

염장조건이 굴비 가공 중 콜레스테롤 및 콜레스테롤 산화물 생성에 미치는 영향

- 연구노트 -

강민정¹ · 박선영² · 신정혜³ · 최덕주³ · 조현소⁴ · 이수정⁴ · 성낙주^{4*}

¹남해군 농업기술센터, ²경상남도 진주의료원,
³남해전문대학 호텔조리제빵과, ⁴경상대학교 식품영양학과 · 농업생명과학연구원

The Effect of Salting Conditions on Formation of Cholesterol and Cholesterol Oxides During Gulbi Processing and Storage

Min-Jung Kang¹, Sun-Young Park², Jung-Hye Shin³, Duk-Ju Choi³,
Hyun-So Cho⁴, Soo-Jung Lee⁴, and Nak-Ju Sung^{4*}

¹Namnaegun Agricultural Technology Center, Namhae 668-812, Korea

²Jinju Medical Center, Jinju 660-985, Korea

³Dept. of Hotel Culinary Art & Bakery, Namhae College, Namhae 668-801, Korea,

⁴Dept. of Foods and Nutrition, Institute of Agriculture and Life Sciences,
Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

Abstract

Cholesterol and cholesterol oxide products (COPs) of Gulbi (*Pseudosciaena manchurica*) processed and stored at different salting times of 5 hours and 5 days were analyzed. The content of cholesterol was 133.4 ± 5.20 mg/100 g in the fresh sample. Cholesterol content was decreased during salting and storage; its contents were 130.3 ± 2.95 mg/100 g and 87.2 ± 3.49 mg/100 g in 5 hours and 5 days salting samples, respectively. The content of 7-ketocholesterol in 5 hours and 5 days salting samples were 75.2 ± 2.70 μ g/100 g and 82.4 ± 3.30 μ g/100 g. The 7-ketocholesterol content of salting sample for 5 hours had no significantly difference for 2 days sun drying, but it was dramatically increased during 5 days sun drying and then increased during storage days. 7 α - and 7 β -hydroxycholesterol were not detected in fresh sample, but increased during Gulbi processing and storage. The 7 α -hydroxycholesterol was increased during Gulbi processing and storage and a higher level of 658.1 ± 6.20 μ g/100 g was detected in 5 hours salting sample than in 5 days salting sample after 21 days storage. The 7 β -hydroxycholesterol also showed similar tendency with 7 α -hydroxycholesterol; it was largely increased between 7 and 14 days storage in 5 days salting sample.

Key words: Gulbi, cholesterol, cholesterol oxide products

서 론

지방을 다량 함유한 식품 중에서 콜레스테롤은 지방산의 경우와 같이 공기에 노출되거나, 높은 온도, 자유라디칼 개시제(initiator), 광선 또는 여러 가지 복합적인 요인들에 의하여 쉽게 산화될 수 있다(1). 가공식품은 다양한 가공 및 저장 조건에서 산소, 열, 빛이 존재하는 상태에서 콜레스테롤의 산화가 진행되며, 다불포화지방산의 hydroperoxide에 의해 생성된 산소라디칼이나 자유라디칼의 연쇄반응으로 콜레스테롤 산화가 개시되어, 70여종 이상의 콜레스테롤 산화물(Cholesterol Oxide Products; COPs)을 생성한다(2). 식품에서 가장 빈번히 발생하는 COPs는 7-유도체들(7-ketocho-

lesterol, 7 α - , 7 β -hydroxycholesterol), 5,6-epoxides(5,6 α - epoxycholesterol, 5,6 β -epoxycholesterol), 25-hydroxycholesterol과 20 α -hydroxycholesterol이라고 보고되어 있다(3). Osada 등(4)은 정제된 콜레스테롤과 지질을 혼합하여 지질 산화와 콜레스테롤 산화와의 상호작용을 알아본 결과 불포화지질과 함께 가열할 경우 콜레스테롤 산화물의 생성이 급증하였는데 이는 지질의 산화가 콜레스테롤 산화에 선행하여 영향을 미치기 때문이라고 보고한 바 있다. 이로 미루어 볼 때 불포화지질을 많이 함유하고 있는 어류를 가공하거나 저장할 경우에도 그 조건에 따라 인체에 악영향을 미치는 여러 가지 콜레스테롤 산화물이 생성될 것으로 추정된다.

