

초정수압 처리에 의한 고등어(*Scomber japonicus*)육 중의 히스타민 생성 억제 효과

강보경 · 김꽃봉우리¹ · 김민지¹ · 김동현² · 정슬아 · 박시우 · 박원민 · 김보람 · 박홍민 · 변명우³ · 안동현*

부경대학교 식품공학과/식품연구소, ¹부경대학교 수산과학연구소, ²(주)MSC 식품연구소, ³우송대학교 외식조리영양학부

Inhibitory Effect of High Hydrostatic Pressure Treatments on Histamine Production in Mackerel *Scomber japonicus*

Bo-Kyeong Kang, Koth-Bong-Woo-Ri Kim¹, Min-ji Kim¹, Dong-Hyun Kim², Seul-A Jung, Si-Woo Bark, Won-Min Pak, Bo-Ram Kim, Hong-Min Park, Myung-Woo Byun³ and Dong-Hyun Ahn*

Department of Food Science & Technology/Institute of Food Science, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

¹Institute of Fisheries Sciences, Pukyong National University, 474, Busan 619-911, Korea

²Hydro colloid Div. MSC co. Ltd. Yangsan, Kyeongnam 626-280, Korea

³Department of Culinary Nutrition, Woosong University, Daejeon 300-718, Korea

This study investigated the inhibitory effect of high hydrostatic pressure (HHP) treatments on histamine production in mackerel *Scomber japonicus*. Changes in viable cell counts, histamine contents, pH and VBN of mackerel fillet (stored at 4°C for 25 days) were examined under HPP (200, 300, and 400 MPa). HPP treatments reduced viable cell counts by 2-3 log cycles during storage. Viable cells of mackerels treated with 400 MPa did not appear for 5 days. Histamine production was nearly suppressed by 300 and 400 MPa HPP treatments after 25 days. Furthermore, mackerels treated with HPP showed significantly lower VBN values compared with the control. Additionally, pH values were not affected by the treatments during storage periods. These results suggest that HPP treatment decreased histamine contents in mackerel muscles. Based on our results, HPP treatment may reduce scombroid fish poisoning by decreasing histamine production in mackerel during 4°C storage.

Key words: Histamine, Mackerel, High Hydrostatic Pressure, *Scomber japonicus*

서 론

고등어(*Scomber japonicus*, Mackerel)는 농어목 고등어과 고등어속에 속하는 어류로 등푸른 생선으로 불리며 우리나라에서 연간 10 만톤 이상 어획되는 일시다획성 어종이다(Hong et al., 2005). 특히 EPA (Eicosapentaenoic acid, 20:5n-3) 및 DHA (Docosahexaenoic acid, 22:6n-3)와 같은 오메가-3계 고도 불포화 지방산을 각각 9.9%, 13.2%로 풍부하게 함유하고 있어 영양적 가치가 높은 대표적인 고지방 어류이다(Ju, 2011; Ryu et al., 2002; Ryu, 2005). 고등어의 EPA 및 DHA는 혈중 콜레스테롤을 저하시키고 혈전 예방효과 및 두뇌작용을 활성화시켜 뇌졸중, 심근경색 등 순환기 계통의 성인병을 예방하는 것으로 알려져 중요한 식량 자원으로 여겨지고 있다(Kim et al., 2012). 그

러나 이러한 고등어는 훌륭한 단백질원 식품임과 동시에 근육 내 비단백질 질소를 다량 함유하고 있으며, 특히 free histidine 함량이 단백질 중 약 47%로 매우 많은 비율을 차지하고 있다(Park, 2009). 적색육을 많이 함유하고 있어 사후경직, 자기소화가 신속하게 일어나는 고등어는 선도저하가 매우 빠른 어종으로, 특히 지방산의 산화, 분해에 의한 불쾌취와 육 중 미생물이 생산한 효소에 의해 생성된 histamine에 의해 scombroid fish poisoning과 같은 식중독을 일으켜 가공제품으로 이용하기 어려운 문제점을 가지고 있다(Lehane and Olley, 2000). 어육의 부패 시 미생물에 의해 생성된 histamine은 다량 섭취 시 독성을 나타내는 allergy성 식중독의 주요 원인이며, 주요 증상으로 발진, 부종, 현기증, 두통, 구토 및 두드러기가 발생하는 것으로 알려져 있다(Shalaby, 1996). 이러한 histamine은 부패세균이 생

