unit를 이용한 미량화산법(Ministry of Social Welfare of Japan, 1960)으로 측정하였다.

총균수 및 젖산균의 측정

식해 20 g을 무균적으로 취하여 180 mL의 0.1% peptone수에 넣고 90초간 homogenizing (Waring blender Co., Winsted, CT, USA)하여 10진희석법으로 희석한 다음, plate count agar (Difco Co., Detroit, MI, USA)와 MRS agar (Difco Co., Detroit, MI, USA)에 0.1 mL씩 conradi stick으로 도말하여 30°C에서 48시간 배양하여 형성된 집락을 계수(CFU/g)하여 각각 총균수 및 젖산균으로 하였다.

조직감의 측정

숙성온도 차에 의한 실험오차를 줄이기 위해 식해의 시료(1.0 cm width × 1.0 cm height × 1.0 cm length)는 실험 전 5 ± 0.5°C에서 3시간동안 방치한 다음 실험을 하였다. Bourne (1968)과 Breene (1975)의 방법에 따라 경도(hardness, g), 부착성(adhesiveness, gs), 응집성(cohesiveness) 및 씹힘성(chewiness)을 Texture analyzer (Model TA-XT2, Stable Micro Systems, England)를 사용하여 3회 반복 측정하였다. 실험조건은 직경 5 mm의 probe를, test speed 2.0 mm/s, pre test speed 2.0 mm/s, post test speed 1.0 mm/s, 변형율 50%, force 10 g으로 하였다.

관능검사 및 통계처리

숙성 중 명태식해의 색깔, 맛, 냄새 및 종합적 기호도에 대해 잘 훈련된 9명의 패널을 구성하여 9점 기호척도법(매우 나쁘다, 1점; 매우 좋다, 9점)을 사용하였고, 동시에 냄새 및 맛에 대한 묘사분석(quantitative descriptive analysis, QDA)을 실시하였다. 예비실험 및 식해의 설문조사를 통하여 냄새관련 항목으로는 신냄새(acidic odor), 비린내(fishy odor), 군내(musty odor)를, 맛 관련 항목으로 신맛(sour taste), 감칠맛(umami taste), 떫은맛(astringent taste)을 10점 척도법(0: 감지할 수 없다, 9: 강하게 감지한다)으로 나타내었다.

모든 실험결과는 SPSS (Statistical Package, SPSS Inc. Chicago, IL, USA)를 이용하여 분석하였다. 분산분석(ANOVA)과 Pearson's 상관분석을 이용하여 Duncan의 다중위검증으로 최소 유의차 검증(5%의 유의수준)을 실시하였으며, 데이터는 평균값과 표준편차로 나타내었다(Steel and Torrie, 1980).

결과 및 고찰

명태식해의 일반성분 및 염도

명태식해를 제조한 후의 일반성분 및 염도를 측정된 결과는 Table 1과 같다. 수분함량은 70.24%였으며, 조단백질은

Table 1. Proximate composition of Alaska pollack *Theragra chalcogramma sikhiae* before fermentation (g/100 g)

Moisture	Crude protein	Total sugar	Crude ash	Salinity
70.24±0.04 ¹	7.14±0.05	11.24±0.05	3.06±0.01	3.80±0.04

¹Mean value±SD (n=3).

7.14%, 총당은 11.24%, 조회분은 3.06%이었다. 그리고 염도는 3.80%로써, 이전에 보고된 명태식해(Cha et al., 2004c) 숙성과정에서의 변화량과 비교하여 볼 적에 비슷한 결과를 보였다.

명태식해 숙성 중 휘발성염기질소, 아미노질소, pH 및 총산의 변화

숙성조건별에 따른 휘발성염기질소(volatile basic nitrogen, VBN), 아미노질소, pH 및 총산의 변화는 Fig. 1에 나타내었다. VBN의 경우 대조구 C에서는 제조 후에 27.83 mg/100 g에서 숙성 10일경에 70.23 mg/100 g까지 급격히 증가하다가 그 후로 69.75-73.70 mg/100 g의 범위였으나, 제품 A1, A2 및 A3는 숙성 17일경에 각각 43.45, 47.02 및 51.11 mg/100 g를 나타내었고, 그 후로도 비슷한 완만한 증가를 나타내어 5°C의 저장효과가 있었다(Fig. 1A). 아미노질소의 경우 명태식해 제조

