

고온가열 살균 조건이 조미 먹장어 통조림 품질에 미치는 영향

정희범 · 전은비* · 공청식** · 박신영†

경상도립남해대학(교수) · 경상국립대학교 해양산업연구소(*학생 · **박사후연구원 · †교수)

Effects of High-Temperature Heat Sterilization Conditions on the Quality of Seasoned Inshore hagfish (*Eptatretus burgeri*) Canned Products

Hee-Bum JUNG · Eun Bi JEON* · Cheung-Sik KONG** · Shin Young PARK†

University of Gyeongnam Namhae(professor) · Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University(* student · ** postdoctoral researcher · † professor)

Abstract

This study aimed to evaluate the quality characteristics of seasoned Inshore hagfish (*Eptatretus burgeri*) canned products subjected to high-temperature thermal sterilization. The products were sterilized at F0 values of 6, 8, and 10 min. As the F0 value increased, moisture content decreased from 71.7% (raw) to 65.9%, while crude fat content increased from 7.0% to 16.8%. The pH values ranged from 5.7 to 6.0, showing minimal variation, and no microbial growth was detected in any of the samples. The TBA value, indicating lipid oxidation, decreased from 0.022 to 0.013, and total amino acid content increased from 11,510.7 mg to 12,093.4 mg. In contrast, the total free amino acid content decreased from 654.7 mg to 561.8 mg. Sensory evaluation revealed that samples treated at an F0 value of 8 min showed the highest scores in color (3.32 points) and overall preference. These results suggest that an F0 value of 8 min is optimal for ensuring microbial safety while maintaining desirable quality in seasoned hagfish canned products.

Key words : Canned, Canned seasoned, Sterilization, Inshore hagfish, Quality characteristics

I. 서론

먹장어(*Eptatretus burgeri*)는 수심 100m 이내의 얕은 해역에서 주로 서식하는 연안성 어류로 우리나라 남부와 제주도를 포함한 남해를 비롯해 일본, 중국, 대만 등지에 분포한다(Kim et al., 2005). 이 종은 뱀장어과나 붕장어과와 같은 다른 장어류와 차이를 보이며, 척추골이 없어 경골어류나 연골어류와도 구별된다(Do et al., 2014). 또한 콧구멍과 입 주변에는 3쌍의 육질성 수염이 존재하는 특징을 가진다. 먹장어는 흔히 꼬장어

로 불리며, 맛과 영양이 뛰어난 스테미너 음식으로 알려져 있다. 특히 비타민 A와 지방이 풍부하여 식용으로 널리 소비되고 있으며, 해독 작용과 세포 재생에 도움을 주는 점액성 단백질과 콜라겐 성분을 함유하고 있다(Hwang, 1999). 게다가, 먹장어는 가축 제품의 원료로서뿐만 아니라 식용자원으로 활용되어 상업적 가치가 높으며, 수산업 측면에서 경제적 중요성이 큰 어종이다(Kase et al., 2018). 보고된 생산량 통계에 의하면, 국내에서 어획되는 대부분의 먹장어는 주로 붕장어 통발에 혼획된 개체들이며, 최근 5년간 평균 생

† Corresponding author : 055-772-9143, sypark@gnu.ac.kr

산량은 약 93M/T 이르는 것으로 나타났다(MOF, 2020). 그러나 먹장어는 점액질이 많고 특유의 생리적 특성으로 인해 생물 상태에서의 보관과 운송이 어렵다. 또한 국내에서는 주로 구이 등 단순 가공 형태로 소비되어 제품 다양성 및 부가가치 창출에 한계가 있다. 따라서 먹장어를 고부가가치 제품으로 전환할 수 있는 신제품 개발이 필요하다.

현재 통조림 식품에는 참치, 고등어, 꽂치 등이 주로 사용되며, 이들 어종은 대량 어획과 가공공정의 표준화로 산업적 활용도가 높다. 그러나 계절적 어획 편차, 중금속 오염 우려, 소비자 기호 변화 등 다양한 한계를 안고 있으며, 제품 다양성 측면에서도 부족함이 있다. 이에 비해 먹장어는 고단백, 고콜라겐 등 기능성 성분이 풍부하고, 독특한 식감과 풍미를 지녀 차별화된 통조림 제품 개발이 가능하다. 그럼에도 불구하고 점액질, 조직 특성, 낮은 인지도 등의 이유로 관련 연구는 매우 제한적이며, 실제 통조림 제품도 거의 없는 실정이다.

식품 산업의 지속적인 발전은 식품의 품질을 보존하고 유통 효율을 높이기 위한 포장 기술의 향상으로 이어지고 있다. 특히 다양한 소재와 기술을 활용한 포장재가 개발됨에 따라, 식품 포장은 단순한 저장의 수단을 넘어 식품의 안전성과 편의성을 동시에 고려하는 방향으로 진화되고 있다. 이와 같은 포장 기술 중 하나인 통조림은 캔을 주요 용기로 사용하여 식품을 밀봉하고 상업적 살균에 의하여 미생물을 사멸시킴으로써 장기간 저장이 가능하도록 만든 식품 가공 방법이다(Kang et al., 2018). 통조림은 냉장이나 냉동 없이도 상온에서 오랜 시간 동안 품질을 유지할 수 있다는 특징을 지니고 있으며, 가정용 뿐만 아니라 비상 식량, 군용 전투식량 등 다양한 분야에서 폭넓게 활용되고 있다.