Article history;

Received 1 November 2013; Revised 3 December 2013; Accepted 4 December 2013

*Corresponding author: Tel: +82. 51. 629. 5831 Fax: +82. 51. 629. 5824

E-mail address: dhahn@pknu.ac.kr

Kor J Fish Aquat Sci 46(6) 733-738, December 2013

http://dx.doi.org/10.5657/KFAS.2013.0733

pISSN:0374-8111, eISSN:2287-8815

© The Korean Society of Fisheries and Aquatic Science. All rights reserved

성하는 histidine decarboxylase에 의해 근육 내 존재하는 histidine의 탈탄산 작용으로 생성되며(Lehane and Olley, 2000), 주요 생성균으로는 *Morganella morganii*, *Klebsiella pneumonia*, *Hafnia alvei* 중, *Photobacterium leiognathi*, *Vibrio spp.*가 알려져 있으나(Taylor et al., 1979; Ramesh and Venugopalan, 1986; Kanki et al., 2004), 4-15°C의 환경에서는 저온 호염성균인 *Photobacterium phosphoreum*이 *Morganella morganii*보다 활발히 생육하는 것으로 알려져 있다(Fujii et al., 1997; Lehane and Olley, 2000).

한편, 고등어는 가을에서 겨울 사이에 대량 어획되는데, 어획 후 선도가 급속히 저하되므로 일부만이 선어로 이용되고, 주로 염장등의 방법을 통해 이용되고 있다(Lee et al., 1998). 그러나 이러한 염장법의 경우 고등어의 선도 유지를 위해 첨가한 소금이 지질의 산패를 촉진(Ryu et al., 2002)할 뿐만 아니라 식염 중의 질산염 및 아질산염이 반응을 이루어 발암성 물질이 생성될 가능성이 있는 것으로 보고되었다(Sung et al., 1997). 또한 한번 생성된 histamine은 열에 안정하여 가열처리에 의해 없어지지 않기 때문에 histamine의 생성을 근본적으로 억제할 수 있는 새로운 고등어의 가공 처리법이 필요한 실정이다.

따라서 이와 같은 고등어 이용 시 발생하는 문제점 개선 및 이용 증대를 위하여 저장성 및 안정성을 높이는 연구로 고등어의 포장방법을 달리하거나(Yang and Lee, 2000), 방사선 조사(Cho et al., 1985; Kim and Ha, 1989), 자외선 조사(Song et al., 2005), 저온 삼투압 탈수법(Lee et al., 1993) 등의 비가열 처리방법이 진행되고 있으며, histamine 생성 억제에 대한 연구로 histamine 분해균에 대한 연구(Mah and Hwang, 2009; Leuschner et al., 1998; Dapkevicius et al., 2000)와, histamine 생성 균에 대한 항신료의 항균작용(Mah et al., 2009; Wendakoon and Sakaguchi, 1993) 및 histamine decarboxylase 저해 효과(Shakila et al., 1996; Wendakoon and Sakaguchi, 1995)에 대한 연구가 진행되고 있다.

한편 초정수압 처리는 비가열처리 기술로, 식품에 적용 시 영양소의 파괴를 최소화하면서 미생물 살균 효과를 나타내는 신기술로서 안전하고 고품질의 식품을 얻을 수 있는 기술이며 현재 그 응용 사례가 증가하고 있는 실정이다(Park et al., 2010; Han and Jeong, 2005; Patterson, 2005). 작용 원리로는 초정수압의 압력이 병원성 및 부패 미생물의 비공유 결합과 수소성 결합에 영향을 주어 세포막을 붕괴시키고 단백질 변성을 초래하여 미생물 사멸을 유발하는 것으로 알려져 있다(Bover-Cid et al., 2011). 그러나 이러한 초정수압 처리의 경우 현재 조미 오징어의 저장성 증대(Gou et al., 2011) 및 생굴의 미생물 생육 억제(Park et al., 2006)에 대한 연구는 진행되었으나, 고등어의 histamine 생성 억제에 대한 연구는 진행된 바 없다.