*Corresponding author. E-mail: snakju@gsnu.ac.kr
Phone: 82-55-751-5975, Fax: 82-55-751-5971

대표적인 우리나라 고유의 수산가공식품인 굴비는 지방질을 많이 함유하고 있으며, 지방질 성분에는 탄소수가 20개 이상인 n-3 계열의 고도 불포화지방산, 특히 eicosapentaenoic acid(EPA, 20:5)와 docosahexaenoic acid(DHA, 22:6)의 함량이 높은 것으로 알려져 있다(5). 이러한 고도 불포화지방산은 수산식품을 가공·저장할 때 쉽게 산화 분해되어 유지의 변색 또는 저급 carbonyl 화합물의 생성으로 인한 불쾌취의 발생, 유리지방산의 생성으로 단백질 변성 촉진 및 영양가의 저하 등 품질에 나쁜 영향을 미친다(6). 굴비는 염건제품으로 제조 후 자연 상태에서 저장 및 유통하면서 식용하기 때문에 장기보존 중 굴비에 함유된 지질의 산화작용과 함께 콜레스테롤의 산화가 촉진되며 이에 따른 유독성 물질의 생성가능성이 매우 높다(7). 굴비 가공을 위하여 다량 첨가되는 소금은 수분활성도를 낮추어 줌으로써 미생물에 대한 안정성에 기여할 뿐 아니라 육 입자로부터 염용성 단백질인 actin, myosin 그리고 actomyosin 등을 용해시켜 육 입자와 지방 입자 간의 결합력을 갖게 하여 조직을 좋게 하며 저장성 및 풍미 향상에 기여하기도 한다(8). 그러나 소금은 어류에 함유되어 있는 불포화지방산 산화를 촉진하는 것으로 알려져 있는데(9) 굴비 제조 시 사용되는 천일염은 칼슘 및 마그네슘 등의 다가 양이온을 함유하고 있으며 또한 불순물도 다량 함유되어 있어(10) 이로 인해 지방산화의 촉진 가능성도 높다. 따라서 본 연구에서는 대표적인 염건식품인 굴비의 제조과정 중 식염의 농도가 콜레스테롤 및 COPs의 산화에 미치는 영향을 분석하고자 염장 시간을 달리하여 식염농도가 상이한 굴비의 건조와 저장 중 콜레스테롤 함량 및 콜레스테롤 산화물 생성의 변화를 분석·비교하였다.

재료 및 방법

재료

남해안 연근해에서 어획한 참조기(*Pseudosciaena manchurica*, 체장 30~32 cm, 체중 290~340 g)를 진주시 중앙시장에서 구입하여 빙장한 상태로 실험실에 운반하여 비늘을 제거한 후 흐르는 물로 세척한 다음 자연 건조하여 표면의 물기를 제거하여 굴비 제조용 시료로 사용하였다.

생 시료는 내장 및 껍질을 제거한 후 배육을 취해 분쇄기(Hamilton, USA)로 균질화시켜 0.02 mm 폴리에틸렌 겹주머니로 포장하여 -40°C 냉동고에 저장하여 두고 일정량 취하여 실험에 사용하였다.

굴비의 가공 및 시료의 전처리

천일염(동광상사)을 사용하여 입과 아가미에 소금을 주입하고 플라스틱 용기에 넣은 다음 표면을 약 2 cm 두께로 소금을 덮어 공기 중에 노출되는 부위가 없도록 하여 14±2°C에서 각각 5시간과 5일간 염장하여 염장용 시료를 제조

Table 1. The operating conditions of HPLC for cholesterol analysis

Items	Conditions
Instrument	Shimadzu LC-10AD (Japan)
Column	μ-porasil (10 μm pore size, 3.9×300 mm)
Mobile phase	n-hexane : 2-propanol=98:2 (v/v)
Detector	UV detector, 206 nm
Flow rate	1 mL/min
Chart speed	5 mm/min

하였다. 이 시료를 5일간 천일건조 후 21일 동안 저장하였으며, 염장 시료는 천일건조 과정 중 2일과 5일에 각각 시료를 취하여 건조 시료로 하였다. 저장시료는 건조된 시료를 한지 2겹으로 싸 다음 15±2°C에서 저장하면서 각각 7, 14, 21일에 시료를 취하여 저장용 시료로 하였다. 저장시료는 껍질을 제거한 후 생 시료와 동일하게 처리하여 실험에 사용하였다.

