

## 마늘 추출물의 고등어육에서의 히스타민 생성 억제

심재훈<sup>1</sup> · 백현동<sup>2</sup> · 이시경<sup>2</sup>

<sup>1</sup>건국대학교 농축대학원 바이오식품공학과 · 국립수산물품질관리원  
<sup>2</sup>건국대학교 축산식품생명공학과

### Inhibitory Effect of Garlic Extract on Histamine Accumulation in Mackerel Meat

Jae-Hun Shim<sup>1</sup>, Hyun-Dong Paik<sup>2</sup>, and Si-Kyung Lee<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of BioFood Science and Technology, Agrc. Livestock Graduate School, Konkuk University & National Fishery Products Quality Management Service

<sup>2</sup>Department of Food Science and Biotechnology of Animal Resources, Konkuk University

**ABSTRACT** This study was carried out to investigate the effects of garlic extract on histamine reduction in mackerel meat stored at 4°C and 15°C, respectively. The number of total bacteria in mackerel meat treated with 7.5% garlic extract was ten times lower than that of the control stored for 6 days of 4°C. However, there was no difference among the samples after 9 days of storage. Reduction of eicosapentaenoic acid (C20:5) and docosahexaenoic acid (C22:6) contents was observed in the normal control group at both temperatures. However, contents of these two polyunsaturated fatty acids slightly increased in garlic extract-treated fish. Amounts of volatile basic nitrogen increased over time in the control group, but decreased in the garlic extract-treated meat, indicating that garlic extract might suppress decomposition. No histamine was detected initially in all samples. However, a small amount of histamine (42.87 mg/kg) was detected in the control at 3 days after storage at 4°C. Histamine content increased continuously with storage period but was lower in mackerel meat containing garlic extract, in which histamine suppression was proportional to the concentration of garlic extract. It can be concluded that garlic extract could be utilized to extend the storage period of mackerel.

**Key words:** mackerel, garlic extract, histamine, VBN

## 서 론

고등어(*Scomber japonicus*)는 경골어류 농어목 고등어과에 속하며 우리나라 전 연근해에 분포하고, 전 세계 아열대 및 온대 해역 연안에 주로 서식한다(1). 고등어는 단백질과 지질이 풍부한 고열량 식품으로 지질의 주요 성분은 docosahexaenoic acid(DHA), eicosapentaenoic acid(EPA) 등 omega-3 지방이다. 고등어의 DHA는 치매, 천식, 아토피성 피부염, 동맥경화, 암 예방에 효과적이며, EPA는 혈중 콜레스테롤 수치를 낮추고 혈관에서 피가 엉기는 혈전을 막아 동맥경화, 혈전증, 고혈압, 심장병, 뇌졸중 등 수명을 단축시키는 혈관질환들을 예방해 준다(2,3). 고등어의 단백질 함량은 100 g당 20.2 g이나 되는데 고등어의 단백질을 구성하는 여러 아미노산 가운데 가장 주목받는 것은 타우린

(taurine)이다. 타우린은 혈압과 혈중 콜레스테롤을 낮추고 간 기능을 높이며 천식을 개선하고 시력을 보호한다(1,4). 이러한 고등어의 장점에도 불구하고 선도 저하와 부패속도가 빠르기 때문에 신선한 상태로 식탁에 오르기 힘들어 냉장이나 냉동품, 염장품, 통조림 가공품 형태와 구이, 조림 등의 요리로 소비되어 이용된다.

고등어의 선도 저하와 보관 상태에 따라 histamine fish poisoning을 유발할 수 있으며, 히스타민(histamine)은 식품에서 위험을 초래하는 scombroid poisoning의 원인물질이다. 히스타민은 생리전달물질로서 체내에 널리 분포하고 있으며 조직 내에서는 단백질과 결합하여 비활성의 상태로 존재함으로써 알레르기 반응을 일으키지 않는다(5,6). 하지만 어육의 부패 시 발생하는 히스타민은 보통 발진, 두드러기, 구토, 설사, 홍조, 피부 가려움증 등의 다양한 증상을 나타내는 가벼운 질환이나 히스타민에 대한 섭취량이나 개개인의 감수성에 따라 심각한 증상을 보일 수 있다. 고등어는 근육 내에 높은 수준의 free histidine을 함유하고 있으며 이는 자주 scombroid poisoning 사건과 연관된다(7,8).

히스타민의 발생을 억제하기 위해서 히스타민 생성균과

Received 5 April 2017; Accepted 29 May 2017

Corresponding author: Si-Kyung Lee, Department of Food Science and Biotechnology of Animal Resources, Konkuk University, Seoul 05029, Korea

E-mail: lesikyung@konkuk.ac.kr, Phone: +82-2-450-3759

histidine decarboxylase를 불활성화시키려는 노력으로 향신료를 첨가함으로써 항균작용 및 histidine decarboxylase 활성 억제에 관한 연구(8,9)와 감태 및 비틀대 모자반 에탄올 추출물, 한약재 및 해조류 추출물에 의한 히스타민 생성억제 효과 등(10,11)에 대한 연구가 보고되었다.

오늘날 다양하고 새로운 식품들이 유통됨에 따라 보존기간의 연장이나 식품 부패 미생물에 대한 살균 등의 저장성에 대한 문제가 대두되고 있고 기존에 사용되던 합성 보존료들은 취급과 사용에 제한을 받고 있으며, 소비자들의 기호는 인위적인 합성물질보다 식품의 맛과 영양이 보존되면서 안전하게 바로 먹을 수 있는 천연물질로 관심이 이동되고 있다. 마늘은 우리나라를 비롯하여 중국, 일본 등에서 많이 재배되고 있는 향신 조미료로서 중앙아시아가 원산지인 백합과에 속하는 다년생 채소이다. 마늘의 대표적인 성분은 alliin이라는 유황 화합물이다. Alliin은 아무런 향이 없지만 마늘 조직이 상처가 나는 순간 alliin은 조직 안에 있는 alliinase라는 효소와 작용해 자기방어 물질인 allicin이 된다. 마늘의 allicin은 주요 항균작용을 하는 물질로써 Gram 양성균, Gram 음성균, 곰팡이, 효모 및 원생동물의 번식을 억제한다고 보고되고 있고 마늘에 있는 allicin의 미생물에 대한 항균작용은 thiosulfinate기가 미생물의 대사에 중요한 역할을 하는 효소 중에서 -SH기를 가지는 효소와 결합하여 불활성화시키기 때문에 미생물에 대한 억제 효과가 있는 것으로 알려져 있다(12). 마늘의 항균 효과에 대한 연구로는 식육에 마늘즙액을 처리하여 *E. coli*에 대한 항균작용을 확인한 결과, 처리하지 않은 대조군보다 마늘즙을 첨가한 경우에 식육의 생균수가 감소하여 마늘의 항균 효과가 우수하다고 보고된 바 있고(13), 마늘즙이 다른 한약재에 비해 그람 양성균 보다는 그람 음성균에 대한 항균 활성이 크다는 연구 결과도 보고되었다(14).