따라서 본 연구에서는 고등어 선도 저하의 방지 및 내부 histamine 생성을 억제하는 방법으로 고등어 필렛에 대한 초정수압 처리의 효과를 조사하여 새로운 고등어 가공법에 대한 기초자

료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에 사용된 고등어(*Scomber japonicus*)는 부산광역시 수영구 민락동 소재의 현대수산에서 활어로 구입하여 실험에 사용하였으며, 고등어 필렛의 평균 두께는 1.5 cm이다.

초정수압 처리

생고등어의 머리와 내장을 제거하여 제조된 고등어 필렛을 각각 진공 포장하여 초정수압기(215L-600 ULTRA, AVURE Technologied Inc. WA, USA)의 processing chamber에 넣어 수온 약 18-24°C에서 200, 300 및 400 MPa로 3분간 초정수압 처리한 후, 4°C에서 5일 간격으로 25일 동안 저장하면서 실험을 진행하였다.

일반세균수 측정

일반 세균수 측정은 고등어 필렛의 머리, 등, 배, 꼬리 부위로부터 고등어 육을 무균적으로 2 g 취한 후, 식품공전상(Korean Food and Drug Administration, 2013)의 일반세균수 시험법에 따라 멸균 PBS (Phosphate buffered saline, pH 7.4)를 10 배(w/v) 가하여 1000 rpm에서 1분간 균질화(Ace Homogenizer, AM-7, Nihonseiki, Japan) 한 다음 10배 단계 희석법으로 희석하였다. 일반 세균수는 시료 희석액을 PCA (Plate count agar, BD Difco™, USA)에 도말하여 37°C에서 24-48시간 배양한 후, 생성된 집락을 계수하였으며 2회 반복하였다.

고등어육 중의 histamine 생성량 측정

어육 내 histamine 생성량 측정은 Kanki et al. (2007)의 방법에 따라 분쇄한 고등어 육 1 g에 0.1 M EDTA (pH 8.0)를 24 mL 첨가하여 1분간 교반하고 100°C의 물에 20분간 정치시킨 후, 얼음물에 10분간 냉각시켰다. 이를 여과지로 여과한 다음, 여과액을 Histamine assay kit를 사용하여 UV/visible spectrophotometer로 470 nm에서 흡광도를 측정하여 histamine 함량을 정량 하였으며 3회 반복하였다.

pH 및 volatile basic nitrogen (VBN) 함량 측정

pH는 세절한 고등어 5 g에 10배의 증류수를 가하여 균질기(Ace Homogenizer, AM-7, Nihonseiki, Japan)로 10,000 rpm에서 2분간 균질화 한 후, 실온에서 pH meter (HM-30V, TOA, Kobe, Japan)를 이용하여 측정하였으며 2회 반복하였다. VBN 측정은 식품공전상(Korean Food and Drug Administration, 2013)의 Conway법을 이용하였다. 세절한 고등어 10 g에 5배의 증류수를 가하여 10분간 교반, 5분간 정치를 두 번 반복하여

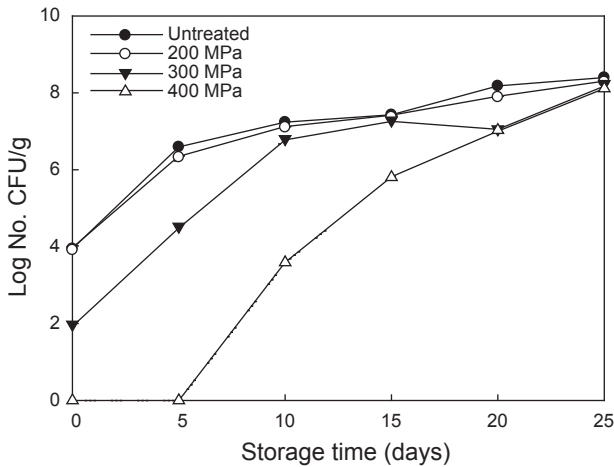


Fig. 1. Changes in viable cell counts of mackerel *Scomber japonicus* fillet at 4°C after treated with high hydrostatic pressure.