콜레스테롤의 정량

콜레스테롤은 Folch 등(11)의 방법에 의해 정량하였는데 혼합 마쇄한 시료 약 5 g을 정평하여 chloroform : methanol(2:1, v/v) 혼합액으로 총 지질을 추출하였다. 지질추출물은 무수황산나트륨을 가하여 탈수시킨 후 감압하여 용매를 제거하였다. 여기에 이동상 용매 1 mL를 가하여 용해한 후 membrane filter(0.45 μm, Gelman Science, Inc., USA)로 여과한 다음 HPLC(LC-10AD, Shimadzu, Japan)로 분석하였다. 이때 HPLC 조건은 Table 1과 같으며 콜레스테롤 함량은 표준물질을 농도별로 HPLC에 주입하여 얻은 표준검량곡선으로부터 정량하였다.

콜레스테롤 산화물의 정량

시료의 전처리 과정은 전술한 콜레스테롤 정량법과 동일하며, HPLC 분석조건은 7-ketocholesterol, 7α-hydroxycholesterol 그리고 7β-hydroxycholesterol 모두 n-hexane : 2-propanol을 95:5(v/v)의 비율로 혼합하여 이동상 용매로 하였고 UV detector를 이용하여 각각 233 nm, 206 nm, 206 nm에서 검출하였다. 각 산화물은 동일한 조건에서 HPLC에 주입된 표준물질과의 머무름 시간 비교 및 동시주입을 통하여 확인·동정하였으며 확인된 7-ketocholesterol, 7α- 및 7β-hydroxycholesterol 함량은 각 표준물질(Sigma, USA)을 농도별로 HPLC에 주입하여 얻은 표준검량곡선으로부터 정량하였다.

결과 및 고찰

콜레스테롤의 함량변화

굴비의 가공 및 저장 중 콜레스테롤의 함량 변화는 Fig. 1과 같다. 생 시료 중 콜레스테롤의 함량은 133.4±5.20 mg/100 g으로 정량되었으며, 염장 및 건조기간이 길어질수록 함량이 감소하였다. 콜레스테롤의 함량은 염장시간에 따라 서로 큰 차이를 보였는데, 5시간 염장한 시료의 콜레스테롤

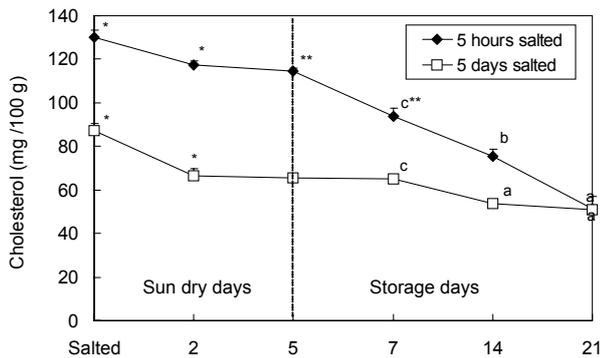


Fig. 1. Changes in cholesterol contents of Gulbi during its processing and storage.

Fresh sample: 133.4 ± 5.20 mg/100 g. All data represent the mean and standard deviation of 5 values. *Means are significantly different (p<0.05) between salting and 2 days sun drying sample. **Means are significantly different (p<0.05) between 5 days sun drying and 7 days storage sample. ^{a-c}Means with different superscripts in the storage samples are significantly different (p<0.05).

함량은 130.3 ± 2.95 mg/100 g, 5일간 염장한 시료에서는 87.2 ± 3.49 mg/100 g으로 5일간 염장한 시료에서 콜레스테롤은 약 33%정도 감소하였다. 본 실험 결과 염장기간이 길수록 콜레스테롤 함량의 감소폭이 큰 것은 염장 중 굴비의 근육조직이 수축되면서 지방이 표피로 이동한다고 한 Park 등(12)의 보고로 추정해 볼 때 염장 동안 표피로 이동된 지질이 시료의 전처리를 위하여 껍질을 제거하는 과정을 거치면서 표피 지방의 일부가 제거되어 콜레스테롤의 함량이 줄어든 결과이며, 염장시간의 경과와 더불어 지방이 표피로의 이동이 현저하였던 것으로 판단된다.