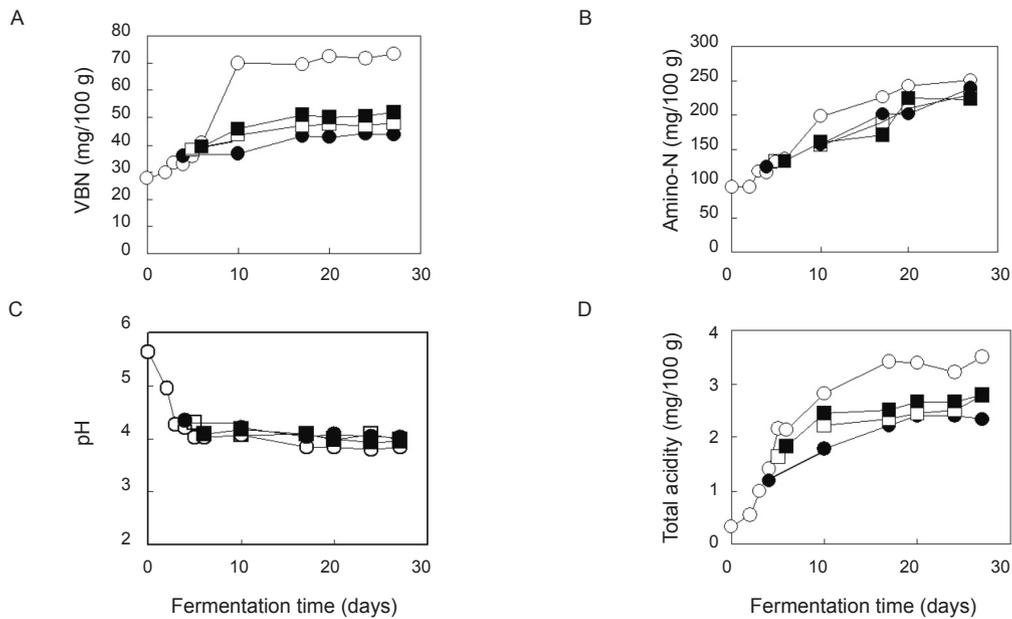


Fig. 1. Change of VBN (A), amino-N (B), pH (C) and total acidity (D) in Alaska pollack *Theragra chalcogramma sikhiae* during fermentation. C (○—○), Stored at ambient temperature (21±2°C); A1 (●—●), Stored at 5°C after 36 h fermentation at 21±2°C; A2 (□—□), Stored at 5°C after 60 h fermentation at 21±2°C; A3 (■—■), Stored at 5°C after 84 h fermentation at 21±2°C.

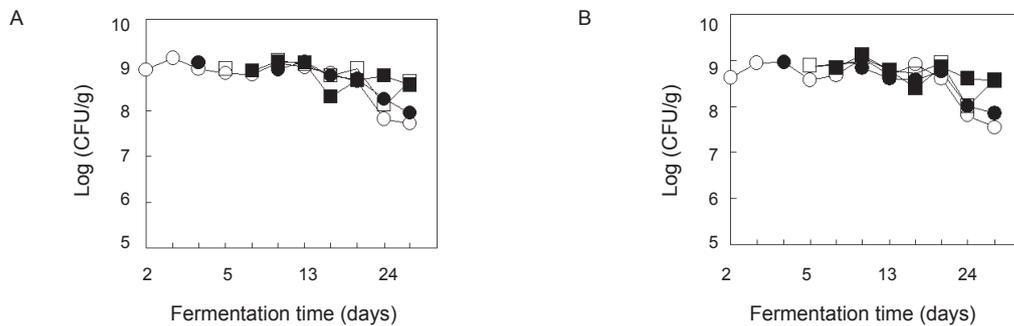


Fig. 2. Change of total viable cell count (A) and lactic acid bacteria (B) in Alaska pollack *Theragra chalcogramma sikhiae* during fermentation. C (○—○), Stored at ambient temperature (21±2°C); A1 (●—●), Stored at 5°C after 36 h fermentation at 21±2°C; A2 (□—□), Stored at 5°C after 60 h fermentation at 21±2°C; A3 (■—■), Stored at 5°C after 84 h fermentation at 21±2°C.

직후 대조구 C는 95.26 mg/100 g에서 숙성 27일경에 250.19 mg/100 g로 증가하였고, 제품 A1, A2 및 A3의 경우도 각각 240.00, 229.94 및 223.22 mg/100 g로 증가하여, 5°C에 저장하

여도 계속해서 발효가 진행됨을 알 수 있었는데(Fig. 1B), 이러한 경향은 명태식해(Cha et al., 2004c) 및 오징어식해(Kim et al., 1994)에서 보고되었다.

Table 2. Changes in texture profiles for Alaska pollack *Theragra chalcogramma* sikhae during fermentation