최근 통조림 시장에서는 제품의 획일화 현상이 두드러지면서, 제품 다양성 확보와 차별화된 경쟁력 구축에 대한 필요성이 커지고 있다. 이에

따라 새로운 제품 개발을 통한 산업 활성화의 필요성이 제기되고 있다. 통조림은 저장 및 유통 과정에서 지방산화와 같은 화학적 반응에 의해 품질 변화가 발생할 수 있으며, 레토르트 살균기의 성능 및 살균기 내 제품의 위치에 따른 살균 효과의 차이로 인해 품질이 불균일해지고 열화도가 높아질 수 있다(Lee et al., 2016). 또한 통조림 제조 시 가장 중요한 공정 중 하나인 살균 공정은 제품의 영양적 가치와 기호성을 저하시킬 뿐만 아니라, 과도한 열처리는 에너지의 과잉소비로 이어져 제품의 생산 단가 상승의 요인이 되기도 한다(Byun and Choi, 2005). 따라서 살균공정은 제품의 안전성을 확보할 수 있는 최소한의 살균 조건을 설정하여, 공정 중 발생할 수 있는 품질 저하 및 부반응을 최소화 되도록 설정되어져야 한다.

이에 본 연구에서는 먹장어 통조림의 상업적 가치를 확보하고, 상온 유통이 가능하면서 즉석 섭취가 가능한 제품을 개발하기 위해 조미소스를 첨가한 조미 먹장어 통조림을 제조하였다. 이를 위해 다양한 살균 조건(118℃, 해당 F_0 값: 6, 8, 10)을 설정하여, 실제 공장 생산 공정을 고려한 살균 처리를 실시하였으며, 살균 조건에 따른 이화학적 성분 변화 및 저장 중 품질 변화를 분석하였다. 또한, 관능 평가를 통해 제품의 기호도 및 품질 특성을 평가함으로써, 조미 먹장어 통조림의 제품화 가능성과 상업적 활용성을 검토하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 먹장어(*Eptatretus burger*)는 2020년 5월, 경남 통영시 서호 재래시장에서 살아있는 상태로 구입하였다. 시료는 아이스박스에 얼음과 함께 넣어 4℃ 이하의 저온을 유지하며 실험실까지 운반하였고, 도착 즉시 내장을 제거

하고 세척한 후, 4℃에서 냉장 보관하며 24시간 이내에 통조림 제조에 사용하였다.

2. 조미 먹장어 통조림의 제조

조미 먹장어 통조림의 제조공정은 [Fig. 1]과 같다. 전처리한 원료 먹장어 600 g을 깨끗한 냉수로 세척하고, 10분간 탈수 시킨 후, 탈수한 먹장어 육을 3분간 70℃의 약한 불에 가열하여 수분을 제거하고, 조미액은 고추장 60%, 마늘 6%, 고춧가루 3%, 간장 7%, sorbitol 4%, 물엿 10%, 참기름 5%, 물 5% 비율로 배합한 것을 수분을 제거한 먹장어 육과 9분 동안 85℃에서 볶은 다음, 평2호판(301-1호, 원터치판)에 조미된 먹장어 120g 씩 충전하고, 80℃로 끓인 새로운 조미액을 30mL 씩 301-1호판에 각각 주액하여 자동밀봉기(805-A, Daize Manufacturing Co. Ltd., Japan)로 밀봉하고, 스팀식 레토르트(Woojin Instruments &

System Engineering Inc., Korea)를 이용하여 F_0 값 측정실험을 통해 결정된 가열살균조건 즉 118℃에서 F_0 값이 6, 8 및 10분이 되도록 각각 가열살균처리를 하였으며, 통조림의 중심온도가 38℃가 되도록 생각하여 조미 먹장어 통조림을 제조하였다.

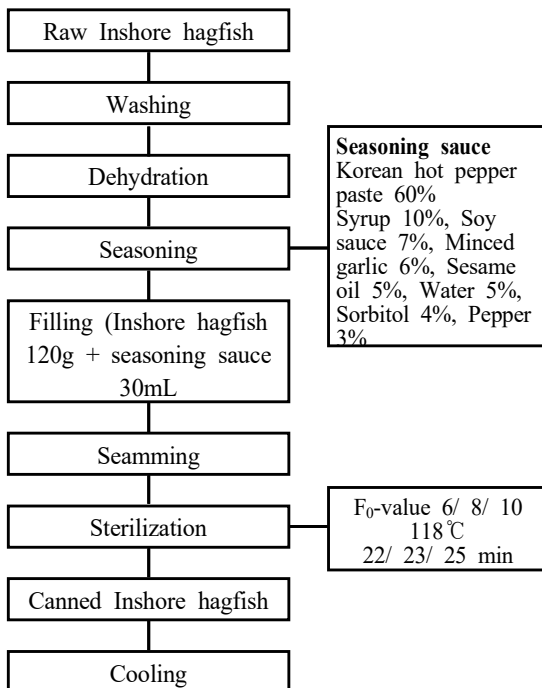
조미 먹장어 통조림의 F_0 값 측정은 무선형 F_0 값 측정장치(EBI 11, Ebro Co., Germany)를 사용하여 측정하였으며, 무선형 열측정 logger를 301-1호판의 기하학적 중심에 위치하도록 내용물과 함께 충전하여 F_0 값을 측정하였다. 관능 평가용 시료는 먹장어 육질 부분을 채취하여 사용하였으며, 이 외의 실험에 사용한 시료는 통조림을 개봉한 후 균질기(PT-MR 2100, Polyron®, Switzerland)로 갈아서 사용하였다.

3. 일반성분 및 pH 측정

일반성분은 AOAC법(AOAC, 1995)에 따라, 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 semimicro Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 회분은 건식회화법으로 각각 정량하였다. pH는 시료 육에 10배량의 순수를 가하여 균질화한 후 pH meter (pH 1500, Eutech Instruments, Singapore)로써 측정하였다.