저장 시료의 콜레스테롤 함량 변화를 보면 5시간 염장한 후 7일간 저장한 시료에서 93.7 ± 4.00 mg/100 g이었으며, 21일간 저장한 후에는 51.4 ± 5.81 mg/100 g으로 저장기간이 길어질수록 감소하여 생 시료에 비해 무려 62%나 감소하였다. 이와 같은 결과는 생조기의 건조기간에 따른 근육과 표피의 지방질 함량은 저장 10일 이후로 감소하였다는 Park 등(12)의 보고와 유사한 결과였다. 5일간 염장한 시료의 저장기간 동안 콜레스테롤의 함량 변화는 완만한 감소를 보였다.

건조에 따른 콜레스테롤 함량의 감소는 고온이나 일광 하에서 건조할 경우 원료 중의 다불포화지방산이 산화되어 지방 peroxyradical이나 단 중일 산소를 생성하게 되고, 이것의 촉매 역할로 인해 연쇄반응이 일어나며 동시에 단백질 및 지질의 감소와 더불어 콜레스테롤도 감소된 것으로 추정된다. Lee 등(13)은 방사선 조사 및 포장방법에 따른 콜레스테롤 산화물질과 지질산화물의 생성량을 조사한 결과 방사선 조사로 인하여 생성되는 양보다 저장조건이 더 많은 영향을 미친다고 보고한 바 있다.

7-ketocholesterol의 함량변화

굴비의 가공 중 7-ketocholesterol의 함량 변화는 Fig. 2와

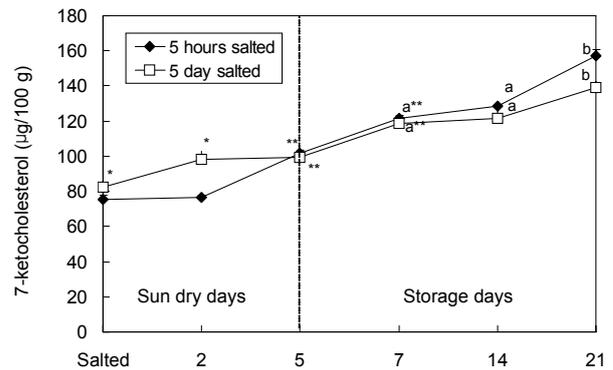


Fig. 2. Changes in 7-ketocholesterol contents of Gulbi during its processing and storage.

Fresh sample: 69.4 ± 2.20 µg/100 g. All data represent the mean and standard deviation of 5 values. *Means are significantly different (p<0.05) between salting and 2 days sun drying sample. **Means are significantly different (p<0.05) between 5 days sun drying and 7 days storage sample. ^{a-c}Means with different superscripts in the storage samples are significantly different (p<0.05).

같다. 생 시료의 7-ketocholesterol 함량은 69.4 ± 2.20 µg/100 g이었으나 5시간 염장 후에는 75.2 ± 2.70 µg/100 g, 5일간 염장 후에는 82.4 ± 3.30 µg/100 g으로 5일간 염장한 경우에 7-ketocholesterol의 함량이 다소 높게 정량되었다. 그러나 5시간 염장한 시료의 7-ketocholesterol 함량은 천일 건조 중 점차 증가하여 건조 2일에 76.8 ± 1.00 µg/100 g에서 저장 21일에 157.3 ± 3.50 µg/100 g으로 2배 이상 증가하였으며, 5일간 염장한 시료는 저장기간 동안 산화물의 증가량이 40.5 µg/100 g으로 5시간 염장한 시료에 비해 7-ketocholesterol의 생성량은 50% 정도에 불과하였다. 이러한 결과는 전술한 Park 등(12)의 보고로 미루어 볼 때 5시간 염장한 시료가 5일간 염장한 시료에 비해 표피로의 지질 이동이 상대적으로 적었기 때문에 육 내부에 남아 있던 지질 함량이 높았던 결과로, 5일간 염장한 시료에 비해 다소 많은 산화물이 생성된 것으로 추측된다.