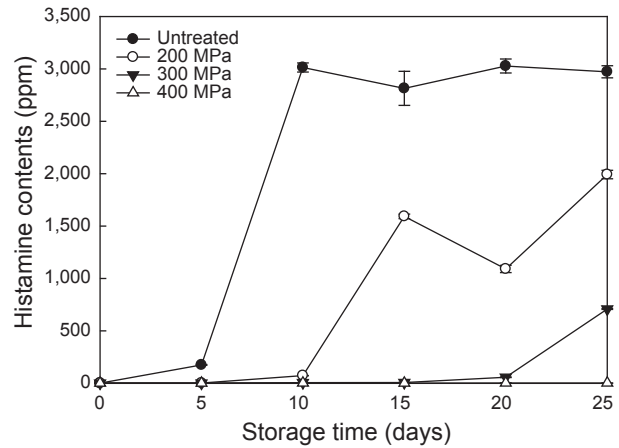


Fig. 2. Changes in histamine contents of mackerel *Scomber japonicus* fillet at 4°C after treated with high hydrostatic pressure.

30분간 침출하였다. 이를 여과한 후, 5% H₂SO₄로 pH 4.0으로 보정하고 100 mL로 정용하였다. Conway unit 내실에 처리한 시료 및 0.01 N H₂SO₄를, 외실에는 K₂CO₃ 포화용액을 각각 1 mL씩 첨가하고 혼합하여 25°C에서 1시간 반응시킨 후, 0.01 N NaOH로 적정하였다. 지시약으로 brunswik 시약을 이용하였으며 3회 반복하여 측정하였다.

결과 및 고찰

초정수압 처리에 의한 미생물 생육 억제 효과

고등어 필렛을 제조하여 진공포장한 후 200, 300 및 400 MPa로 초정수압 처리하여 생균수의 변화와 생육 억제 효과에 대해 살펴본 결과(Fig. 1), 처리 직후에 무처리와 200 MPa 처리구에서는 각각 8.83 및 8.26 × 10³ CFU/g의 균수를 보였으나 300 MPa 처리구에서는 9.48 × 10¹ CFU/g, 400 MPa 처리구에서는 균이 전혀 나타나지 않음을 확인하여 초정수압 처리 압력이 증가함에 따라 균의 생육 억제 효과를 확인하였다. 또한 저장일차가 증가하면서 무처리와 200 MPa 처리구는 지속적인 균의 증가를 보였으나, 저장 5일차 300 MPa 처리구의 경우 3.35 × 10⁴ CFU/g, 400 MPa 처리구의 경우 균이 나타나지 않아 무처리구 및 200 MPa 처리구의 3.94, 2.14 × 10⁶ CFU/g에 비해 균의 성장이 현저히 억제된 것을 확인하였다. 10일차 이후에는 무처리, 200 및 300 MPa에서 10⁶ CFU/g 이상으로 생균수가 증가함을 확인하였으나, 400 MPa의 경우 10일차에 3.89 × 10³ CFU/g, 15일차에 6.37 × 10⁵ CFU/g으로 나타나 저장기간 중에도 초정수압 처리에 의해 무처리구보다 2-3 log cycle 정도 균의 생육이 억제됨을 확인하였다. 이 결과는 저장 초기의 경우, 300 MPa 처리 시 균수가 감소하였고, 400 MPa 처리 시 균이 나타나지 않아 초정수압 처리로 인해 미생물의 세포막 구조의 손상을 일으

켜 정상적인 생육이 어렵게 되어 미생물 수가 감소된다는 Bull et al. (2005), Stephens (2005)의 보고와 일치하였다. 또한 이 결과는 Gou et al. (2011)의 조미 오징어에 400 MPa의 초정수압을 처리 후 저장기간 동안 미생물의 수가 대조군에 비교하여 저장 초기 2.77 log cycle의 감소를 보인 결과와 유사하며, 또한 Park et al. (2006)은 생굴에 350 MPa 초정수압 처리 후 저장 7일차에 약 10³ CFU/g로 저장기간 동안 균수의 증가가 억제됨을 확인한 바 있다.