Sample codes	Fermentation time (days)	Hardness (g)	Adhesiveness (gs)	Cohesiveness	Chewiness
C ¹	0	49.91±1.30 ^{abc}	1.57±0.41	0.56±0.02 ^{cd}	26.03±1.76 ^{cd}
	2	45.92±6.19 ^{abc}	2.02±0.13	0.45±0.03 ^{ab}	15.83±1.73 ^{abc}
	3	53.55±3.04 ^{bc}	1.24±0.76	0.53±0.05 ^{bcd}	24.78±5.43 ^{bcd}
	4	89.12±8.90 ^d	2.74±1.87	0.57±0.03 ^d	43.28±8.27 ^e
	5	79.18±1.44 ^d	2.26±1.08	0.52±0.02 ^{bcd}	32.82±3.18 ^d
	6	85.51±10.07 ^d	2.25±1.45	0.47±0.02 ^{abc}	32.76±5.02 ^d
	9	55.50±7.94 ^c	5.56±3.83	0.44±0.05 ^{ab}	17.61±4.30 ^{abc}
	13	53.31±2.24 ^{bc}	2.86±3.35	0.44±0.05 ^{ab}	19.12±5.12 ^{abc}
	17	56.91±4.62 ^c	6.54±9.13	0.39±0.07 ^a	14.55±5.58 ^{ab}
	20	47.50±5.39 ^{abc}	1.42±0.59	0.39±0.03 ^a	11.95±1.18 ^a
	24	42.30±2.70 ^{ab}	2.03±0.99	0.52±0.08 ^{bcd}	19.64±7.19 ^{abc}
	27	39.11±6.94 ^a	3.14±1.19	0.38±0.06 ^a	10.08±3.75 ^a
	A1 ²	0	49.91±1.30 ^a	1.57±0.41 ^{ab}	0.56±0.02 ^{cd}
4		78.59±13.01 ^c	1.33±0.79 ^a	0.60±0.06 ^d	42.96±11.58 ^b
9		78.21±4.45 ^c	2.63±0.19 ^{ab}	0.51±0.01 ^{bcd}	32.44±4.55 ^{ab}
13		72.43±10.21 ^{bc}	2.16±0.54 ^{ab}	0.49±0.03 ^{abcd}	24.61±1.51 ^a
17		67.59±4.19 ^{bc}	1.96±1.95 ^{ab}	0.37±0.13 ^a	16.87±13.27 ^a
20		78.44±5.03 ^c	15.17±1.07 ^d	0.43±0.02 ^{ab}	23.47±1.20 ^a
24		61.78±6.69 ^{ab}	8.57±3.14 ^c	0.50±0.04 ^{bcd}	26.96±6.55 ^a
A2 ²	0	49.91±1.30 ^a	1.57±0.41 ^a	0.56±0.02 ^b	26.03±1.76 ^{ab}
	5	73.76±2.72 ^{bc}	0.14±0.83 ^a	0.43±0.07 ^a	22.70±6.94 ^a
	9	81.47±16.93 ^c	9.69±4.84 ^b	0.52±0.02 ^{ab}	36.84±6.86 ^b
	13	60.96±2.36 ^{ab}	2.84±0.25 ^a	0.47±0.08 ^{ab}	24.60±7.54 ^{ab}
	17	69.97(±7.36 ^{bc}	2.44±1.56 ^a	0.46±0.07 ^{ab}	23.65±7.54 ^{ab}
	20	65.53(±0.84 ^{abc}	9.56±1.37 ^b	0.52±0.03 ^{ab}	30.27±3.74 ^{ab}
	24	74.96±5.09 ^{bc}	15.39±1.92 ^c	0.44±0.02 ^a	22.70±4.68 ^a
	27	63.09±8.37 ^{ab}	2.49±1.08 ^a	0.42±0.10 ^a	20.05±10.80 ^a
A3 ²	0	49.91±1.30 ^a	1.57±0.41 ^a	0.56±0.02 ^c	26.03±1.76 ^{ab}
	6	78.02±1.75 ^{bc}	1.49±0.06 ^a	0.42±0.07 ^{ab}	21.33±6.16 ^{ab}
	9	81.89±13.76 ^d	7.39±6.02 ^{ab}	0.35±0.07 ^a	21.88±10.07 ^{ab}
	13	68.82±2.77 ^{bc}	1.88±0.78 ^a	0.41±0.04 ^{ab}	22.23±5.19 ^{ab}
	17	78.41±3.24 ^{bc}	10.21±2.82 ^b	0.48±0.03 ^{bc}	32.30±4.96 ^b
	20	77.35±4.48 ^{cd}	10.17±7.33 ^b	0.41±0.01 ^{ab}	20.22±1.98 ^a
	24	68.05±2.47 ^{bc}	14.41±1.38 ^b	0.44±0.05 ^{ab}	21.25±7.11 ^{ab}
27	58.65±2.40 ^{ab}	11.53±4.76 ^b	0.40±0.06 ^{ab}	16.32±5.45 ^a	

¹C: Stored at ambient temperature (21±2°C).

²A1, Stored at 5°C after 36 h fermentation at 21±2°C; A2, Stored at 5°C after 60 h fermentation at 21±2°C; A3, Stored at 5°C after 84 h fermentation at 21±2°C. ^{a-c}Means in each column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

pH의 경우는 제품C에서 제조 후 5.63에서 숙성 5일경에 4.02로 급격히 떨어지다가, 그 후 27일경에 3.79까지 완만하게 감소하였다(Fig. 1C). 제품 A1는 숙성 17일경에 4.05, A2는 9일경에 4.07, A3는 6일경에 4.08를 나타내어, 상온에서 숙성시킨 제품 C에 비해 변온숙성시킨 제품A1-A3의 경우 pH 변화폭이 적었다. 그러나 총산의 경우 숙성기간과 함께 증가하여 pH와 역상관계를 나타내었다(Fig. 1D). 제품C는 초기 0.33%에서 숙성 27일경에 3.49%까지 증가하였고, 제품A1, A2 및 A3는 각각 2.39, 2.77 및 2.79%까지 대조구 C에 비해 증가폭이 작았다. 이러한 결과는 상온에 비해 저온에서 젖산균 및 그 효소의 활성억제에 영향을 미친 것으로 사료된다.