따라서 본 연구에서는 인체 유해성분인 히스타민을 저감화할 수 있는 방법으로 고등어육에 시중에서 쉽게 구할 수 있는 천연 향신료인 마늘의 추출물을 제조하여 0, 2.5, 5, 7.5%를 첨가 후 4°C와 15°C에서 저장하면서 저장 기간에 따른 히스타민과 휘발성 염기질소(volatile basic nitrogen, VBN)의 생성량을 조사하여 고등어의 신선도를 유지할 수 있는 기초자료로 삼고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 시료

본 실험에 사용된 마늘은 인천 시내 대형마트에서 구입하여 사용하였다. 이를 수도물로 깨끗이 씻어 물기를 제거하고 clean bench에서 멸균된 증류수로 세 차례 세척하여 멸균한 blender(HGB7WTS3, Waring Co., McConnellsburg, PE, USA)에 멸균수와 1:1 비율이 되도록 혼합한 후 분쇄하였다. 이를 4,500 rpm(Union 5KR, Hanil Co., Incheon, Korea)으로 4°C에서 30분간 원심분리 한 후 상층액을 멸균 filter

로 여과하여 추출액으로 사용하였다. 고등어(*Scomber japonicus*)는 E마트(Incheon, Korea)에서 판매 중인 냉장고 등어를 구입하여 실험에 이용하였다.

### 마늘 추출물 처리

고등어를 구입 후 가식 부위인 어육만을 잘게 잘라 blender(HGB7WTS3, Waring Co.)로 분쇄하여 마늘 추출물을 각각 육 대비 0%, 2.5%, 5%, 7.5% 비율로 첨가한 다음 멸균한 균질기(SX08, Mitsui Electric Co., Noda, Japan)로 균질화시킨 후 각각 150 g씩 지퍼백에 이중 포장하고 이를 고등어육으로 하여 4°C 및 15°C에서 3일 간격으로 12~15일 동안 저장하면서 실험을 진행하였다.

### 시약

히스타민 분석을 위하여 사용된 표준품 히스타민과 유도체 시약인 dansyl chloride, 내부표준물질 1,7-diaminoheptane은 모두 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구매하여 사용하였으며 이동상인 acetonitrile(Merck Ltd., Darmstadt, Germany)은 HPLC급을 사용하였고 기타 시약은 특급을 구입하여 사용하였다.

### 일반세균수의 측정

4°C와 15°C에서 고등어육을 저장하면서 무균적으로 5g을 취한 후, 멸균 BPW(buffered peptone water)를 10배 가하여 균질기(Stomacher 400 Circulator, Seward, Worthing, UK)로 1분간 균질화한 후 10배 희석법으로 희석하여 희석액을 멸균된 PCA(Plate Count Agar) 배지에 도말하여 37°C에서 24~48시간 배양한 다음 생성된 집락수를 측정하였다.

### 지방산의 조성 변화 확인

지질의 추출은 일정량의 시료를 삼각플라스크에 넣고 검체가 잠길 정도의 약 100 mL 에테르를 가하여 흔들어 약 1시간 방치한 후 여액을 분액깔때기에 옮기고, 물로 세척하여 물층을 버리고 무수 황산나트륨으로 탈수한 후 35°C 수욕상에서 감압 농축하였다.

지방산 측정은 식품공전(Korean Food Standards Codex)의 지방산 시험법(15)으로 GC(Gas Chromatography, Agilent 7890B, Agilent Co., Santa Clara, CA, USA)를 이용하여 분석하였다. 추출한 지질 약 25 mg을 유리 튜브에 정밀히 취하여 내부표준용액 1 mL를 첨가하고 0.5 N 메탄올성 수산화나트륨 용액 1.5 mL를 넣고 질소를 불어넣은 후 뚜껑을 덮고 혼합하였다. 이어 100°C heating block에서 약 5분간 가온하고 냉각한 후 14% 트리플루오로보란메탄올 용액 2 mL를 가하고 다시 질소를 불어넣고 혼합하여 100°C에서 30분간 가온하였다. 이어 30~40°C로 냉각하여 이소옥탄 용액 1 mL를 가하여 질소를 불어넣은 후 이 온도에서 30초간 진탕한 다음, 즉시 포화 염화나트륨 용액 5 mL를

가하고 질소를 붙여넣은 후 뚜껑을 덮고 진탕하였다. 상온으로 냉각한 후 수층으로부터 분리된 이소옥탄층을 무수황산나트륨으로 탈수하여 GC로 측정하였다. 이때 column은 SP-2560(100 m×0.25 mm×0.2 µm, Sigma-Aldrich Co.), Detector는 flame ionization detector를 사용하였다. Inlet 온도는 225°C, 검출기 온도는 285°C, oven 온도는 100°C에서 4분간 온도를 유지한 후 분당 3°C로 240°C까지 상승시킨 다음 15분 이상 유지시켰고 carrier gas는 N<sub>2</sub>를, 유속은 0.8 mL/min으로 하였다. 지방산 조성은 peak 면적의 상대적 비(%)로 나타내었다.

### 휘발성 염기질소 함량 측정

휘발성 염기질소의 측정은 식품공전의 미량화산(Conway)법(16)을 이용하였다. 고등어육을 10 g 취하여 증류수 50 mL를 넣고 잘 섞어 30분간 침출하고 여과한 다음 여과액을 5% 황산으로 중화시킨 후 증류수를 넣어 100 mL로 정용하여 시험용액으로 하였다. Conway unit을 약간 기울여 놓고 외실의 아래쪽에 시험용액 1 mL를 피펫(Vol)을 사용하여 넣은 후 내실에 0.01 N 황산 1 mL를 같은 방법으로 넣었다. 그다음 덮개의 갈아 맞추는 부분에 기밀제 소량을 고무 바르고 탄산칼륨 포화용액 약 1 mL를 외실의 위쪽에 넣고 덮개를 덮어 클립으로 고정하고 시험용액과 탄산칼륨 포화용액을 잘 섞었다. 그 후 25°C에서 1시간 반응시킨 다음 내실의 황산 용액에 메틸레드 0.2 g 및 메틸렌블루 0.1 g을 에탄올 300 mL에 녹인 Brunswik 시액 한 방울을 넣고 마이크로뷰렛을 사용하여 0.01 N 수산화나트륨 용액으로 적정하였다.