고등어 내 histamine 생성 억제 효과

초정수압 처리에 의한 고등어육 중의 histamine 생성 억제 효과를 알아보기 위하여 고등어 필렛을 진공 포장 후 200, 300 및 400 MPa로 초정수압 처리하여 histamine 생성 억제 효과에 대해 실험한 결과(Fig. 2), 저장 5일차에 무처리구의 경우 175.64 ppm으로 나타났으나, 초정수압 처리구의 경우 4 ppm 이하로 거의 나타나지 않았다. 무처리구는 저장 10일차에 histamine 함량이 급격히 증가하여 3013.33 ppm의 함량을 보였으나, 초정수압 처리구의 경우 200 MPa에서 73.21, 300 MPa에서 6.15, 400 MPa에서 2.18 ppm으로 압력이 높아짐에 따라 histamine 생성이 억제됨을 확인하였다. 15일차의 경우 무처리구가 2814.36 ppm으로 높게 유지되었고, 200 MPa 처리구의 경우 1592.82 ppm으로 증가하였으나, 300 및 400 MPa의 경우 저장 20일차까지 histamine이 거의 생성되지 않았다. 그 후 저장 25일차에 300 MPa의 경우 750 ppm으로 나타났으며 400 MPa의 경우 거의 나타나지 않았다. 생균수 결과에서 300 및 400 MPa의 경우 생균수가 저장기간이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으나, histamine은 생성되지 않았다. 이는 미생물이 생산한 histidine decarboxylase 효소의 단백질 구조가 초정수압 처리에 의해 가수분해 되어 효소 활성 부위가 영향을 받아 기질과

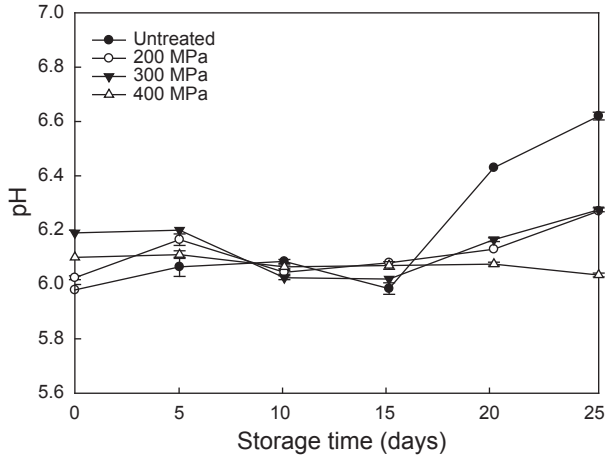


Fig. 3. Changes in pH of mackerel *Scomber japonicus* fillet at 4°C after treated with high hydrostatic pressure.

의 결합이 불가능해져 활성을 잃었기 때문에 사료된다(San Martin et al., 2002). 따라서 초정수압 처리가 histamine 생성 미생물의 생육을 억제할 뿐만 아니라 histidine decarboxylase의 활성을 억제함으로써 고등어 내의 histamine의 생성을 억제하는 것으로 사료된다(Kim, 2012).

초정수압 처리에 의한 pH 변화

초정수압 처리에 의한 고등어육 중의 pH 변화를 알아본 결과(Fig. 3), 저장 초기 무처리의 경우 5.98, 초정수압 처리구는 6.03-6.19로 나타나 처리에 의해 pH가 약간 증가함을 보였다. 초정수압 처리구의 pH가 무처리에 비해 약간 높게 측정된 것은 초정수압 처리에 의해 단백질 구조가 변화됨에 기인한 것으로 사료되며, 이는 대구 근육에 초정수압 처리한 경우 일부 단백질의 변성에 의해 pH가 약간 증가하였다는 Angsupanich and Ledward (1998)의 보고와 동일하였다. 또한 Hong et al. (2008)은 돈육에 초고압 열처리한 경우 초고압 처리에 의해 수분이 단백질 구조 사이로 침투함에 따라 단백질 풀림 현상이 일어나면서 단백질이 변성되어 돈육의 pH가 약간 증가한다고 보고하였다. 저장 15일차까지 무처리구와 처리구 모두 큰 변화를 보이지 않았으나, 저장 20일차에 무처리구의 경우 pH가 6.43으로 증가하였으나, 초정수압 200 및 300 MPa 처리구는 6.27-6.28으로 약간 증가함을 보였으며, 400 MPa의 경우 그대로 유지되는 것을 확인하였다. 이는 생굴에 초고압 처리 후 저장기간 동안 pH 변화를 측정된 연구에서 대조구에 비해 저장 중 pH 변화가 거의 없었던 결과와 유사하였다(Park et al., 2006). pH는 어육의 선도 저하에 따라 어육 중의 효소나 미생물에 의해 생성되는 암모니아, TMA (Trimethylamine), DMA (Dimethylamine)과 같은 염기성 물질의 축적에 의해 점차 상승하는 것으로 알려져 있다(Nam et al., 2011). 초고압 처리에 의한 미생물 생육과 histamine 생성이 억제된 결과(Fig. 1, 2)를 미루어 볼 때, 초고압 처리에 의해 미생물 및 효소 활성이 감소함에 따라 암모니아,