4. 세균발육시험

세균발육시험은 식품공전(MFDS, 2024)의 통·병조림 세균발육시험법에 따라서 실험하였다. 즉, 살균온도 118℃에서 F_0 값이 6, 8 및 10분간 되도록 제조한 조미 먹장어 통조림 5관씩을 35~37℃에서 10일간 보존하고, 상온에서 1일간 추가로 방치한 후 통조림관이 팽창 또는 새는 것을 세균발육 양성으로 하였다. 그리고 가온보존시험에서 음성인 통조림은 다음과 같이 세균시험을 하였다. 즉 검체 5관의 개봉부의 통조림 표면을 70% 알코올로 적신 탈지면으로 잘 닦고 개봉한 후, 내용물 25g을 희석액 225mL에 가하여 균질화 시



[Fig. 1] Flow sheet of processing of canned seasoned Inshore hagfish.

킨다. 이 액의 1mL를 멸균시험관에 채취하고 희석액 9mL에 가하여 잘 혼합한 것을 시험용액으로 한다.

각 시료의 시험용액을 1mL씩 5개의 티오글리콜린산염 배지(배지 13)에 접종하여 35~37℃에서 48±3시간 배양한 후, 5관 중 어느 하나라도 세균증식이 확인되면 세균발육 양성으로 한다.

5. TBA 및 아미노질소 측정

Thiobarbituric acid (TBA)값은 수증기증류법(Tarladgis et al., 1960)으로 측정하였고, 아미노질소 함량은 Formol 적정법(Kohara, 1982)으로 측정하였다.

6. 색도 측정

색도는 직시색차계(ZE-2000, Nippon Denshoku, Japan)로 L값(lightness, 명도), a값(red, 적색도), b값(yellow, 황색도) 및 ΔE값(color difference, 색차)을 측정하였다. 이 때 표준백판(standard plate)의 L값은 99.98, a값은 -0.01, b값은 0.01이었다.

7. 총아미노산 정량

총아미노산 함량은 다음과 같이 측정하였다. 조미 먹장어 통조림을 개관한 후 내용물 0.2g을 정밀히 취하여 시험관에 넣은 다음, 6N HCl 2mL를 가한 후 밀봉하여 110℃의 heating block (HF21, Yamato, Japan)에서 48시간 동안 가수분해시켰다. Glass filter로 여과하여 얻은 여액을 진공회전증발기(RW-0528G, Lab. Companion, Korea/C-WBE-D, Changshin Sci., Korea/Rotary evaporator N-1000, EYELA, Japan)로 60℃에서 감압농축한 후 sodium citrate buffer (pH 2.2)로 25mL 되게 정용하였다. 총아미노산의 분석은 전처리한 각 시료의 일정량을 아미노산자동분석기(Automatic amino acid analyzer S-433, Sykam, Germany)에 주입하여 실시

하였으며, 이를 토대로 동정 및 정량하였다.

8. 유리아미노산 정량

유리아미노산 함량은 다음과 같이 측정하였다. 조미 먹장어 통조림을 개관한 후 내용물 20g에 20% trichloroacetic acid (TCA) 30mL를 가하고 Vortex mixer (G-560, Scientific Industries, USA)로 30초간 균질화시켰다. 원심분리기(SUPRA 22K Plus, Hanil Science Industrial Co., Ltd., Korea)로 8,000rpm에서 15분간 원심분리시킨 다음 100mL로 정용하였다. 분액여두에 옮겨 ethylether를 가한 후 격렬히 흔들어 상층부의 ether층을 버리고 하층부만을 취하여 진공회전증발기로 농축하였다. Lithium citrate buffer (pH 2.2)를 사용하여 25mL로 정용한 후 아미노산자동분석기로 측정하였다.

9. 무기질 정량

무기질은 시료를 Kim (2014)의 방법에 따라 시료 5g을 회분도가니에 일정량 취해 회화로(Electric muffle furnace, Dongwon Scientific Co., Korea)를 사용하여 500~550℃에서 5~6시간 건식회화시킨 후 ashless filter paper로 여과하여 일정량으로 정용한 다음, ICP(Atomscan 25, TJA, Co., USA)로 Na, Mg, K, Ca, Zn, Fe, P 및 S의 함량을 측정하였다.

10. 주석 정량

중금속 중 Sn은 유기질을 습식으로 분해시킨 후 ICP (Inductively coupled plasma spectrophotometer Atomscan 25, TJA Waltham, MA, USA)로 분석하였다(Tsutagawa et al., 1994).

11. 관능평가 및 통계처리

관능평가는 10인의 관능평가원을 구성하여 F값을 달리하여 제조한 조미 먹장어 통조림의 냄

새, 맛, 조직감 및 색도 등 관능적 기호도의 척도가 되는 항목에 대하여 5단계 평점법(5: 아주 좋음, 4: 좋음, 3: 보통, 2: 싫음, 1: 아주 싫음)으로 평가하였고, 평가점수 중 최고 및 최저값을 뺀 나머지 점수의 평균값으로 결과를 나타내었다. 데이터 통계처리는 ANOVA test를 이용하여 분산 분석한 후, Duncan의 다중위검정(Steel and Torrie, 1980)으로 최소유의차 검정(5% 유의수준)을 실시하였다.

III. 연구 결과

1. 일반성분 조성 및 pH 변화

고온 가열살균 처리에 따른 조미 먹장어 통조림의 일반성분 조성의 변화는 <Table 1>과 같다. 수분 함량은 원료에서 71.7%였으며, F₀ 6, 8 및 10분 처리구에서는 각각 69.0%, 67.8%, 65.9%로 나타났다. 이는 F₀값이 증가함에 따라 가압살균으로 인한 육 보수력 증가 및 수분 손실로 인해 수분 함량이 감소하는 경향을 나타낸 것으로 보인다. 조단백질 함량은 원료에서 19.6%였으며, F₀ 6, 8 및 10분 처리구에서는 각각 13.8%, 13.5%, 13.0%로 유의적으로 감소하였다(P<0.05). 조지방 함량은 원료에서 7.0%였으며, F₀값 증가에 따라 각각 13.2%, 14.6%, 16.8%로 점차 증가하는 경향을 나타내었다. 조회분 함량은 원료에서 1.1%였으며, F₀ 6, 8 및 10분 처리구에서는 각각 2.1%, 2.2%, 2.4%로 약간 증가하였으나, 처리 간 유의적인 차이는 나타나지 않았다(P>0.05). Yoon et al.(2011)은 F₀값 8분으로 처리한 조미 과메기 통조림의 일반성분을 수분 51.4%, 조단백질 21.8%, 조지방 22.9%, 회분 3.6%로 보고하였다. 본 연구의 F₀ 8분 처리 조미 먹장어 통조림은 수분 67.8%, 조단백질 13.5%, 조지방 14.6%, 회분 2.2%로 나타나, 전반적으로 수분은 높고, 단백질 및 지방, 회분은 낮은 경향을 보였다. 이러한 차이는 사용된 어종의 특성과 가열 시 수분 보유력 차이