명태식해 숙성중 총균수 및 젖산균의 변화

숙성중의 총균수 및 젖산균의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 총

균수는 숙성후 증가하여 대조구C와 제품A1 경우 각각 숙성 3일, 13일경에 1.40×10^9 CFU/g와 1.14×10^9 CFU/g에 도달한 다음 그 후로는 점차 감소하는 경향을 나타내었으며(Fig. 2A), 제품A2, A3의 경우는 숙성 9일경에 각각 1.23×10^9 CFU/g와 1.19×10^9 CFU/g로 최고치에 이른 후에 서서히 감소하였다. 이러한 경향을 상온 및 저온(5°C)에서의 숙성시킨 명태식해(Cha et al., 2004b)의 총균수 함량과 비교해보면, 변온저장(상온에서 단시간 숙성후 저온에서 숙성시키는 방법)의 효과가 온도를 고정하여 숙성시키는 식해보다 저장성과 품질유지 면에서 보다 우수할 것으로 사료되었다. 숙성중의 젖산균의 변화에서는 대조구 C와 제품A1은 각각 숙성 9일, 4일경에 1.12×10^9 CFU/g와 1.10×10^9 CFU/g에 이른 후로는 전반적으로 감소하는 경향이었고, 제품A2와 A3는 숙성 9일경에 각각 1.15×10^9 CFU/g와 1.31×10^9 CFU/g의 최고치에 이른 후 감소하여, 총균수

Table 3. The results of sensory evaluation of Alaska pollack *Theragra chalcogramma sikhae* during fermentation

Fermentation time (days)	Overall acceptance				Odor			
	C ¹	A1 ²	A2 ²	A3 ²	C	A1	A2	A3
2	6.30±0.47 ^g				6.70±0.47 ^f			
3	6.38±0.50 ^g				6.67±1.15 ^f			
4	6.52±0.51 ^g	6.71±0.46 ^e			6.24±0.54 ^e	6.38±0.50 ^b		
5	6.84±0.37 ^h		6.89±0.32 ^d		6.26±0.56 ^e		6.79±0.42 ^d	
6	6.16±0.37 ^f			6.79±0.42 ^c	5.32±0.48 ^d			7.21±0.42 ^d
9	5.52±0.51 ^e	6.90±0.30 ^{ef}	6.86±0.36 ^d	6.81±0.40 ^c	5.29±0.46 ^d	6.24±0.54 ^b	6.71±0.46 ^d	7.00±0.00 ^d
13	4.48±0.51 ^d	7.10±0.30 ^f	7.29±0.46 ^e	6.76±0.54 ^c	5.24±0.44 ^d	6.71±0.46 ^c	6.76±0.44 ^d	7.14±0.36 ^d
17	4.21±0.42 ^d	5.26±0.45 ^d	6.95±0.23 ^d	4.74±0.45 ^b	5.00±0.00 ^d	6.21±0.54 ^b	6.63±0.50 ^d	5.68±0.48 ^c
20	3.29±0.46 ^c	4.67±0.48 ^c	5.21±0.41 ^c	4.50±0.51 ^{ab}	4.50±0.51 ^c	6.38±0.49 ^b	6.08±0.38 ^c	4.33±0.48 ^b
24	2.47±0.51 ^b	4.37±0.50 ^b	4.58±0.51 ^b	4.58±0.51 ^{ab}	3.53±0.51 ^b	5.37±0.50 ^a	3.95±0.23 ^b	4.32±0.48 ^b
27	2.13±0.34 ^a	4.08±0.28 ^a	4.29±0.46 ^a	4.42±0.50 ^a	2.38±0.49 ^a	5.33±0.48 ^a	3.92±0.28 ^a	3.71±0.46 ^a