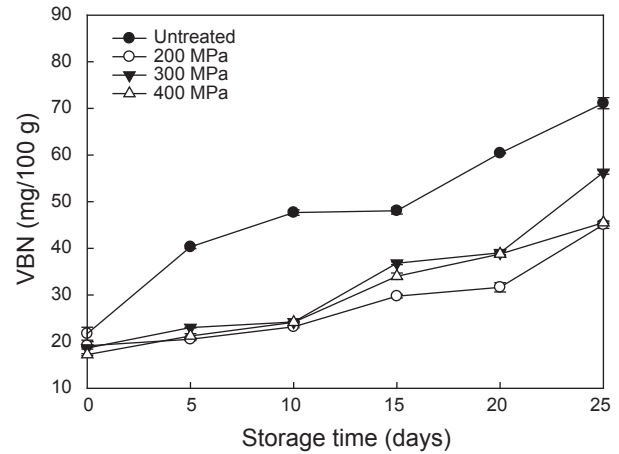


Fig. 4. Changes in VBN of mackerel *Scomber japonicus* fillet at 4°C after treated with high hydrostatic pressure.

TMA, DMA 등의 축적이 적어 pH가 유지된 것으로 사료된다.

초정수압 처리에 의한 VBN 함량 변화

초정수압 처리에 의한 고등어육 중의 VBN 함량 변화를 알아본 결과(Fig. 4), 저장 초기에 무처리는 21 mg/100 g의 함량을 보였고, 초정수압 처리구는 200, 300 및 400 MPa에서 각각 19, 18, 17 mg/100 g의 VBN 함량을 나타내어 처리압력이 높아짐에 따라 VBN 함량이 감소한 것을 확인하였다. 저장 5일차에서 무처리의 경우 VBN 함량이 40 mg/100 g으로 급격한 증가를 보였으나, 초정수압 처리구는 20-23 mg/100 g으로 낮은 VBN 함량을 보였다. 이후 저장기간이 증가함에 따라 무처리구는 지속적으로 VBN 함량이 증가하여 저장 20일차에 60 mg/100 g의 함량을 보였으나, 초정수압 처리구는 31-38 mg/100 g으로 낮은 함량을 보였다. 수산물의 선도 지표가 되는 VBN 함량은 일반적으로 5-10 mg/100 g을 극히 신선한 어육, 15-25 mg/100 g이 보통 선도의 어육, 30-40 mg/100 g이 부패 초기 어육, 50 mg/100 g이 부패가 심한 어육으로 판정하는데(Song et al., 2005), 무처리구의 경우 저장 5일차 이후 40 mg/100 g을 초과하여 초기 부패 단계로 나타났으나, 초정수압 처리구의 경우 저장 10일차 까지 VBN 함량이 처리 직후와 큰 차이가 없는 것을 확인하였다. 또한 무처리구의 경우 저장 20일차에 심한 부패가 진행되었으나, 초정수압 처리구는 부패 초기 단계인 것으로 사료되어진다. 이러한 결과는 Kang et al. (2011)의 고추장굴비에 초고압 처리한 후 저장기간동안 VBN 함량의 변화를 측정 한 결과 대조구에 비해 낮은 VBN 함량을 보인 결과와 유사하다. VBN은 주로 세균의 증식에 의해 단백질이 분해되면서 증가하게 되는 것으로 알려져 있다(Song et al., 2005). Kurk et al. (2011)은 닭가슴살 필렛에 초고압 처리한 실험에서 처리 압력이 높아질수록 균이 감소하거나 사멸하였으며, VBN도 감소함