<Table 1> Changes in proximate composition (g/100g) of canned seasoned Inshore hagfish processed at various F₀-values

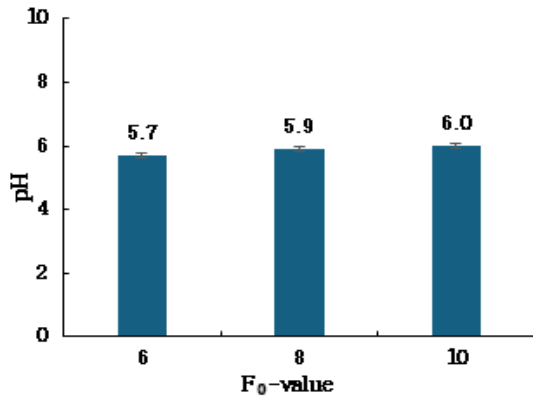
	F ₀ -value			
	Raw Inshore hagfish	6	8	10
Moisture	71.7±1.0 ^a	69.0±0.8 ^b	67.8±0.1 ^b	65.9±0.8 ^c
Crude protein	19.6±0.2 ^a	13.8±0.3 ^b	13.5±0.6 ^b	13.0±0.4 ^c
Crude lipid	7.0±0.1 ^d	13.2±0.0 ^c	14.6±0.5 ^b	16.8±0.2 ^a
Ash	1.1±0.1 ^b	2.1±0.2 ^a	2.2±0.1 ^a	2.4±0.2 ^a

Data represent means ± standard deviations of three measurements

Differ significantly (P<0.05) by Duncan's multiple range test

에서 비롯된 것으로 판단된다. 먹장어는 조직 내 수분 함량이 높고 지방 함량이 낮은 어종으로, 과메기에 비해 가열 시 수분 손실이 적고 지방 농축도 낮은 특성을 가진다. 또한, Nam et al.(2019)의 유사한 제품인 조미 봉장어 통조림의 일반성분은 수분 74.4%, 조단백질 12.9%, 조지방 8.7%, 회분 2.4%로 보고되었다. 본 연구의 F₀ 8분 처리 조미 먹장어 통조림(수분 67.8%, 단백질 13.5%, 지방 14.6%, 회분 2.2%)과 비교했을 때, 봉장어 통조림은 수분 함량이 더 높고 지방 함량은 낮은 경향을 보였다.

고온 가열살균 처리에 따른 pH의 변화는 [Fig. 2]에 나타내었다. 각각의 통조림 시료의 pH는 5.7~6.0 범위로서 가열살균에 따른 pH의 차이는 거의 보이지 않았다. Nam et al.(2019)은 데리야끼 소스, 양념 소스, 조미 소스를 각각 혼합한 조미 봉장어 통조림의 pH가 각각 6.58, 6.54, 6.50이라고 보고하였다. 이와 비교할 때, 본 연구의 결과는 전반적으로 더 낮은 pH 값을 나타냈다.



[Fig. 2] Changes in pH of canned seasoned Inshore hagfish processed at various F₀-values.

2. 세균발육시험

118℃에서 F₀값 6, 8 및 10분으로 살균한 조미 먹장어 통조림의 세균발육시험 결과는 <Table 2>에 제시하였다. 각 제품은 살균 후 용기 및 포장을 그대로 유지한 상태로 35~37℃에서 10일간 배양한 뒤, 상온에서 1일간 추가 방치한 후 외관을 관찰하였다. 그 결과, 모든 처리구에서 용기 팽창이나 누액 현상은 관찰되지 않았으며, 세균발육 시험에서도 미생물이 검출되지 않았다. 또한, 외관상 이상 징후도 나타나지 않아 해당 제품은 세균학적으로 안전한 것으로 판단되었다. Kim et al.(2021)은 참가리비 기름담금 통조림을 118℃에서 F₀값 10분으로 열처리하여 제조한 후, 세균발육 시험을 실시한 결과 외관에 이상이 없었고, 미생물이 검출되지 않았다고 보고하였다. 이는 본 실험 결과와 일치한다. 한편, 식품공전에 따르면 통조림 및 병조림 제품의 경우 ‘세균발육시험에서 음성이어야 한다’고 명시되어 있으며, 이는 산업체에서 반드시 충족해야 하는 기준으로 간주된다. 따라서 본 연구에서 제조된 조미 먹장어 통조림은 관련 기준을 만족하는 안전한 제품으로 평가할 수 있다.