### 히스타민 분석

히스타민의 분석은 식품공전(Korean Food Standards Codex)의 히스타민 분석법(17)을 사용하였으며 HPLC(High Performance Liquid Chromatography, LC-20AD series system, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용하여 분석하였다. 시료 5 g에 0.1 N 염산을 25 mL를 가한 다음 균질화하고 이것을 원심분리(4,000×g, 4°C, 15 min) 한 후 여과하여 취하는 조작을 2회 반복하여 얻은 상층액을 합치고 0.1 N 염산을 가해 50 mL로 한 것을 추출용액으로 하였다. 표준용액 및 시험용액 각각 1 mL를 유리시험관에 취한 다음 내부표준용액 100 µL를 가하였다. 여기에 포화 탄산나트륨 용액 0.5 mL와 1% 염화단실아세톤 용액 0.8 mL를 가하여 혼합한 후 마개를 하여 45°C에서 1시간 유도체화하였다. 유도체화시킨 표준용액 및 시험용액에 10% 프롤린 용액 0.5 mL 및 에테르 5 mL를 가하여 약 10분간 진탕하고 상층액을 취하여 질소 농축한 후 아세트니트릴 1 mL를 가하여 0.45 µm의 membrane filter(67841304, Whatman Ltd., Maidstone, UK)로 여과하여 시험용액으로 하였다. 분석은 HPLC(LC-20AD series system, Shimadzu Co.)를 사용하였고 칼럼은 CAPCELL PAK C18 UG120 column(5 µm, size 4.6 mm I.D.×25 mm, Shimadzu Co.), Detector는

PDA( SPD-M20A, Shimadzu Co.)를 이용하였다. 이동상 조건은 아세트니트릴과 물의 혼합액으로 55% 아세트니트릴을 최초 10분간 유지 후 15분까지 65%, 20분까지 80%로 하여 5분간 유지 후, 30분까지 90%로 하여 5분간 유지시켰고 유속은 1 mL/min으로 하였다.

### 통계처리

실험 결과에 대한 통계처리는 SPSS 통계 package(Ver. 18.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고 시료 간 유의성을  $P < 0.05$  수준에서 던컨 다중범위 시험법(Duncan's multiple range test)으로 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 고등어육의 일반세균수의 변화

고등어육에 마늘 추출물을 각각 0, 2.5%, 5%, 7.5% 첨가하여 4°C와 15°C에서 저장하면서 3일 간격으로 고등어육에서의 일반세균수 변화를 측정된 결과는 Table 1과 같다. 4°C 저장 실험에서 저장 초기에 대조구와 마늘 추출물 처리구의 일반세균수는 10<sup>3</sup> CFU/g으로 차이가 없었으나, 시간이 경과함에 따라 차이가 있어 6일 경과 후 대조구의 일반세균수는 10<sup>6</sup> CFU/g이었고, 마늘 추출물 첨가구는 10<sup>5</sup> CFU/g으로 약 1 log cycle의 균이 억제되는 것을 보였다. 그러나 저장 9일차에는 10<sup>6</sup> CFU/g, 저장 15일차에는 10<sup>7</sup> CFU/g으로 대조구와 첨가구 모두 증가하여 비슷한 세균수를 나타내었다. 이러한 현상은 초기에 마늘 추출물에 의해 세균이 억제됐으나 시간이 경과함에 따라 첨가구의 수분 함량에 따라 균이 증식하여 비슷한 수치를 나타내는 것으로 보이고 추출물 처리에 의한 미생물의 생육 증식억제가 한계치를 넘은 것으로 판단된다.

15°C 저장 시에는 저장 3일차에 대조구의 세균수가 마늘 추출물 처리구보다 많은 균수를 보였다. 저장 6일차에는 대조구와 첨가구의 세균수가 10<sup>8</sup> CFU/g 이상으로 나타났으며, 특히 7.5% 마늘 추출물 처리구에서 가장 낮아 9.1×10<sup>7</sup> CFU/g이었다. 일반적으로 어육 중 세균수가 10<sup>5</sup> CFU/g 이하이면 신선하고, 10<sup>5</sup>~10<sup>6</sup> CFU/g이면 초기부패를 나타내며 10<sup>7</sup> CFU/g일 경우 부패한 것으로 볼 수 있는데(18), 본 연구의 4°C 저장 실험에서는 대조구가 6일차에 세균수가 1.1×10<sup>6</sup> CFU/g이었으나 마늘 추출물 처리구는 저장 9일차에 1.4~2.0×10<sup>6</sup> CFU/g으로 나타나 저장기간이 연장되었다. 15°C 저장 실험에서는 저장 3일에 마늘 추출물 5%와 7.5% 첨가구에서 10<sup>6</sup> CFU/g으로 초기부패가 시작되었으나 대조구와 추출물 2.5% 첨가구는 8.2×10<sup>7</sup> 및 6.7×10<sup>7</sup> CFU/g으로 나타나 부패된 것을 확인할 수 있었다. 그러나 15°C 저장 시에 12일 이후에는 마늘 추출물 첨가에 의한 더 이상의 세균 감소는 나타나지 않았다.

대조구의 경우 Kwon(19)이 고등어 fillet 육을 5°C에 저

**Table 1.** The changes of viable cells in mackerel treated with garlic extract in storing at 4°C and 15°C for 15 days (Unit: CFU/g)

	Days	Control <sup>1)</sup>	2.5%	5%	7.5%
4°C	0	3.2±0.05×10 <sup>3c2)</sup>	3.1±0.06×10 <sup>3c</sup>	3.6±0.07×10 <sup>3b</sup>	3.9±0.04×10 <sup>3a</sup>
	3	6.9±0.05×10 <sup>4a</sup>	4.6±0.15×10 <sup>4b</sup>	3.0±0.03×10 <sup>4c</sup>	5.5±0.10×10 <sup>3d</sup>
	6	1.1±0.03×10 <sup>6a</sup>	5.9±0.01×10 <sup>5b</sup>	3.8±0.02×10 <sup>5c</sup>	3.3±0.01×10 <sup>5d</sup>
	9	3.2±0.08×10 <sup>6a</sup>	2.0±0.08×10 <sup>6b</sup>	1.6±0.03×10 <sup>6c</sup>	1.4±0.06×10 <sup>6c</sup>
	12	7.5±0.20×10 <sup>6a</sup>	7.0±0.25×10 <sup>6a</sup>	6.2±0.25×10 <sup>6b</sup>	5.2±0.26×10 <sup>6c</sup>
	15	5.2±0.06×10 <sup>7a</sup>	4.9±0.20×10 <sup>7a</sup>	4.1±0.20×10 <sup>7b</sup>	2.6±0.12×10 <sup>7c</sup>
15°C	0	3.2±0.05×10 <sup>3c</sup>	3.1±0.06×10 <sup>3c</sup>	3.6±0.07×10 <sup>3b</sup>	3.9±0.04×10 <sup>3a</sup>
	3	8.2±0.26×10 <sup>7a</sup>	6.7±0.64×10 <sup>7b</sup>	1.5±0.06×10 <sup>6c</sup>	1.1±0.03×10 <sup>6c</sup>
	6	1.8±0.02×10 <sup>8a</sup>	1.5±0.10×10 <sup>8b</sup>	1.0±0.02×10 <sup>8c</sup>	9.1±0.30×10 <sup>7c</sup>
	9	6.5±0.06×10 <sup>8a</sup>	6.3±0.03×10 <sup>8a</sup>	3.7±0.41×10 <sup>8b</sup>	3.6±0.10×10 <sup>8b</sup>
	12	8.5±0.15×10 <sup>8a</sup>	8.3±0.40×10 <sup>8a</sup>	8.3±0.15×10 <sup>8a</sup>	8.1±0.25×10 <sup>8a</sup>
	15	4.0±0.07×10 <sup>9a</sup>	3.8±0.13×10 <sup>9a</sup>	3.9±0.08×10 <sup>9a</sup>	3.2±0.12×10 <sup>9b</sup>

<sup>1)</sup>Mackerel treated with 0, 2.5, 5, and 7.5% of garlic extract.