을 보여 미생물 수의 감소에 의해 단백질 분해가 감소하였기 때문이라고 보고하였다. 따라서 본 연구에서의 VBN 함량 감소는 초정수압 처리에 의해 미생물의 살균효과와 단백질의 구조변화에 기인한 것으로 사료된다. 결론적으로 고등어에 초정수압 기술의 적용은 저장 중 고등어의 품질 저하로 인해 발생 되는 다량의 히스타민 생성을 억제 시켜 고등어 섭취로 인한 histamine 유래 식중독에 대한 안전성을 확보할 수 있는 방안이 될 것이며, 품질 특성에 대한 연구가 추가로 진행된다면 고등어의 미생물학적 안전성과 저장성 향상을 위한 새로운 가공방법으로 응용 가능할 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2013R1A1A2009906)이며, 이에 감사드립니다.

References

- Bover-Cid S, Belletti N, Garriga M and Aymerich T. 2011. Model for *Listeria monocytogenes* inactivation on dry-cured ham by high hydrostatic pressure processing. *Food Microbiol* 28, 804-809. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2010.05.005>.
- Bull MK, Hayman MM, Stewart CM, Szabo EA and Knabel SJ. 2005. Effect of prior growth temperature, type of enrichment medium, and temperature and time of storage on recovery. *Int J of Food Microbiol* 101, 53-61. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.10.045>.
- Cho SJ, Choe YK, Lee SY, Byun SM and Chung JR. 1985. Radurization effect of Korean mackerel. *J Korean Fish Soc* 18, 219-226.
- Dapkevicius MLNE, Nout MJR, Rombouts FM, Houben JH and Wymenga W. 2000. Biogenic amine formation and degradation by potential fish silage starter microorganisms. *Int J Food Microbiol* 57, 107-114.
- Fujii T, Hiraishi A, Kobayashi T, Yoguchi R and Okuzumi M. 1997. Identification of the psychrophilic histamine-producing marine bacteria previously referred to as the N-group bacteria. *Fish Sci* 63, 807-810.
- Gou J, Zou Y, Choi GP, Park YB and Ahn JH. 2011. Effect of high pressure processing on the shelf life of seasoned squid. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40, 1136-1140.
- Han GD and Jeong BY. 2005. High pressure processing on foods. *Food Industry and Nutrition* 10, 30-36.
- Hong GP, Shim KB, Choi MJ and Min SG. 2008. Effects of thermal processing combined with high pressure on the characteristics of cooked pork. *Korean J Food Sci Ani Resour* 28, 415-421.
- Hong JY, Nam HS, Huh SM and Shin SR. 2005. Changes on the rheology of salted mackerel by treatment of korean herbal extracts and methods of storage. *Korean J Food Preserv* 12, 578-582.
- Ju HW. 2011. Sensory test and physiochemical property of marinade mackerel with herb salt solution. *Korean J Cul Res* 17, 221-235.
- Kang SG, Park NH, Ko DO, Li JL, Kim BS and Park YK. 2011. Effects of high hydrostatic pressure and gamma irradiation on quality and microbiological changes of Kochujang-Gulbi. *Korean J Food Preserv* 18, 1-6.
- Kanki M, Yoda T, Ishibashi M and Tsukamoto T. 2004. Photobacterium phosphoreum caused a histamine fish poisoning incident. *Int J Food Microbiol* 92, 79-87.
- Kanki M, Yoda T, Tsukamoto T and Baba E. 2007. Histidine decarboxylase and their role in accumulation of histamine in tuna and dried saury. *Appl Environ Microbiol* 73, 1467-1473.
- 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.
- Kim IH, Kim JE and Kang JH. 2012. A study of the quality characteristics and shelf-life of marinade mackerel with thyme extract. *Korean J Food Cookery Sci* 28, 753-761.
- Kim JH and Ha JH. 1989. Preservation of mackerel by irradiation. *Cheju National University J* 29, 201-210.
- Kruk ZA, Yun HJ, Rutley DL, Lee EJ, Kim YJ and Jo C. 2011. The effect of high pressure on microbial population, meat quality and sensory characteristics of chicken breast fillet. *Food Control* 22, 6-12.
- Lee JS, Joo DS, Kim JS, Cho SY and Lee EH. 1993. Processing of a good quality altered and semi-dried mackerel by high osmotic pressure resin dehydration under cold condition. *Korean J Food Sci Technol* 25, 468-474.
- Lee KH, Hong BI and Jung BC. 1998. Processing of low salt mackerel fillet and quality changes during storage. *Korean J Food Sci Technol* 30, 1070-1076.
- Lehane L and Olley J. 2000. Histamine fish poisoning revisited. *Int J Food Microbiol* 58, 1-37.
- Leuschner RG, Heidel M and Hammes WP. 1998. Histamine and tyramine degradation by food fermenting microorganisms. *Int J Food Microbiol* 39, 1-10.
- Mah JH and Hwang HJ. 2009. Inhibition of biogenic amine formation in a salted and fermented anchovy by *Staphylococcus xylosus* as a protective culture. *Food Control* 20, 796-801.
- Mah JH, Kim YJ and Hwang HJ. 2009. Inhibitory effects of garlic and other spices on biogenic amine production in *Myeolchi-jeot*, Korean salted and fermented anchovy product. *Food Control* 20, 449-454.
- Nam KH, Jang MS, Lee DS, Yoon HD and 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.