일본 사람들이 비교적 많이 섭취하고 있는 염건어류, 자건어류 및 훈제 연어에서 콜레스테롤 산화물을 검출한 Toshiki 등(14)은 7-ketocholesterol, 7α-hydroxycholesterol, α- 및 β-epoxide, 25-hydroxycholesterol, 5α-cholestane-3β, 5β, 6β-triol 중에서 특히 7-ketocholesterol, 7α-hydroxycholesterol의 함량이 높게 측정되었다고 하였으며, Osada 등(4)도 상기 콜레스테롤 산화물을 풍건한 정어리와 오징어 통조림 등에서 검출하였다고 보고한 바 있다. Michael 등(15)은 7-ketocholesterol이 인체의 콜레스테롤 생합성에 관여하여 섬유아세포의 성장을 저해하며, 또 이러한 7-ketocholesterol을 포함한 B환 산화물과 일부 25-hydroxycholesterol 등의 옆 사슬 산화물이 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A (HMG-CoA) 환원효소의 활성을 억제하여 토끼의 대동맥 평활근을 세포 배양한 결과 강한 독성을 나타낸다고 하였다.

7α- 및 7β-hydroxycholesterol의 함량변화

굴비 가공 중 염장시간에 따른 7α, 7β-hydroxycholesterol 함량변화는 Fig. 3 및 4와 같다. 7α-hydroxycholesterol은 생 시료에서는 전혀 검출되지 않았으나 굴비가공 중 계속해서 증가하여 5시간 및 5일간 염장 후의 함량은 각각 146.3±2.31 μg/100 g, 231.4±3.33 μg/100 g으로 정량되었다. 천일건조 중 7α-hydroxycholesterol의 생성량을 보면 5시간 염장한 시료는 2일간 천일건조 후에 332.8±3.15 μg/100 g으로 5일간 염장한 시료(245.8±3.16 μg/100 g)보다 더 높은 함량이었다. 5일간 염장한 시료는 저장 7일 후 산화물의 생성이 급격하게 증가한 후 저장 14일과 21일 후에는 각각 499.3±8.31 μg/100 g, 539.6±6.17 μg/100 g으로 정량되었다. Cluskly 등(16)은 신선하게 처리된 식육에서는 콜레스테롤 산화물(COPs)의 검출량이 거의 없었으나 장기간 숙성된 제품에서는 많은 양이 함유되어 있으며 콜레스테롤 산화물의 발생량은 건조기술과 저장조건을 포함하여 몇 가지 요인에 의존한다고 보고하였다.

천일염으로 염장시간을 달리한 굴비의 가공방법에 따른 7β-hydroxycholesterol의 함량(Fig. 4)은 7α-hydroxycholesterol과 유사한 결과로 생 시료에서는 전혀 검출되지 않았으나, 5시간 염장한 시료에서 125.7±2.85 μg/100 g, 5일간 염장한 시료에서는 이보다 높은 130.9±2.1 μg/100 g으로 정량되었고 건조 및 저장 동안 계속하여 유의적으로 증가하였다. 염장시간에 따른 변화는 5시간 염장한 시료가 5일간 염장한 시료보다 함량이 더 낮게 정량되었으나, 건조 및 저장 과정을 거치면서 5일간 저장한 시료에 비해 7β-hydroxycholesterol의 생성 증가폭이 더 컸다. 즉, 5시간 염장한 시료의 7β-hydroxycholesterol 함량은 건조 5일에서 저장 21일까지 유의차를 보이며 완만히 증가하였는데, 5일간 염장한 시료는 저장 7일에 326.5±2.93 μg/100 g이었던 산화물이 저장 14일에 560.0±5.84 μg/100 g으로 급격히 증가하였고 그 이후부터는 함량의 변화에 유의차가 없었다.