3. TBA 및 아미노질소의 함량

고온 가열살균 처리 정도에 따른 지질의 산화 정도를 나타내는 TBA값의 변화는 [Fig. 3]에 나타내었다. 본 연구에서 제조한 조미 먹장어 통조림의 TBA값은 F₀값이 증가함에 따라 각각 0.022, 0.020, 0.013로 감소하는 경향을 보였다. 이는 가열살균 처리 중 생성된 지질 산화물, 특히 malonaldehyde가 고온에서 분해되거나 먹장어 육

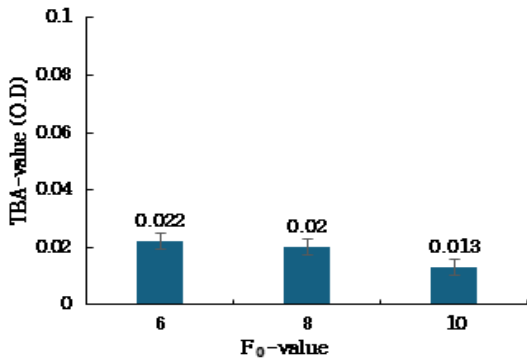
<Table 2> Comparison in cultured bacteria and external appearance test of canned seasoned Inshore hagfish during incubation at 35~37℃ for 48±3 hr

Temperature	Sterilization condition	Incubation temperature (35~37℃) (CFU/g)	
		48±3 hr	
		Bacteria	External appearance
118℃	F ₀ 6 min.	ND	Normal
	F ₀ 8 min.	ND	Normal
	F ₀ 10 min.	ND	Normal

Data represent means ± standard deviations of three measurements

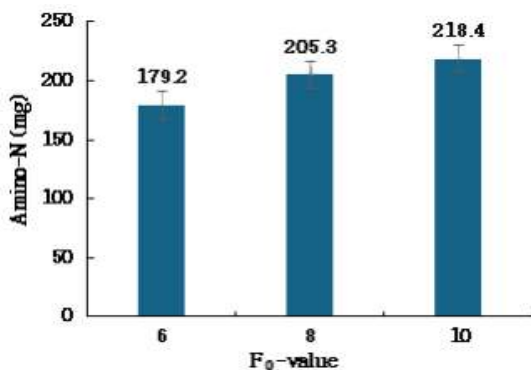
내 다른 성분과 반응하여 감소했기 때문으로 추정된다. 또한, 전체적인 TBA값 수준과 변화 폭이 크지 않아, 고온가열 살균처리에 따른 지질산화는 조미 먹장어 통조림의 품질에 미치는 영향이 미미한 것으로 판단된다.

이와 같은 경향은 선행 연구와 유사한 결과를 보인다. Noe et al.(2011)은 레토르트 파우치 조미 홍합의 TBA값이 F₀ 7분 처리 시 0.076에서 F₀ 13분 처리 시 0.031로 감소했다고 보고하였으며, Kwon et al.(2014) 역시 고온 가열살균한 멸치 육 것 필레 통조림의 TBA값이 원료 대비 낮아졌다고 언급하였다. 본 연구에서는 TBA값의 절대 수치와 변화 폭이 크지 않았으며, 이는 고온살균이 조미 먹장어 통조림의 지질 산화 및 품질에 미치는 영향이 제한적임을 시사한다.



[Fig. 3] Changes in TBA value of canned seasoned Inshore hagfish processed at various F₀-values.

고온 가열살균 처리에 따른 조미 먹장어 통조림의 아미노질소 함량은 [Fig. 4]에 나타내었다. 본 실험에서는 Formol법을 이용하여 카르복실기를 정량하였으며, 그 결과 F₀ 6, 8 및 10분 처리구에서 각각 179.2, 205.3, 218.4mg으로 나타나, 가열살균 시간이 길어질수록 아미노질소 함량이 증가하는 경향을 보였다. 이는 고온처리에 따라 단백질이 분해되며 유리아미노산 등 저분자 질소 화합물이 증가했기 때문으로 생각된다. 이와 유사하게, Nam et al.(2019)은 조미 붕장어 통조림의 아미노질소 함량이 각각 165.9, 160.9, 178.8mg으로 약간의 증가를 보였으나 큰 차이는 없었다.



[Fig. 4] Changes in amino-N of canned seasoned Inshore hagfish processed at various F₀-values.

그럼에도 불구하고, 가열살균 시간이 길어질수록 아미노질소 함량이 증가하는 경향은 본 연구와 일치하였다.

Nam et al.(2019)은 조미 붕장어 통조림의 아미노질소 함량이 각각 165.9, 160.9, 178.8mg으로 약간의 증가를 보였으나 큰 차이는 없었다. 그럼에도 불구하고, 가열살균 시간이 길어질수록 아미노질소 함량이 증가하는 경향은 본 연구와 일치하였다.

4. 색도 변화

조미 먹장어 통조림의 가열살균 처리에 따른 색도 변화를 직시 색차계를 이용해 측정한 결과는 <Table 3>에 제시하였다. 명도(L값)는 F₀ 6, 8 및 10분 처리구에서 각각 22.1, 23.8, 25.7로 나타나, F₀값이 증가할수록 점차 높아지는 경향을 보였다. 적색도(a값) 역시 7.4, 7.6, 10.6으로 증가하였으며, 황색도(b값)는 8.5, 9.5, 10.6으로 나타났다. 이러한 결과는 가열살균 시간이 길어질수록 조미액 및 육색의 갈변이 점차 진행되어 색도가 점점 어두워지고, 붉고 노란 기운이 증가함을 의미한다. 또한, 색차(ΔE값)는 F₀값이 증가함에 따

<Table 3> Changes in color value of canned seasoned mussels Inshore hagfish processed at various F₀-values

Color value	F ₀ -value		
	6	8	10
L	22.1±1.4 ^b	23.8±0.7 ^{ab}	25.7±1.0 ^a
a	7.4±1.0 ^b	7.6±1.0 ^b	10.6±1.4 ^a
b	8.5±0.7 ^a	9.5±1.4 ^a	10.6±1.3 ^a
ΔE	75.6±1.3 ^a	74.0±1.4 ^{ab}	72.7±0.7 ^b

Data represent means ± standard deviations of three measurements

Differ significantly (P<0.05) by Duncan's multiple range test

라 각각 75.6, 74.0, 72.7로 점차 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 고온가열 처리로 인해 육색의 변화가 누적되며, 갈변 반응(당-아미노화 반응 등)에 따라 색상의 변화가 진행된 결과로 해석된다. 따라서 F_0 값이 높을수록 조미 먹장어 통조림의 색도는 갈변화가 더욱 뚜렷하게 나타나는 것으로 사료된다.