- Park JY, Na SY and Lee YJ. 2010. Present and future of non-thermal food processing technology. *Food Science and Industry* 43, 1-20.
- Park SY. 2009. Food quality evaluation of raw and salted mackerel collected at market in Busan. MS Thesis, Pukyong National University, Busan, Korea.
- Park WJ, Jwa MK, Hyun SH, Lim S and Song DJ. 2006. Microbial and quality changes during storage of raw oyster treated with high hydrostatic pressure. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35, 1449-1455.
- Patterson MF. 2005. Microbiology of pressure-treated foods. *J Appl Microbiol* 98, 1400-1409.
- Ramesh A and Venugopalan VK. 1986. Densities and characteristics of histamine-forming luminous bacteria of marine fish. *Food Microbiol* 3, 103-105.
- Ryu JW. 2005. Effects of fishery odor elimination in common mackerel treated by chinese medical marination. MS Thesis, Hankyong National University, Kyonggi-do, Anseong, Korea.
- Ryu SH, Lee YS and Moon GS. 2002. Effects of salt soysauce on lipid oxidation in broiled mackerel (*Scomber japonicus*). *Korean J Food Sci Technol* 34, 1030-1035.
- San Martin MF, Barbose-Canovas GV and Swanson BG. 2002. Food processing by high hydrostatic pressure. *Critical Reviews in Food Sci and Nutr* 42, 627-645.
- Shakila RJ, Vasundhara TS and 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°C. *Z Lebensm Unters Forsch* 203, 71-76.
- Shalaby AR. 1996. Significance of biogenic amines to food safety and human health. *Food Res Int* 29, 675-690.
- Song HN, Lee DG, Han SW, Yoon HK and Hwang IK. 2005. Quality changes of salted and semi-dried mackerel fillets by UV treatment during refrigerated storage. *Korean J Food Cookery Sci* 21, 662-668.
- Stephens PJ. 2005. Recovery of stressed bacteria. *Culture* 26, 5-8.
- Sung NJ, Lee SJ and Chung MJ. 1997. The formation of N-nitrosamine in yellow corvenia during its processing. *J Food Hyg Safety* 12, 125-131.
- Taylor SL, Guthertz LS, Leatherwood M and Lieber E. 1979. Histamine production by *Klebsiella pneumoniae* and an incident of scombroid fish poisoning. *Appl Environ Microbiol* 37, 274-278.
- Wendakoon CN and Sakaguchi M. 1993. Combined effect of sodium chloride and clove on growth and biogenic amine formation of *Enterobacter aerogenes* in mackerel muscle extract. *J Food Protect* 56, 410-413.
- Wendakoon CN and Sakaguchi M. 1995. Inhibition of amino acid decarboxylase activity of *Enterobacter aerogenes* by active components in spices. *J Food Protect* 58, 280-283.
- Yang ST and Lee HS. 2000. Effects of modified atmosphere packaging on the shelf-life of semi-dried mackerel. *J Kyungung Univ.* 21, 141-154.