Fermentation time (days)	Taste				Texture			
	C	A1	A2	A3	C	A1	A2	A3
2	6.35±0.49 ^g				6.35±0.49 ^g			
3	6.43±1.29 ^g				6.33±0.48 ^g			
4	6.62±0.50 ^{gh}	6.76±0.44 ^d			6.38±0.50 ^g	6.67±0.48 ^d		
5	6.95±0.23 ^h		6.84±0.50 ^d		6.32±0.48 ^g		6.84±0.37 ^d	
6	6.68±0.48 ^{gh}			7.32±0.48 ^c	6.26±0.45 ^g			6.74±0.45 ^e
9	5.71±0.46 ^f	7.10±0.30 ^e	6.81±0.40 ^d	6.57±0.51 ^b	5.57±0.51 ^f	6.76±0.44 ^d	6.71±0.46 ^d	6.52±0.51 ^{de}
13	4.43±0.51 ^e	7.24±0.44 ^e	7.33±0.48 ^e	6.48±0.60 ^b	5.19±0.40 ^e	6.71±0.46 ^d	7.24±0.44 ^e	6.43±0.51 ^d
17	3.68±0.48 ^d	5.05±0.23 ^c	6.42±0.51 ^c	4.58±0.51 ^a	4.53±0.51 ^d	5.58±0.51 ^c	6.79±0.42 ^d	5.68±0.48 ^c
20	3.17±0.38 ^c	4.54±0.51 ^b	4.88±0.34 ^b	4.42±0.50 ^a	4.04±0.36 ^c	5.54±0.51 ^c	5.67±0.48 ^c	5.50±0.51 ^c
24	2.00±0.00 ^b	4.32±0.48 ^{ab}	4.53±0.51 ^a	4.32±0.48 ^a	3.21±0.42 ^b	5.21±0.42 ^b	5.32±0.48 ^b	4.68±0.48 ^b
27	1.13±0.34 ^a	4.21±0.41 ^a	4.46±0.51 ^a	4.25±0.74 ^a	2.54±0.59 ^a	4.58±0.50 ^a	4.17±0.48 ^a	3.04±0.20 ^a

¹C: Stored at 21±2°C.

²A1, Stored at 5°C after 36 h fermentation at 21±2°C; A2, Stored at 5°C after 60 h fermentation at 21±2°C; A3, Stored at 5°C after 84 h fermentation at 21±2°C. ^{a-h}Means in each column with different superscripts are significantly different (P<0.05).

Table 4. Quantitative descriptive analysis of odor in Alaska pollack *Theragra chalcogramma* sikhae during fermentation

Fermentation time (days)	Acidic odor						Odor intensity								
	A1 ²			A2 ²			A1			A2			A3		
	C ¹	A1 ²	A2 ²	A3 ²	C	A1	A2	A3	C	A1	A2	A3			
2	5.23±0.44 ^a				3.92±0.95 ^d				0.00±0.00 ^a						
3	6.08±0.29 ^b				2.33±0.49 ^c				0.00±0.00 ^a						
4	6.36±0.50 ^b	6.27±0.79 ^a			2.36±0.67 ^c	1.64±0.50 ^c			0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a					
5	6.40±0.70 ^b		6.30±0.48 ^a		0.70±0.82 ^b	1.70±0.48 ^b			0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a					
6	6.36±0.81 ^b		6.60±1.43 ^a		0.45±0.52 ^b	0.80±0.42 ^b			4.00±0.00 ^b			0.00±0.00 ^a			
9	6.50±0.53 ^b	6.60±0.52 ^{ab}	6.40±0.84 ^a	7.30±0.67 ^{bc}	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	5.38±0.74 ^c	3.20±0.42 ^b	0.00±0.00 ^a	3.50±0.53 ^b			
13	6.56±0.53 ^b	6.63±0.52 ^{ab}	6.75±0.71 ^{ab}	7.50±0.53 ^{bd}	0.00±0.00 ^a	0.88±0.35 ^b	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	5.44±0.73 ^c	3.63±0.52 ^{bc}	1.25±0.46 ^b	3.75±0.46 ^b			
17	7.90±0.32 ^c	6.75±0.75 ^{abc}	7.08±0.29 ^{bc}	7.58±0.51 ^{bd}	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	5.70±0.48 ^c	3.75±0.45 ^{bc}	2.83±0.39 ^c	5.33±0.49 ^d			
20	9.00±0.00 ^d	7.00±0.00 ^{bd}	7.25±0.45 ^{bc}	7.92±0.29 ^{cd}	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	5.83±0.83 ^c	3.83±0.94 ^c	3.08±0.29 ^c	6.08±0.67 ^e			
24	9.00±0.00 ^d	7.17±0.39 ^{cd}	7.33±0.65 ^{cd}	7.25±0.45 ^b	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	6.33±1.07 ^d	3.92±1.00 ^c	6.08±0.29 ^c	4.67±0.78 ^c			
27	9.00±0.00 ^d	7.30±0.48 ^d	7.67±0.49 ^d	8.00±0.00 ^d	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	7.50±0.53 ^e	5.50±0.53 ^d	4.67±0.78 ^d	4.50±0.52 ^c			

¹C: Stored at 21±2 °C.²A1, Stored at 5 °C after 36 h fermentation at 21±2 °C; A2, Stored at 5 °C after 60 h fermentation at 21±2 °C; A3, Stored at 5 °C after 84 h fermentation at 21±2 °C. ^{a-f}Means in each column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).Table 5. Quantitative descriptive analysis of taste in Alaska pollack *Theragra chalcogramma* sikhae during fermentation