<sup>2)</sup>Mean±SD.

Means with the different letters (a-d) within a row are significantly different at  $P<0.05$  by Duncan's multiple range test.

장하여 14일차에 확인한 세균수나, Kim 등(20)이 4°C에서 10일 및 15일간 고등어육을 저장하여 확인한 연구에서의 일반세균수는 각각 10<sup>6</sup> CFU/g과 10<sup>7</sup> CFU/g을 보였다고 하여 본 연구 결과와 유사하였다. 그러나 해조류와 한약재를 사용한 Jung 등(11)과 Kim 등(20)의 연구에서는 이들 첨가물이 미생물 증식억제에 효과가 있다고 보고하였다. 본 연구에서도 마늘 추출물 첨가에 의해 고등어육의 일반 세균수가 감소하여 세균 증식억제 효과가 있었으나 크지 않았다. 이는 마늘 추출물 제조 시 마늘과 멸균수를 1:1로 혼합하여 분쇄한 것에 기인하는 것으로 생각된다. 한편 Kim 등(13)은 37°C에서 18시간 배양시킨 *E. coli* O157:H7 배양액의 세균수는 7.0×10<sup>8</sup> CFU/mL였으나 마늘즙을 1%와 3% 첨가한 배양액의 세균수는 각각 1.0×10<sup>8</sup> CFU/mL와 2.4×10<sup>3</sup> CFU/mL로 나타나 항균 효과가 있었다고 하였다. 또한, 분쇄한 쇠고기에 *E. coli* 균주를 접종하여 8°C에서 저장 시 9일 후에 마늘즙을 첨가한 쇠고기에서 약 2 log 감소하였다고 하여 마늘즙에 의한 항균 효과를 확인할 수 있었다고 하였다. 이상의 실험에서 마늘 추출물의 첨가에 의한 고등어육의 세균수 감소는 마늘의 allicin에 의한 항균작용으로 생각된다(12).

### 고등어육의 지방산 조성 변화

고등어육에 마늘 추출물을 0, 2.5%, 5%, 7.5%를 첨가하여 4°C와 15°C에서 저장하면서 6일 간격으로 지방산 조성 변화를 측정된 결과는 Table 2 및 3과 같다. 대조구 시료에서의 지방산 함량은 palmitic acid(C16:0)와 oleic acid(C18:1)가 각각 20.07%, 25.06%로 전체의 45.13%를 나타냈으며 다음으로 다가 불포화 지방산인 docosahexaenoic acid(DHA, C22:6)가 17.96%, eicosapentaenoic acid(EPA, C20:5)가 6.05%로  $\omega$ -3계 지방산의 함량이 다소 높았다. 전체 지방산 조성 중 포화지방산(saturated fatty acid, SFA)은 32.82%이고 단일불포화지방산(monounsaturated fatty

acid, MUFA)은 35.85%였으며, 다가불포화지방산(polyunsaturated fatty acid, PUFA)은 31.32%로 나타났다. 이는 Park(21)이 시판 유통 중인 생고등어와 간고등어의 품질평가에 관한 연구에서 포화지방산은 38.46%, 단일불포화지방산은 30.21%, 다가불포화지방산은 31.33%의 결과와 다소 차이가 있었으나 이는 계절과 산지에 따른 차이라고 생각된다.

Kim과 Park(22)은 고등어 지방의 산화에 관한 연구에서 DHA와 EPA 모두 저장 실험 중 감소하였다고 하였다. 이는 본 실험의 4°C 저장 중 대조구의 EPA가 초기 6.05%에서 12일차에 5.97%, DHA는 초기 17.96%에서 12일차에 17.24%로 다소 감소하여 유사한 결과를 보였지만 마늘 추출물 2.5%, 5%, 7.5% 첨가구는 EPA가 저장 초기에 각각 6.01%, 6.06%, 5.96%였으며 DHA도 각각 17.98%, 18.31%, 17.75%였으나 저장 12일차에는 다소 증가하였다. 15°C 저장 실험에서도 대조구의 경우 EPA가 초기 6.05%에서 12일차에 6.10%였으며, DHA는 초기 17.96%에서 12일차에 17.86%로 다소 감소하였다. 이상의 실험에서 마늘 추출물 첨가구는 4°C와 15°C 저장 실험에서 EPA와 DHA의 지방산 함량이 다소 상승하는 경향을 보였다. Shin과 Kim(23)은 마늘과 양파즙이 굴비의 지방산 조성과 지방산화에 미치는 영향에 관한 연구에서 대조구의 굴비는 건조 30일 경과 후 DHA의 함량이 8.18%에서 7.37%로, EPA 함량이 3.81%에서 3.71%로 감소하였으나 마늘과 양파 혼합액 처리 굴비는 DHA의 함량이 8.18%에서 9.91%로, EPA 함량은 3.81%에서 4.25%로 증가하였다고 하여 양파즙과 마늘즙 첨가가 지방산화 억제에 효과가 있음을 보고하였다. 또한, Choi(24)의 연구에서도 표고버섯 가공부산물을 이용해 만든 조 추출액을 고등어에 5%, 10% 첨가하여 5°C에서 저장하면서 지방산 조성을 확인한 결과, 대조구에서는 DHA와 EPA 함량이 감소하였으나 조 추출액 첨가구는 큰 변화가 없었다고 하여 본 실험의 결과와 유사하였다.

**Table 2.** The changes of fatty acid composition in mackerel treated with garlic extract in storing at 4°C for 12 days (Unit: area%)