5. 총아미노산 조성

고온 가열살균 처리에 따른 조미 먹장어 통조림의 총 아미노산 조성 변화는 <Table 4>에 나타내었다. 전체 아미노산 함량은 F_0 6, 8 및 10분 처리구에서 각각 11,510.7, 11,922.3, 12,093.4mg으로, 살균 시간이 길어질수록 소폭 증가하는 경향을 보였다. 개별 아미노산 중에서는 Glutamic acid의 함량이 가장 높았으며, Aspartic acid, Leucine, Arginine 등의 함량도 상대적으로 높게 나타났다. 특히, 감칠맛을 유도하는 Glutamic acid는 F_0 값 증가에 따라 1,291.2 > 1,362.9 > 1,313.0 mg으로 변화하였다. 이러한 결과는 가열살균 처리에 따라 단백질의 열분해가 진행되면서 유리아미노산이 생성되었기 때문으로 판단된다.

6. 유리아미노산 조성

F_0 값에 따른 조미 먹장어 통조림의 정미 성분 중 하나인 유리아미노산 조성 변화는 <Table 5>에 나타내었다. 유리아미노산의 총량은 F_0 값이 증가함에 따라 각각 654.7, 657.9, 561.8 mg으로 전반적으로 감소하는 경향을 보였다. 이는 고압 가열살균 처리 시 수분 손실과 함께 유리아미노산의 일부가 유출되었기 때문으로 판단된다. 개별 아미노산 중에서는 Phenylalanine의 함량이 가장 높았으며, 그 외에 Proline, Leucine 등의 함량도 상대적으로 높게 나타났다. 특히 Phenylalanine은 F_0 6, 8 및 10분 처리구에서 각각 108.3, 94.4, 98.4 mg으로 높은 수준을 유지하였다. 한편, 어육에 존재하는 유리아미노산은 고온가열처리 중 자

<Table 4> Changes in total amino acid content (mg/100g) of canned seasoned Inshore hagfish processed at various F_0 -values

Amino acid	F_0 -value		
	6	8	10
Aspartic acid	958.4	1035.1	945.8
Threonine	606.1	648.8	619.7
Serrine	577.2	611.0	583.8
Glutamic acid	1,291.2	1,362.9	1,313.0
Proline	919.9	1,124.4	1,017.1
Glycine	566.5	617.8	6,590.1
Alanine	610.7	655.3	622.9
Cystine	431.8	142.8	456.7
Valine	340.0	547.0	531.3
Methionine	540.3	538.2	527.4
Isoleucine	566.8	640.3	609.3
Leucine	837.5	880.6	862.2
Tyrosine	440.6	48.6	469.8
Phenylalanine	648.3	716.7	686.9
Histidine	478.4	520.2	495.7
Lysine	734.0	763.0	741.5
Ammonia	179.4	179.6	160.2
Arginine	819.6	890.3	851.2
Total	11,510.7	11,922.3	12,093.4

유수로의 용출, 열분해, 또는 당-아미노반응(Maillard reaction)에 의한 갈변물질 형성 등 다양한 요인에 의해 감소한다는 선행 연구들이 보고된 바 있으며, 본 연구 결과도 이러한 경향과 일치하였다. Park(2010)의 연구에 따르면, 먹장어에는 총 36종의 유리아미노산이 분리되었으며, 그 총량은 1,278mg으로 다른 장어류에 비해 유리아미노산의 종류와 총량이 가장 풍부하였고, 이는 다른 장어류(뱀장어, 붕장어, 갯장어)의 2.2배에

<Table 5> Changes in total amino acid content (mg/100 g) of canned seasoned Inshore hagfish processed at various F_0 -values

Amino acid	F_0 -value		
	6	8	10
Phospho serine	5.8	4.6	3.5
Taurine	8.5	7.2	5.1
Serine	22.2	25.8	14.7
Glutamic acid	7.1	7.7	7.8
Proline	91.8	99.9	73.0
Glycine	23.1	19.8	6.2
Alanine	54.8	43.9	44.9
Valine	56.2	54.4	26.3
Cystine	17.8	9.5	67.4
Methionine	36.7	39.3	24.7
Cystathionine	10.3	8.9	7.8
Isoleucine	31.0	29.2	22.9
Leucine	67.1	61.1	56.3
Tyrosine	26.6	26.6	26.3
Phenylalanine	108.3	94.4	98.4
Ethanolamine	4.9	6.4	3.3
Ornithine	23.4	23.2	18.0
Lysine	31.3	55.5	30.0
Histidine	13.7	13.3	12.7
Arginine	14.4	27.2	12.5
Total	654.7	657.9	561.8

달하는 수치였다. 유리아미노산 중에서는 Proline (216mg), Carnosine (106mg), Tyrosine (96mg), Methionine (70mg), Valine (60mg)의 순으로 함량이 많았으며, 이들 5종은 총 유리아미노산의 42.7%를 차지했다. 먹장어는 다른 장어류에 비해 Proline (23.5배), Tyrosine (16.2배), Methionine (43.8배), Valine (2.6배) 등의 유리아미노산 함량

이 상대적으로 높았다. 또한, Kim et al. (2001)은 갯장어에서 총 16종의 유리아미노산을 검출하였고, 그 총량은 189.83mg이었다. 이들 중에서 Glycine, Lysine, Histidine 등이 가장 많이 검출되었으며, 이들이 전체 유리아미노산의 64.6%를 차지한다고 보고하였다. 본 연구에서는 먹장어의 유리아미노산 총량이 각각 654.7mg, 657.9mg, 561.8mg으로 나타났으며, Kim et al.(2001)의 연구결과와 비교했을 때, 유리아미노산 함량이 상대적으로 높았고, 주요 유리아미노산의 종류에서도 차이를 보였다.