Fermentation time (days)	Sour taste			Taste intensity			Astringent taste				
	A1 ²			A2			A3				
	C ¹	A1 ²	A2 ²	C	A1	A2	A3	C	A1	A2	A3
2	4.38±0.79 ^a			3.62±0.51 ^a				6.15±0.69 ^d			
3	5.83±0.58 ^b			4.92±0.29 ^b				4.42±0.51 ^c			
4	6.18±0.60 ^b	5.91±0.70 ^a		4.82±0.40 ^b	5.09±0.70 ^a			4.36±0.50 ^c	4.18±0.40 ^d		
5	7.20±0.63 ^c		6.90±0.88 ^a	5.70±0.82 ^c		5.80±1.14		4.30±0.48 ^c		4.20±0.42 ^e	
6	7.00±0.63 ^c		6.90±0.57 ^a	5.73±0.90 ^c		5.30±0.67 ^a		3.55±0.52 ^b			2.80±0.42 ^d
9	7.88±0.64 ^d	5.90±0.74 ^a	6.90±0.57 ^a	5.88±0.35 ^c	6.40±0.52 ^b	5.60±0.97	5.40±0.84 ^{ab}	3.38±0.52 ^b	3.20±0.42 ^c	2.90±0.74 ^d	2.70±0.67 ^d
13	8.22±0.44 ^d	6.25±1.39 ^b	7.00±0.00 ^{ab}	5.89±0.93 ^c	6.50±0.53 ^b	5.75±0.89	5.43±0.49 ^{ab}	3.33±0.50 ^b	3.25±0.46 ^c	2.75±0.89 ^{cd}	2.63±0.74 ^d
17	8.90±0.32 ^e	7.08±0.29 ^c	7.00±0.85 ^{ab}	5.70±1.06 ^c	5.25±0.62 ^a	5.58±0.79	5.75±1.14 ^{abc}	3.20±0.42 ^b	3.33±0.49 ^c	2.58±0.67 ^{cd}	2.42±0.67 ^d
20	9.00±0.00 ^e	7.17±0.72 ^c	7.42±0.51 ^{ab}	5.33±0.78 ^{bc}	5.08±0.51 ^a	5.83±1.03	5.92±0.29 ^{abc}	3.25±0.45 ^b	2.83±0.39 ^c	2.33±0.49 ^c	1.75±0.62 ^c
24	9.00±0.00 ^e	7.33±0.49 ^c	7.50±0.52 ^b	5.33±0.78 ^{bc}	5.08±0.51 ^a	6.00±0.74	6.08±0.79 ^{bc}	3.17±0.39 ^b	1.33±0.49 ^b	0.92±0.51 ^b	0.83±0.39 ^b
27	9.00±0.00 ^e	7.50±0.53 ^c	8.08±0.29 ^c	5.30±0.67 ^{bc}	5.20±0.92 ^a	6.42±0.51	6.33±0.49 ^c	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a

¹C: Stored at 21±2 °C.²A1, Stored at 5 °C after 36 h fermentation at 21±2 °C; A2, Stored at 5 °C after 60 h fermentation at 21±2 °C; A3, Stored at 5 °C after 84 h fermentation at 21±2 °C. ^{a-f}Means in each column with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

와 동일한 생육곡선을 보였고(Fig. 2-B), 총균수의 90% 이상으로 명태식해 숙성의 지배적인 균총임을 알 수 있었다. Fuller (1989)는 통성혐기성 젖산생성균은 육상동물의 장내에서 유의한 probiotic 효능을 가진다고 보고하였는데, 이러한 젖산 수산 발효식품인 식해의 지속적 섭취는 인체의 건강에 유익할 것으로 사료되었다.

명태식해 숙성중 조직감의 변화

명태식해 숙성중의 조직감의 변화를 Table 2에 나타내었다. 경도(hardness)의 경우 대조구 C 제품 A1은 제조 후부터 서서히 증가하여 숙성 4일경에 각각 89.12, 78.59 g으로 최고값을 나타내었고, 제품 A2, A3는 숙성 9일경에 81.47, 81.89 g으로 최고값을 나타낸 다음 그 후로는 감소하는 경향을 보였다($P < 0.05$). 특히 제품 C의 경도의 저하가 변온숙성 시킨 제품 A1-A3에 비해 급격하였다. 이러한 결과는 가자미식해(Lee, 1993)의 숙성중 초기에는 서서히 증가하여 최대에 도달한 다음 급격히 감소하는 경도변화 값과 매우 일치하였으며, 숙성중에 생성된 과잉의 산도함량(Fig. 1D)과 매우 상관성이 있는 것으로 사료되었다(Kim et al., 2004). 부착성(adhesiveness)은 대조구 C를 제외한 변온숙성시킨 제품(A1-A3)에서는 모두 유의하게 변화하였다($P < 0.05$). 즉, 제품 A1, A2 및 A3는 각각 숙성 20, 24 및 24 일경에 최대치에 이른 후에 감소하였고, A3의 경우 숙성 17일 이후부터 유의적인 차이가 나타나지 않는 일정한 값을 유지하였다. 응집성(cohesiveness) 및 씹힘성(chewiness)의 경우 모든 제품에서 유의적인 차이가 있었지만, 특이적인 경향은 없었다. 조직감은 총산함량과 매우 높은 상관성이 있었으며, 산도 2.1-2.4 g%의 범위에서 조직감(hardness)이 가장 좋았다.