Fatty acids	0%			2.5%			5%			7.5%		
	0 day	6 day	12 day	0 day	6 day	12 day	0 day	6 day	12 day	0 day	6 day	12 day
C14:0	3.89	3.92	3.94	3.79	3.85	3.55	3.71	4.12	3.81	3.81	4.04	3.95
C15:0	0.83	0.86	0.86	0.86	0.87	0.83	0.84	0.89	0.85	0.85	0.88	0.82
C16:0	20.07	20.47	20.43	20.52	20.78	20.41	20.07	20.84	20.01	20.31	20.87	21.31
C17:0	1.03	1.06	1.07	1.10	1.13	1.09	1.08	1.13	1.11	1.10	1.12	1.06
C18:0	6.10	6.35	6.52	6.70	6.86	6.61	6.65	6.66	6.85	6.82	6.81	6.72
C20:0	0.57	0.63	0.62	0.61	0.64	0.62	0.64	0.67	0.64	0.66	0.65	0.55
C22:0	0.32	0.37	0.35	0.36	0.35	0.36	0.38	0.35	0.36	0.39	0.35	0.30
Saturates	32.82	33.66	33.79	33.93	34.48	33.46	33.37	34.66	33.63	33.93	34.72	34.70
C16:1	3.69	3.69	3.81	3.61	3.66	3.66	3.55	3.78	3.67	3.64	3.73	3.57
C17:1	0.43	0.45	0.43	0.46	0.46	0.42	0.45	0.45	0.41	0.49	0.45	0.37
C18:1	25.06	24.75	24.68	24.17	23.90	23.48	24.11	23.09	23.33	24.00	24.11	24.68
C20:1	3.80	3.90	3.87	3.82	3.82	3.70	3.92	3.81	3.83	3.89	3.84	3.72
C22:1	1.94	2.01	1.98	1.92	1.98	1.81	2.00	2.16	1.98	1.98	1.94	1.71
C24:1	0.93	0.99	0.94	1.03	1.05	1.06	1.05	1.03	1.11	1.04	1.03	0.92
Monoenes	35.85	35.80	35.71	35.00	34.86	34.13	35.08	34.31	34.32	35.05	35.10	34.97
C18:2	2.16	2.13	2.15	2.05	2.09	1.98	2.11	2.19	2.06	2.14	2.15	2.04
C18:3	1.49	1.44	1.43	1.40	1.42	1.36	1.41	1.46	1.39	1.45	1.43	1.29
C20:2	1.83	1.74	1.72	1.61	1.60	1.56	1.63	1.73	1.58	1.65	1.61	1.48
C20:4	1.32	1.35	1.43	1.48	1.48	1.49	1.50	1.39	1.55	1.51	1.43	1.36
C20:5	6.05	5.99	5.97	6.01	5.91	6.35	6.06	6.11	6.12	5.96	5.95	5.97
C22:2	0.51	0.54	0.56	0.53	0.52	0.52	0.54	0.54	0.52	0.56	0.53	0.43
C22:6	17.96	17.36	17.24	17.98	17.65	19.15	18.31	17.61	18.82	17.75	17.09	17.76
Polyenes	31.32	30.54	30.50	31.07	30.66	32.41	31.56	31.02	32.05	31.02	30.18	30.33
UFA <sup>1)</sup> /SFA <sup>2)</sup>	2.05	1.97	1.96	1.95	1.90	1.99	2.00	1.88	1.97	1.95	1.88	1.88
PUFA <sup>3)</sup> /SFA	0.95	0.91	0.90	0.92	0.89	0.97	0.95	0.90	0.95	0.91	0.87	0.87
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

<sup>1)</sup>UFA: unsaturated fatty acid. <sup>2)</sup>SFA: saturated fatty acid. <sup>3)</sup>PUFA: polyunsaturated fatty acid.

**Table 3.** The changes of fatty acid composition in mackerel treated with garlic extract in storing at 15°C for 12 days (Unit: area%)

Fatty acids	0%			2.5%			5%			7.5%		
	0 day	6 day	12 day	0 day	6 day	12 day	0 day	6 day	12 day	0 day	6 day	12 day
C14:0	3.89	3.87	3.63	3.79	3.85	3.44	3.71	3.80	3.67	3.81	3.81	3.74
C15:0	0.83	0.86	0.84	0.86	0.86	0.80	0.84	0.85	0.84	0.85	0.86	0.86
C16:0	20.07	20.81	20.39	20.52	20.81	20.47	20.07	20.94	21.01	20.31	21.44	21.16
C17:0	1.03	1.09	1.07	1.10	1.14	1.08	1.08	1.11	1.10	1.10	1.13	1.12
C18:0	6.10	6.70	6.81	6.70	6.99	7.11	6.65	6.95	7.18	6.82	7.10	7.07
C20:0	0.57	0.62	0.63	0.61	0.64	0.55	0.64	0.63	0.60	0.66	0.64	0.62
C22:0	0.32	0.35	0.35	0.36	0.35	0.32	0.38	0.34	0.33	0.39	0.34	0.33
Saturates	32.82	34.31	33.71	33.93	34.65	33.78	33.37	34.63	34.74	33.93	35.32	34.90
C16:1	3.69	3.63	3.65	3.61	3.57	3.76	3.55	3.55	3.64	3.64	3.52	3.55
C17:1	0.43	0.45	0.43	0.46	0.45	0.49	0.45	0.45	0.40	0.49	0.45	0.40
C18:1	25.06	24.50	24.47	24.17	22.97	23.23	24.11	23.47	22.94	24.00	23.48	22.88
C20:1	3.80	3.83	3.81	3.82	3.77	3.42	3.92	3.82	3.58	3.89	3.78	3.58
C22:1	1.94	1.91	1.91	1.92	2.02	1.61	2.00	1.98	1.72	1.98	1.95	1.75
C24:1	0.93	0.97	0.96	1.03	1.04	0.85	1.05	1.04	0.93	1.04	1.03	0.94
Monoenes	35.85	35.30	35.23	35.00	33.81	33.35	35.08	34.31	33.21	35.05	34.21	33.12
C18:2	2.16	2.11	2.06	2.05	2.08	2.06	2.11	2.11	2.06	2.14	2.12	2.09
C18:3	1.49	1.44	1.35	1.40	1.41	1.33	1.41	1.39	1.35	1.45	1.38	1.35
C20:2	1.83	1.68	1.64	1.61	1.59	1.50	1.63	1.58	1.54	1.65	1.55	1.57
C20:4	1.32	1.41	1.47	1.48	1.54	1.64	1.50	1.48	1.59	1.51	1.46	1.56
C20:5	6.05	5.97	6.10	6.01	6.15	6.06	6.06	6.02	6.16	5.96	5.90	6.20
C22:2	0.51	0.52	0.59	0.53	0.52	0.55	0.54	0.52	0.51	0.56	0.51	0.51
C22:6	17.96	17.25	17.86	17.98	18.25	19.74	18.31	17.96	18.85	17.75	17.54	18.71
Polyenes	31.32	30.39	31.06	31.07	31.54	32.87	31.56	31.06	32.06	31.02	30.46	31.98
UFA <sup>1)</sup> /SFA <sup>2)</sup>	2.05	1.91	1.97	1.95	1.89	1.96	2.00	1.89	1.88	1.95	1.83	1.87
PUFA <sup>3)</sup> /SFA	0.95	0.89	0.92	0.92	0.91	0.97	0.95	0.90	0.92	0.91	0.86	0.92
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

<sup>1)</sup>UFA: unsaturated fatty acid. <sup>2)</sup>SFA: saturated fatty acid. <sup>3)</sup>PUFA: polyunsaturated fatty acid.