7. 무기질 조성

유리아미노산과 함께 조미 먹장어 통조림의 주요 정미 발현 성분인 무기이온의 가열처리 정도에 따른 함량 변화는 <Table 6>에 나타내었다.

<Table 6> Changes in inorganic ion content (ppm) of canned seasoned Inshore hagfish processed at various F_0 -values

	F_0 -value		
	6	8	10
Na	777.7±4.3 ^a	725.3±5.8 ^b	659.3±6.5 ^c
Mg	22.1±0.1 ^a	20.4±0.1 ^b	19.7±0.2 ^c
K	165.2±3.5 ^a	151.4±2.2 ^b	153.2±2.3 ^b
Ca	20.3±0.4 ^a	17.1±0.2 ^b	16.3±0.2 ^c
Zn	1.6±0.0 ^a	1.2±0.0 ^c	1.4±0.0 ^b
Fe	2.3±0.1 ^a	0.9±0.0 ^b	0.9±0.0 ^b
S	96.5±3.4 ^a	91.0±2.4 ^b	89.3±1.7 ^b
P	108.0±2.4 ^a	103.4±1.4 ^b	101.4±1.4 ^b

Data represent means ± standard deviations of three measurements

Differ significantly ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test

주요 무기이온으로는 K, P, Ca, Mg 및 Na가 검출되었으며, 이들 대부분은 F_0 값이 증가함에 따라 함량이 감소하는 경향을 보였다. 예를 들어, Na는 F_0 6, 8 및 10분 처리구에서 각각 777.7 ± 4.3 , 725.3 ± 5.8 , 659.3 ± 6.5 mg으로 감소하였고, K와 P도 각각 $165.2 > 151.4 > 153.2$ mg 및 $108.0 > 103.4 > 101.4$ mg으로 나타났다. Ca, Mg, Fe 등도 유사한 감소 경향을 보였다. 이러한 무기이온의 감소는 고온가열살균 중 열분해 및 용출에 의한 손실 때문인 것으로 생각되었다.

8. 주석 정량

식품공전(MFDS, 2025)에 따르면 통조림 식품의 주석 함량은 알루미늄 캔을 제외한 제품의 경우 150mg/kg 이하, 산성 통조림의 경우 200mg/kg 이하로 규정되어 있다. 본 연구에서 118℃에서 F_0 값을 각각 6, 8 및 10분으로 설정하여 살균한 조미 먹장어 통조림의 주석 함량을 분석한 결과, <Table 7>과 같이 모든 시료에서 주석이 불검출로 나타났다. 따라서 본 실험에서 제조된 조미 먹장어 통조림은 식품공전 기준을 충족하며, 주석으로 인한 위생학적 위해 우려가 없는 안전한 제품으로 판단된다.

<Table 7> Tin content for three kinds of canned seasoned Inshore hagfish processed at various F_0 -values

Sample	Tin content (mg/kg)
F_0 -value - 6	ND
F_0 -value - 8	ND
F_0 -value - 10	ND

한편, 피조개 조미 통조림의 HACCP 계획 수립을 위해 중금속 함량을 분석한 결과, 총 수은 0.018mg/kg, 납 0.074mg/kg, 카드뮴 0.025mg/kg, 주석 0.056mg/kg이 측정되었으며, 식품공전에서

제시한 한계 규정(납 2.0mg/kg, 카드뮴 2.0mg/kg, 총 수은 0.5mg/kg)을 초과한 검체는 없었다(Kang et al., 2018).

9. 관능평가

가열살균 처리 정도가 조미 먹장어 통조림의 관능적 기호도에 미치는 영향을 평가하기 위해, 색도, 냄새, 맛, 조직감 등 네 가지 항목에 대해 F_0 값 6, 8 및 10분을 기준으로 한 5점 척도 관능검사를 실시하였으며, 그 결과는 <Table 8>에 제시하였다. 맛의 경우 F_0 6, 8 및 10분 처리구에서 각각 2.98, 3.03, 3.00점으로 나타났으며, 냄새는 각각 2.87, 3.12, 3.00점으로 처리 간 유의한 차이는 없었다. 색도는 F_0 값 8분 처리구에서 가장 높은 점수(3.32)를 기록하였고, 조직감은 F_0 값 10분에서 가장 높은 점수(3.00)를 보였다. 전반적으로 F_0 값 8분에서 색조와 기호도가 우수하게 평가되어, 관능적 품질 측면에서 가장 적합한 살균 조건으로 판단되었다.

<Table 8> Changes in sensory evaluation of canned seasoned Inshore hagfish processed at various F_0 -values

	F_0 -value		
	6	8	10
Color	2.94	3.32	3.00
Odor	2.87	3.12	3.00
Taster	2.98	3.03	3.00
Texture	2.58	2.85	3.00