명태식해의 관능적 특성

명태식해 숙성중의 기호도 검사결과를 Table 3에 나타내었다. 종합적 기호도(overall acceptance)의 경우, 대조구 C는 숙성 5일경에 6.84, 제품 A1 및 A2는 숙성 13일경에 각각 7.10 및 7.29, 제품 A3는 숙성 9일경에 6.81로 최고 값을 나타내었다. 만일 상업적 품질유지점(limit salability)을 6.0점으로 고려한다면 제품 C는 숙성 6일까지, 제품 A1은 숙성 13일까지, A2는 숙성 17일, A3는 13일까지가 한계점으로 고려되었다. 냄새(odor)의 경

우 6.0점 이상이 유지되는 경우는 제품 C에서 숙성 5일간, A1, A2에서는 숙성 20일간, A3에서는 13일로 나타났으며, 숙성 17일부터는 제품 A1, A2를 제외하고는 급격하게 감소하였다. 맛(taste)이 가장 높은 값을 나타낸 경우를 보면 제품 C는 6.95 (숙성 5일), A1은 7.24 (숙성 13일), A2는 7.33 (숙성 13일), A3는 7.32 (숙성 6일)로 나타났다. 숙성중의 조직감(texture)의 경우도 맛과 비슷한 경향을 나타내었다. 이러한 종합적 관능결과 값으로부터 제품 A2가 가장 우수한 것으로 나타났다. 즉 상온에서 60시간 숙성시킨 다음, 5°C에서 다시 변온숙성시키는 방법이 명태식해의 shelf-life를 연장시키는데 매우 효율적이라는 것을 알 수 있었다.

다음으로 냄새 및 맛에 대한 묘사분석(quantitative descriptive analysis, QDA)에 대한 결과를 각각 Table 4 및 5에 나타내었다. 신맛(acidic odor)에서는 4제품 모두 숙성 중 증가하였으며(Table 4), 비린내(fish odor)는 대조구 C에서는 숙성 2일부터 서서히 감소되기 시작하였으며, 숙성 9일 이후에는 모든 제품에서 탐지되지 않았다. 이는 유기산을 처리한 조개젓(Lee and Lee, 1982)에서의 비린내제거효과와 비교해보면, 명태식해 숙성중에 생성된 불휘발성 유기산의 효과도 기여했으리라 사료된다(자료 미제시). 군내(musty odor)의 경우는 대조구 C는 숙성 6일부터 발효와 함께 계속해서 증가하였으며, A3의 경우는 숙성 17일 이후부터, A2 및 A1은 숙성 24일 및 27일부터 냄새가 5.0 이상으로 감지되어, 상온에서 숙성시킨 시간과 비례하여 품질이 떨어졌다. 맛의 QDA 값(Table 5)에서 신맛(sour taste)은 숙성기간과 함께 증가한 반면에, 떫은맛(astringent taste)은 오히려 점차 감소하였다.

감칠맛(umami taste)은 대조구 C에서는 숙성 5일 이후에 5.30-5.89의 범위를 나타내었고, A1은 숙성 9일부터 5.08-6.40의 범위를, A2는 숙성 5일부터 5.58-6.42의 범위를, A3는 숙성 6일 이후부터 5.30-6.33 범위에서 감칠맛이 큰 변화 없이 유지되었다. 이러한 감칠맛은 숙성과정에서 강한 신맛으로 인하여 맛의 억제효과가 있을 것으로 사료되었고, QDA 결과로부터 신 냄새, 신맛 및 감칠맛이 명태식해의 풍미에 크게 기여할 것으로 사료되었다.

한편 관능적 특성 중 종합적 기호도에 지배적인 특성을 밝히기 위하여 상관분석을 한 결과를 Table 6에 나타내었다. 냄새,

Table 6. Pearson's correlation between overall acceptance and sensory characteristics of Alaska pollack *Theragra chalcogramma sikhae* during fermentation

Characteristics	Correlation coefficient (r)			
	C ¹	A1 ²	A2 ²	A3 ²
Odor	0.847**	0.517**	0.829**	0.831**
Taste	0.936**	0.900**	0.862**	0.877**
Texture	0.910**	0.801**	0.854**	0.677**

¹C: Stored at 21±2°C.

²A1, Stored at 5°C after 36 h fermentation at 21±2°C; A2, Stored at 5°C after 60 h fermentation at 21±2°C; A3, Stored at 5°C after 84 h fermentation at 21±2°C. ** Significant at $P < 0.01$.

맛 및 조직감 모두 종합적 기호도에 유의하였으며($P < 0.01$), 모든 제품에서는 맛이 가장 기여도가 높았고($r = 0.862-0.936$), 다음으로 각 제품에 따라 상관계수값이 달랐는데, 대조구C 및 A1의 경우는 조직감이 다음으로 나타난 반면에, 변온숙성시킨 제품A2와 A3에서는 냄새가 다음 순으로 나타났다.