### 고등어육의 휘발성 염기질소의 변화

마늘 추출물을 0, 2.5%, 5%, 7.5% 첨가하여 4°C와 15°C 저장 중 3일 간격으로 고등어육에서의 휘발성 염기질소의 변화를 측정된 결과는 Table 4와 같다. 고등어육을 4°C에서 저장 시 저장 초기에는 대조구를 포함한 추출물 처리구 모두 신선한 편이었으나 저장하는 동안 대조구와 마늘 추출물 처리구 사이에는 현저한 차이를 보이기 시작해 6일차에 휘발성 염기질소 함량은 대조구가 21.00 mg%, 마늘 추출물을 첨가한 고등어육에서 19.63~15.43 mg%를 나타내어 대조구 대비 마늘 추출물을 첨가한 고등어육에는 1.37~5.57 mg% 적게 나타났다. 또한, 저장 9일차에는 대조구가 32.17 mg%, 대조구 대비 마늘 추출물 처리구는 1.37~9.77 mg% 적게 나타나 감소하였으며, 저장기간이 길어질수록 휘발성 염기질소의 함량이 지속해서 증가하여 저장 15일째에 대조구는 67.20 mg%, 대조구 대비 마늘 추출물 처리구는 11.87~25.93 mg% 적은 함량을 보였다. 이상의 실험에서 휘발성 염기질소 함량은 저장기간이 지남에 따라 저장 중 대조구에서 지속해서 상승하였으나 마늘 추출물 첨가구의 경우 상승률은 낮았다. 15°C 저장실험에서도 시간이 경과할수록 휘발성 염기질소 함량이 빠른 증가세를 보였으며 4°C 저장 실험과 유사한 양상을 나타냈다. Song 등(25)은 휘발성 염기질소의 일반적인 기준으로 5~10 mg%는 신선한 어육, 15~25 mg%는 보통 선도의 어육, 30~40 mg%는 부패 초기의 어육, 50 mg% 이상인 경우 부패가 심한 어육으로 판정한다고 하였다. 본 실험에서 대조구의 경우 4°C 저장 중에는 저장 9~12일째부터, 15°C 저장 실험에서는 저장 6일째 이후부터 고등어의 부패 초기점인 30~40 mg%에 도달하였으나, 마늘 추출물 첨가 시에는 휘발성 염기질소의 생성량이 대조구에 비해 낮았다. 이상의 실험에서 4°C와 15°C 저장실험 모두 시간이 경과함에 따라 고등어육의 휘발성 염기질소가 지속해서 증가하였는데, 이는 Takahashi(26)가 대부분의 어패류는 어획 후 시간이 경과할수록 휘발성 염기질소가 증

가한다고 보고하여 본 연구의 내용과 일치하였다. 또한, Park(21)의 시판 유통 중인 생고등어와 간고등어의 품질평가에 관한 연구에서 4°C 저장 중 휘발성 염기질소의 함량은 지속해서 증가하였고 간고등어의 경우 저장 10일째에 부패 초기점을 넘었다고 하였으며, Kim 등(20)은 고등어육을 4°C에서 저장하였을 때 고등어의 휘발성 염기질소 함량이 증가하였으나 감태와 대항 에탄올 추출물 첨가에 의해 처리구의 부패를 다소 지연시켜 선도 유지에 효과를 보였다고 하였다. 또한, Kwon(19)은 기능성 고등어 fillet 제조 및 저장 중 품질 변화에 관한 연구에서 0°C와 4°C 저장 중 고등어의 휘발성 염기질소 함량이 저장기간이 증가할수록 상승하였다고 하였으며, Nam 등(27)은 녹차 및 연잎 열수 추출물 처리가 염장고등어의 저장 중 품질특성에 미치는 영향에 관한 연구에서 휘발성 염기질소는 저장 중 시간이 경과할수록 대조구 대비 추출물 처리구는 다소 완만히 증가하였다고 하였다. 이는 본 실험의 결과와 유사하였다.

고등어 저장 중 휘발성 염기질소의 함량이 증가하는 것은 고등어육 내 인지질의 지질성분 산화 및 TMAO의 환원에 의해 생성되는 TMA 등의 저급 염기성 물질과 세균의 증식에 의해 단백질이 분해되어 생성되는 암모니아질소 등에 기인하는 것으로 보고되었다(28). 이상의 실험 결과 고등어육의 선도 저하에 따른 휘발성 염기질소의 함량 증가는 일반세균수의 증가와 함께 저장 중에 일어날 수 있는 변화이지만 본 연구에서 마늘 추출물의 첨가로 휘발성 염기질소의 생성이 억제됨을 알 수 있었다.

### 고등어육에서의 히스타민 변화

고등어육에 마늘 추출물을 0, 2.5%, 5%, 7.5% 첨가하여 4°C와 15°C에서 저장하면서 3일 간격으로 고등어육의 히스타민 함량의 변화를 조사한 결과는 Table 5와 같다. 4°C 저장 중 저장 초기에는 대조구를 포함한 추출물 처리구 모두 히스타민이 검출되지 않았으나 저장 3일차에 대조구에서

**Table 4.** The changes of volatile basic nitrogen (VBN) in mackerel treated with garlic extract during at 4°C and 15°C for 15 days (Unit: mg%)

	Days	Control <sup>1)</sup>	2.5%	5%	7.5%
4°C	0	9.80±1.22 <sup>aF2)</sup>	9.80±0.60 <sup>aF</sup>	9.77±0.40 <sup>aF</sup>	9.83±0.25 <sup>aF</sup>
	3	16.77±0.45 <sup>aE</sup>	14.00±0.20 <sup>bE</sup>	14.03±0.56 <sup>bE</sup>	12.57±1.00 <sup>cE</sup>
	6	21.00±1.05 <sup>aD</sup>	19.63±0.55 <sup>bD</sup>	19.57±0.40 <sup>bD</sup>	15.43±0.58 <sup>cD</sup>
	9	32.17±1.86 <sup>aC</sup>	30.80±2.43 <sup>abC</sup>	28.00±0.04 <sup>bC</sup>	22.40±1.13 <sup>cC</sup>
	12	36.40±1.00 <sup>aB</sup>	35.00±0.02 <sup>aB</sup>	32.17±0.65 <sup>bB</sup>	30.80±1.83 <sup>bB</sup>
	15	67.20±1.40 <sup>aA</sup>	55.33±0.64 <sup>bA</sup>	47.57±1.09 <sup>cA</sup>	41.27±0.30 <sup>dA</sup>
15°C	0	9.80±1.22 <sup>aF</sup>	9.80±0.60 <sup>aF</sup>	9.77±0.40 <sup>aF</sup>	9.83±0.25 <sup>aF</sup>
	3	28.00±0.26 <sup>aE</sup>	26.60±0.34 <sup>bE</sup>	25.63±0.34 <sup>cE</sup>	25.14±0.72 <sup>cE</sup>
	6	39.20±0.20 <sup>aD</sup>	37.77±0.32 <sup>bD</sup>	37.80±0.80 <sup>bD</sup>	36.40±0.40 <sup>cD</sup>
	9	72.80±0.20 <sup>aC</sup>	70.04±0.32 <sup>bC</sup>	68.60±0.65 <sup>cC</sup>	65.47±0.40 <sup>dC</sup>
	12	115.47±0.64 <sup>aB</sup>	110.60±0.60 <sup>bB</sup>	109.20±0.40 <sup>cB</sup>	99.43±0.47 <sup>dB</sup>
	15	152.60±0.72 <sup>aA</sup>	148.40±0.20 <sup>bA</sup>	147.00±0.34 <sup>bcA</sup>	145.60±1.63 <sup>cA</sup>

<sup>1)</sup>Mackerel treated with 0, 2.5, 5, and 7.5% of garlic extract.

<sup>2)</sup>Mean±SD.