Data represent means $\pm$ standard deviations of three measurements

Differ significantly ($P < 0.05$) by Duncan's multiple range test

IV. 결 론

본 연구에서는 고온가열 살균 처리에 따른 조미 먹장어 통조림의 품질 변화를 평가하였다. F_0

값이 증가함에 따라 수분 함량은 감소하였으며, 조단백질 함량은 유의미하게 감소하고, 조지방과 조회분 함량은 증가하는 경향을 보였다. 또한, pH는 살균 처리에 따라 큰 변화 없이 일정한 범위를 유지하였다. TBA값은 F_0 값 증가에 따라 감소하였고, 이는 고온 처리 중 지질 산화물이 분해되거나 감소한 결과로 해석되었다. 아미노질소 함량은 가열 시간이 길어질수록 증가했으며, 이는 고온처리에 의해 단백질이 분해되고 저분자 질소화합물이 증가했기 때문으로 판단된다. 색도는 F_0 값 증가에 따라 명도와 적색도가 높아졌으며, 관능검사에서도 F_0 값 8분 처리구가 색조와 기호도에서 가장 높은 점수를 기록하였다. 또한, 주요 무기이온들은 F_0 값 증가에 따라 대부분 감소하는 경향을 보였으며, 주석 함량은 모든 처리구에서 불검출로 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로, F_0 값 8분 처리가 조미 먹장어 통조림의 품질을 유지하면서도 미생물 안전성을 확보할 수 있는 최적의 살균 조건임을 알 수 있었다. 특히 관능평가에서의 긍정적인 결과는 본 제품의 소비자 기호도 측면에서 유망함을 시사하며, 조미 먹장어 통조림의 제품화 가능성과 상업적 활용성에 대한 기초 자료로서의 의의를 갖는다. 따라서 본 연구는 고온가열 살균 처리의 적정 시간을 제시함과 동시에, 먹장어 통조림 제품 개발 및 상용화에 기여할 수 있는 유용한 정보를 제공한다.

References

- AOAC(Association of Official Agricultural Chemists)(2000). Official methods of analysis, 17th ed. AOAC. Washington D.C., U.S.A., 70~75.
- Byun GI and Choi SK(2005). The effect of relational leadership on empowerment, and organizational commitment: Focus on the relationship between owner and manager in chinese restaurant context. *Journal of the Korean Society of Food Culture*. 20(5), 561~573.
- Do YH, Min BH, Myeong JI, Jee YJ, Chang YJ(2014). Effects of water temperature and salinity on blood properties and oxygen consumption in hagfish (*Eptatretus burgeri*). *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*. 26(1), 214~222. <http://dx.doi.org/10.13000/JFMSE.2014.26.1.214>
- Hwang EY(1999). Nutritional qualities of meat protein and biologically active peptide in hagfish, *Eptatretus burgeri*. Ph.D. thesis. Pukyung National University, Busan, Korea.
- Kang YM, Cha JW, Lee SG, Lee JH and Kim JS(2018). Risk assessment and work in field for HACCP system construction of canned seasoned Broughton's ribbed ark *Scapharca broughtonii*. *Korean journal of fisheries and aquatic sciences*. 51(5), 524~534. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2018.0524>
- Kase M, Shimizu T, Kamino K, Umetsu K, Sugiyama H, Kitano T(2018). Brown hagfish from the northwest and east coasts of Honshu, Japan are genetically different. *Genes Genet Syst*. 92(4), 197~203.
- Kim DH, Kwon RW, Kong CS, Kim HJ, Hwang SW, Park PS and Kim JG(2021). Processing and Quality Characteristics of Canned Scallop *Patinopecten yessoensis* in Different Oil. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*. 33(1), 88~100. <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2021.2.33.1.88>
- Kim IS, Choi Y, Lee CY, Lee YJ, Kim BJ and Kim JH(2005). Illustrated book of Korean Fishes. Kyohak Publishing Co. Ltd, 1~44.
- Kim JS, Oh KS and Lee JS(2001). Comparison of food component between conger eel(*Conger myrister*) and sea eel(*Muraenesox cinereus*) as a silced raw fish meat. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 34(6), 678~684.
- Kim KH(2014). Concentration and risk assessment of heavy metal in mainly consumed fishes. Master Thesis, Gyeongsang University, Tongyeong, Korea.
- Kohara T(1982). Handbook of food analysis. Kenpakusha, Tokyo, Japan, 51~55.
- Kwon SJ, Lee JD, Yoon MJ, Jung JH, JE HS, Kong CS and Kim JG(2014). Processing and characteristics of canned salt-fermented anchovy fillet in olive oil. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*. 26(5), 1175~1184.

- <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2014.26.5.1175>
- Lee JH, Song GC and Lee KT(2016). Quality differences of retorted Samgyetangs as affected by F0-value levels. *Food Science and Preservation*. 23(6), 848~858.
<https://doi.org/https://doi.org/10.11002/kjfp.2016.23.6.848>
- MFDS(2024). Korean food code. chapter 7. General analytical method. Retrieved from <http://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/food/foodRvLv/foodRvLv.do>
- MFDS(2025). Korean food code, chapter 5. Standards and Specifications for Food.
https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/03_02.jsp?idx=34/ do on Apr. 1, 2025.
- MOF(Ministry of Oceans and Fisheries)(2020). Fisheries Information Service, <http://www.fips.go.kr/>
- Nam DB, Park DH, Park JH, Kwon RW, Kwon SJ, Park JS, Jung HB, Kong CS and Kim JG(2019). Processing and Characteristics of Canned Seasoned Conger Eel *Conger myriaster*. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*. 31(5), 1255~1267.
<https://doi.org/10.13000/JFMSE.2019.10.31.5.1255>
- Noe YN, Yoon HD, Kong CS, Nam DB, Park TH and Kim JG(2011). Preparation of retort pouched seasoned sea mussel and its quality stability during storage. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*. 23(4), 709~722.
- Park GH(2010). Studies on the Extractive Nitrogenous Constituents of Congroidei. Department of Marine Food Science and Technology. Graduate School. Chonnam National University, Gwangju, Korea.
- Steel RGD and Torrie JH(1980). Principle and procedures of statistics, 1 st ed. Tokyo, McGraw-Hill Kogakusha, 187~221.
- Tsutagawa Y, Hosogai Y and Kawai K(1994). Comparison of mineral and phosphorus contents of muscle and bone in wild and cultured horse mackerel. *J. Food Hygienic Soc. Japan*, 35(3), 315~318.
- Yoon HD, Shim KB, Noe YN, Kong CS, Nam DB, Park TH and Kim JG(2011). Preparation and characterization of canned Kwamaegi(I). *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*. 23(4), 662~672.

-
- Received : 29 April, 2025
 - Revised : 19 May, 2025
 - Accepted : 28 May, 2025