이상의 결과를 종합하면, 실온($21 \pm 2^\circ\text{C}$)에서 60시간 숙성시킨 다음, 5°C 에서 다시 변온숙성시키는 방법이 실온에서보다 명태식해의 shelf-life를 2배 이상 연장효과가 있었고, 숙성온도의 설정이 명태식해의 품질에 가장 큰 영향인자라 사료되며, 산업을 위해서는 표준화공정이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

사 사

본 연구는 연구재단(R05-2002-000-01342-0) 연구비 지원 및 2013~2014년 창원대학교 교내공모과제 연구비로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- AOAC. 1980. Official Methods of Analysis. 13th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, U.S.A.
- Bourne MC. 1968. Texture profiles of ripening pears. *J Food Sci* 33, 223-226.
- Breene WM. 1975. Application of texture profile analysis to instrumental food texture evaluation. *J Texture Studies* 6, 53-82.
- Cha YJ, Jeong EJ, Kim H, Cho WJ and Nam GJ. 2004a. Biological activity in traditional Alaska pollack sikhae during low temperature fermentation. *Biofactors* 22, 319-321.
- Cha YJ, Jeong EJ, Kim H, Lee YM and Cho WJ. 2002a. Changes of volatile components in Alaska pollack sikhae during low temperature fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31, 566-571.
- Cha YJ, Kim SJ, Jeong EJ, Kim H and Cho WJ. 2004b. Microbiological and enzymatic characteristics in Alaska pollack sikhae during fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33, 1709-1714.
- Cha YJ, Kim SJ, Jeong EJ, Kim H, Cho WJ and Yoo MY. 2004c. Studies on taste compounds in Alaska pollack during fermentation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33, 1515-1521.
- Cha YJ, Lee CE, Jeong EK, Kim H and Lee JS. 2002b. Physiological functionalities of traditional Alaska pollack sikhae. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31, 559-565.
- Cho WI and Kim SM. 2012a. The biofunctional activities and shelf-life of low-salt squid sikhae. *Korean J Food Sci Technol* 44, 61-68.
- Cho WI and Kim SM. 2012b. Development of black edged sculpin *Gymnocanthus herzensteini* sikhae. *Korean J Fish Aquat Sci* 45, 328-336. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2012.0328>.
- Fuller R. 1989. Probiotics in man and animal. *J Appl Bacteriol* 66, 365-378.
- Han DW, Han HJ, Kim DG, Im MJ and Cho SY. 2013. Optimal fermentation condition (temperature and salt concentration) for preparing flounder *Verasper moseri Jordan et Gilberu sikhae*. *Korean J Fish Aquat Sci* 46, 689-695. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0689>.
- Han DW, Kim DG, Han HJ and Cho SY. 2015. Determining optimal processing conditions for flounder *Verasper moseri Jordan et Gilberu sikhae*. *Korean J Fish Aquat Sci* 48, 36-43. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2015.0036>.
- Kim JH, Kim MJ, Lee JS, Kim KH, Kim HJ, Heu MS and Kim JS. 2013. Development and characterization of sea squirt *Halocynthia roretzi sikhae*. *Korean J Fish Aquat Sci* 46, 27-36. <http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0027>.
- 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.
- Kim SM, Jeong IH and Cho YJ. 1994. The development of squid (*Todarodes pacificus*) sikhae in Kangnung district: 1. The effect of fermentation temperatures and periods on the properties of squid sikhae. *Bull Korean Fish Soc* 27, 215-222.
- KSFSN (The Korean Society of Food Science and Nutrition). 2000. Handbook of experiment in food science and nutrition. Food science part. The Korean Society of Food Science and Nutrition, ed. Hyoil Press, Seoul, Korea, 198-200.
- Lee CH. 1993. Characteristics of sikhae-making. Fish fermentation technology in Korea. In *Fish fermentation technology*. Lee CH, Steinkraus KH and Reilly PJA, eds. United Nations University Press. Tokyo, Japan, 195-198.
- Lee NH, Oh SW and Kim YM. 1996. Biochemical changes in muscle of squid sikhae during fermentation. -Effects of temperature and moisture content. *Korean J Food Sci Technol* 28, 292-297.
- Lee YE and Lee HS. 1982. Effect of organic acids on suppression of fishy odor in salted clam pickle. *Korean J Food Sci Technol* 14, 6-10.
- Ministry of Social Welfare of Japan. 1960. Guide to experiment of sanitary inspection-I. Volatile basic nitrogen. Kenpaku-sha, Tokyo, Japan, 30-32.
- Park JY. 2012. Studies on the shelf-life extension of squid sikhae. MS thesis. Kunsan National University, Kunsan, Korea.
- Steel RGD and Torrie JH. 1980. Principle and procedures of statistics. 1st ed. McGraw-Hill Kogakusha, Tokyo, Japan, 187-221.
- Woo KL, Jung HS and Lee SH. 1992. Effect of Salting Levels on the Changes of Taste Constituents of Domestic Fermented Flounder Sikhae of Hamkyeng-Do. *Korean J Food Sci Technol* 24, 59-64.