Means with the different letters in a row (a-d) and a column (A-F) are significantly different at  $P<0.05$  by Duncan's multiple range test.

**Table 5.** The changes of histamine contents in mackerel treated with garlic extract in storing at 4°C and 15°C for 15 days (Unit: mg/kg)

	Days	Control <sup>1)</sup>	2.5%	5%	7.5%
4°C	0	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND
	3	42.87±0.41 <sup>E3)</sup>	ND	ND	ND
	6	80.03±0.20 <sup>aD</sup>	27.07±0.25 <sup>bD</sup>	3.17±0.05 <sup>cD</sup>	ND
	9	129.00±0.20 <sup>aC</sup>	51.17±0.11 <sup>bC</sup>	15.10±0.10 <sup>cC</sup>	ND
	12	201.13±0.35 <sup>aB</sup>	80.50±1.38 <sup>bB</sup>	53.17±0.05 <sup>cB</sup>	13.03±0.20 <sup>dB</sup>
	15	507.83±0.55 <sup>aA</sup>	196.30±0.17 <sup>bA</sup>	77.20±0.40 <sup>cA</sup>	51.43±0.49 <sup>dA</sup>
15°C	0	ND	ND	ND	ND
	3	152.10±0.10 <sup>aE</sup>	105.20±0.52 <sup>bE</sup>	83.17±0.05 <sup>cE</sup>	28.10±0.10 <sup>dE</sup>
	6	308.07±0.25 <sup>aD</sup>	267.97±0.15 <sup>bD</sup>	206.00±0.17 <sup>cD</sup>	137.07±0.23 <sup>dD</sup>
	9	774.33±0.23 <sup>aC</sup>	360.83±0.72 <sup>bC</sup>	304.33±0.23 <sup>cC</sup>	221.63±1.62 <sup>dC</sup>
	12	901.30±0.45 <sup>aB</sup>	553.23±0.15 <sup>bB</sup>	452.10±0.43 <sup>cB</sup>	304.93±0.37 <sup>dB</sup>
	15	1,431.30±0.17 <sup>aA</sup>	704.07±0.23 <sup>bA</sup>	556.03±0.20 <sup>cA</sup>	469.00±0.26 <sup>dA</sup>

<sup>1)</sup>Mackerel treated with 0, 2.5, 5, and 7.5% of garlic extract.

<sup>2)</sup>Not detected. <sup>3)</sup>Mean±SD.

Means with the different letters in a row (a-d) and a column (A-E) are significantly different at  $P < 0.05$  by Duncan's multiple range test.

42.87 mg/kg이 검출되었고 마늘 추출물 2.5%, 5%, 7.5% 처리구는 히스타민이 검출되지 않았다. 6일차에는 대조구 80.03 mg/kg, 마늘 추출물 2.5%, 5% 처리된 고등어육에서 각각 27.07, 3.17 mg/kg을 나타냈으나 7.5% 처리된 시료에서는 검출되지 않았다. 저장기간이 경과할수록 히스타민이 지속해서 증가하여 저장 12일차에는 대조구가 201.13 mg/kg이었으며, 마늘 추출물 처리구는 80.50~13.03 mg/kg을 나타내었고, 저장 15일차에는 대조구의 히스타민 함량이 507.83 mg/kg, 마늘 추출물 처리구는 196.30~51.43 mg/kg을 보여 마늘 추출물 첨가 농도가 높을수록 히스타민의 생성이 월등히 감소하여 억제 효과가 높았다. 15°C에서 저장 시에도 저장 3일차에 대조구가 152.10 mg/kg이었으나 마늘 추출물 처리구 모두 추출물의 농도가 증가함에 따라 히스타민의 생성이 감소하였다. 특히 7.5% 첨가 시에 28.10 mg/kg으로 가장 적게 검출되었다. 또한, 저장 15일에는 히스타민이 지속해서 증가하여 대조구가 1,431.30 mg/kg이 검출되어 가장 높았고, 마늘 추출물 처리구는 농도에 따라 704.07~469.00 mg/kg이 검출되어 대조구에 비해 현저히 낮았다. 이상의 실험에서 15°C 저장에서도 4°C 저장 실험구와 유사하게 히스타민 생성량에는 차이가 있었으나 마늘 추출물 처리가 히스타민 생성억제 효과가 있음이 확인되었다. 이러한 결과는 Shakila 등(8)이 clove, cinnamon, turmeric 및 pepper와 같은 향신료를 고등어에 처리하여 저장하면서 biogenic amine의 생성 정도를 측정한 결과 히스타민이 감소함을 보여주었다고 하였고, Paramasivam 등(29)은 turmeric, ginger, garlic의 천연 향신료 추출물을 히스타민 생성균인 *Vibrio parahaemolyticus*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*와 *Proteus mirabilis*에 첨가하여 확인해본 결과 5% 농도에서 성장억제 효과가 있다고 하여 본 연구 결과와 유사하였다. 이는 마늘 추출물이 히스타민 생성의 근본 원인인 부패세균의 초기생육을 억제하였으며, 또한

향신료에 존재하고 있는 phenolic 화합물들이 그 효과를 나타낸 것으로 생각된다(30).

Bartholomew 등(31)은 식품에서 히스타민 함량이 50 mg/kg 이하이면 안전하고 50~200 mg/kg의 범위이면 독성을 나타낼 가능성이 있으며, 200~1,000 mg/kg이면 독성을 나타내고 1,000 mg/kg을 넘으면 위험하다고 보고하였는데, 본 연구에서는 4°C 냉장보관 중 3일차에 히스타민 함량이 대조구가 42.87 mg/kg이 검출되었고 마늘 추출물 첨가 시 저장 9일차까지 0~51.17 mg/kg 범위 내의 실험 결과로 미루어 보아 마늘 추출물이 고등어육에서 히스타민 생성을 억제하여 안전성과 저장성을 연장하는 데 도움을 줄 수 있다고 생각된다. 또한, 4°C와 15°C에서 저장하면서 고등어육의 히스타민 함량의 변화를 비교하였을 때 낮은 온도에서 히스타민이 적게 생성된 것으로 보아 저장온도 역시 히스타민 생성 억제에 중요하다고 생각된다.

## 요 약

본 연구에서 고등어육을 4°C와 15°C에서 저장하면서 마늘 추출물을 2.5, 5.0, 7.5%를 첨가한 실험구와 대조구를 비교하여 히스타민의 저감화 효과를 조사하였다. 일반세균수는 저장 초기에 대조구와 추출물 처리구의 일반세균수는 비슷하게 측정되었으나 저장시간이 경과함에 따라 차이가 있어 6일 경과 후 7.5% 첨가구는 대조구의 일반세균수 대비 1 log cycle 정도 균이 억제되었다. 저장기간 경과에 따른 지방산 조성의 변화는 4°C와 15°C에서 저장 중 eicosapentaenoic acid(EPA, C20:5)와 docosahexaenoic acid(DHA, C22:6)가 대조구에서 감소하였으나 마늘 추출물 첨가구에서는 다소 상승하였다. 휘발성 염기질소는 4°C와 15°C 저장 실험 모두 시간이 경과함에 따라 지속해서 상승하였으나 마늘 추출물 첨가구의 휘발성 염기질소 함량이 낮게 나타나

마늘 추출물의 첨가는 고등어의 부패 지연에 효과가 있었다. 히스타민 발생은 저장 초기에는 모든 실험구에서 히스타민이 검출되지 않았고 4°C 저장 실험구의 경우 3일차에서 대조구만 42.87 mg/kg 검출되었다. 15°C 저장 시에도 저장기간이 경과할수록 지속해서 히스타민이 증가하였으나 마늘 추출물 첨가 농도가 높을수록 히스타민 생성억제 효과가 있음을 확인할 수 있었다. 이는 고등어의 저장성 연장에 도움을 줄 수 있다고 생각된다.

## REFERENCES

- Jo GR, Kim MR, Kim OS, Son JY, Song MR, Chou HS, Choi HY. 2015. *Comprehensive food material*. Powerbook Co., Goyang, Korea. p 252-253.
- Simopoulos AP. 1991. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *Am J Clin Nutr* 54: 438-463.
- Nordöy A, Hatcher LF, Ullmann DL, Conner WE. 1993. Individual effects of dietary saturated fatty acids and fish oil on plasma lipids and lipoproteins in normal men. *Am J Clin Nutr* 57: 634-639.
- Park TG. 2013. *Eat good food eat live food*. Woongjinlivinghouse Co., Paju, Korea. p 93-94.
- Hungerford JM. 2010. Scombroid poisoning: A review. *Toxicon* 56: 231-243.
- Maintz L, Novak N. 2007. Histamine and histamine intolerance. *Am J Clin Nutr* 85: 1185-1196.
- Lehane L, Olley J. 2000. Histamine fish poisoning revisited. *Int J Food Microbiol* 58: 1-37.
- Shakila RS, Vasundhara TS, Rao DV. 1996. Inhibitory effect of spices on in vitro histamine production and histidine decarboxylase activity of *Morganella morganii* and on the biogenic amine formation in mackerel stored at 30 degrees C. *Z Lebensm Unters Forsch* 203: 71-76.
- Wendakoon CN, Sakaguchi M. 1995. Inhibition of amino acid decarboxylase activity of *Enterobacter aerogenes* by active components in spices. *J Food Prot* 58: 280-283.
- Kim DH. 2012. Inhibitory effect of natural materials and high hydrostatic pressure treatments on histamine production in mackerel. *MS Thesis*. Pukyong National University, Busan, Korea.
- Jung SA, Kim DH, Kim KBWR, Kim HJ, Jeong DH, Kang BK, Bark SW, Park WM, Kim BR, Byun MW, Ahn DH. 2013. Inhibitory effects of histamine production in mackerel muscle by medicinal herbs and seaweed extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1263-1269.
- Kyung KH. 2006. Growth inhibitory activity of sulfur compounds of garlic against pathogenic microorganisms. *J Food Hyg Safety* 21: 145-152.
- Kim M, Kim JY, Shin WS, Lee J. 2003. Antimicrobial activity of garlic juice against *Escherichia coli* O157:H7. *Korean J Food Sci Technol* 35: 752-755.
- Chung KS, Kim JY, Kim Y. 2003. Comparison of antibacterial activities of garlic juice and heat-treated garlic juice. *Korean J Food Sci Technol* 35: 540-543.
- MFDS. 2015. General test methods. In *Korean Food Code*. Ministry of Food and Drug Safety, Sejong, Korea. p 52-61.
- MFDS. 2015. Standards and specifications for individual food product. In *Korean Food Code*. Ministry of Food and Drug Safety, Sejong, Korea. p 78-79.
- MFDS. 2015. Specifications for fishery products. In *Korean Food Code*. Ministry of Food and Drug Safety, Sejong, Korea. p 236-238.
- FIQ. National Fishery Products Quality Management Service. Fisheries DB information; Bacteriological evaluation of freshness. Available from <http://www.nfqqs.go.kr/2013/contents.asp?m=5&s=7&s2=1> (accessed Apr 2016).
- Kwon MA. 2004. Manufacture of functional mackerel fillet and quality change during the storage. *PhD Dissertation*. Yosu National University, Jeonnam, Korea.
- Kim BR, Kim KBWR, Kim MJ, Kim DH, Jung SA, Kang BK, Bark SW, Park WM, Park HM, Lim SM, Cho YJ, Ahn DH. 2014. The inhibitory effect of *Ecklonia cava* and *Eisenia bicyclis* ethanol extract on histamine in mackerel. *Korean J Microbiol Biotechnol* 42: 93-98.
- Park SY. 2009. Food quality evaluation of raw and salted mackerel collected at market in Busan. *MS Thesis*. Pukyong National University, Busan, Korea.
- Kim IS, Park YH. 1984. Studies on the oxidative stabilities of mackerel lipids. *Bull Korean Fish Soc* 17: 313-320.
- Shin MJ, Kim JM. 2004. Effect of garlic and onion juice on fatty acid compositions and lipid oxidation in *Gulbi* (salted and semi-dried yellow croaker). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1337-1342.
- Choi SJ. 2013. A study on the application of mushroom (*Lentinus edodes*) processing waste for prevention of post-harvest quality deterioration of chub mackerel (*Scomber japonicus*). *MS Thesis*. Chonnam National University, Gwangju, Korea.
- Song HN, Lee DG, Han SW, Yoon HK, Hwang IK. 2005. Quality changes of salted and semi-dried mackerel fillets by UV treatment during refrigerated storage. *Korean J Food Cook Sci* 21: 662-668.
- Takahashi T. 1935. Distribution of trimethylamine oxide in the piscine and molluscan muscle. *Bull Jpn Soc Sci Fish* 41: 91-94.
- Nam KH, Jang MS, Lee DS, Yoon HD, Park HY. 2011. Effect of green tea and lotus leaf boiled water extracts treatment on quality characteristics in salted mackerel during storage. *Korean J Food Preserv* 18: 643-650.
- Lee JS, Joo DS, Kim JS, Cho SY, Lee EH. 1993. Processing of a good quality salted and semi-dried mackerel by high osmotic pressure resin dehydration under cold condition. *Korean J Food Sci Technol* 25: 468-474.
- Kwon TH, Kim TW, Kim CG, Park NH. 2013. Antioxidant activity of various solvent fractions from edible brown alga, *Eisenia bicyclis* and its active compounds. *J Food Sci* 78: C679-C684.
- Paramasivam S, Thangaradjou T, Kannan L. 2007. Effect of natural preservatives on the growth of histamine producing bacteria. *J Environ Biol* 28: 271-274.
- Kwon TH, Kim TW, Kim CG, Park NH. 2013. Antioxidant activity of various solvent fractions from edible brown alga, *Eisenia bicyclis* and its active compounds. *J Food Sci* 78: C679-C684.
- Bartholomew BA, Berry PR, Rodhouse JC, Gilbert RJ. 1987. Scombrototoxic fish poisoning in Britain: Features of over 250 suspected incidents from 1976 to 1986. *Epidemiol Infect* 99: 775-782.