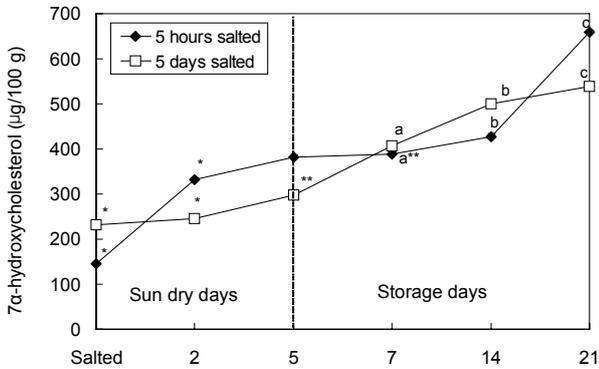


Fig. 3. Changes in 7α-hydroxycholesterol contents of Gulbi during its processing and storage.

All data represent the mean and standard deviation of 5 values. *Means are significantly different (p<0.05) between salting and 2 days sun drying sample. **Means are significantly different (p<0.05) between 5 days sun drying and 7 days storage sample. ^{a-c}Means with different superscripts in the storage samples are significantly different (p<0.05).

Pie 등(17)은 육을 가열 후 냉장저장 동안 콜레스테롤 산화물이 유의적으로 증가한다고 하였으며 신선육의 가열동안 2차 산화유도체(cholesterol epoxide와 cholestanetriol)보다 1차 oxysterols(7α-hydroxycholesterol, 7β-hydroxycholesterol, 7-ketocholesterol)이 많이 생성된다고 보고한 바 있다. 또한 방사선조사 처리 후 저장된 육의 콜레스테롤 산화물의 생성량은 무 처리 육에 비하여 유의적으로 높았다는 보고(18)도 있으며, Lee와 Lee(19)는 저장기간에 따른 콜레스테롤 산화물의 생성량이 저장기간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하였다고 하였다. 본 실험에서도 굴비 제조 후 저장기간의 경과에 따른 콜레스테롤 산화물의 생성을 조사한 결과 저장기간에 따라 그 함량이 유의적으로 증가하였다.

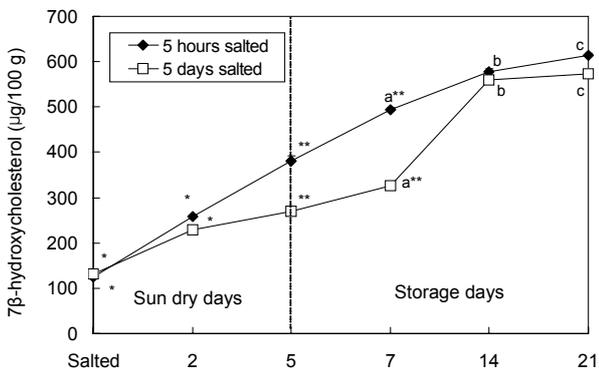


Fig. 4. Changes in 7β-hydroxycholesterol contents of Gulbi during its processing and storage.

All data represent the mean and standard deviation of 5 values. *Means are significantly different (p<0.05) between salting and 2 days sun drying sample. **Means are significantly different (p<0.05) between 5 days sun drying and 7 days storage sample. ^{a-c}Means with different superscripts in the storage samples are significantly different (p<0.05).

요약

굴비 가공 중 식염농도가 콜레스테롤 산화에 미치는 영향을 분석하고자 염장시간을 5시간과 5일로 달리하여 건조·저장한 후 콜레스테롤 및 그 산화물의 함량을 분석하였다. 생 시료의 콜레스테롤 함량은 133.4±5.20 mg/100 g으로 정량되었으나 천일염으로 염장 후 콜레스테롤 함량은 5시간 염장하였을 때 130.3±2.95 mg/100 g, 5일간 염장한 시료에서 87.2±3.49 mg/100 g으로 염장시간에 따른 콜레스테롤의 감소가 현저하였으며 저장기간 동안 콜레스테롤의 함량은 점차 감소하였다. 7-ketocholesterol은 5시간 및 5일간 염장 후 각각 75.2±2.70 μg/100 g과 82.4±3.30 μg/100 g으로 정량되었다. 5시간 염장시료는 건조 2일까지는 7-ketocholesterol의 함량에 유의차가 없었으나 건조 5일에 급격히 증가하였고, 저장기간 동안에도 점차 증가하였다. 7α 및 7β-hy-

droxycholesterol은 생 시료에서는 전혀 검출되지 않았으나 가공과정을 거치면서 점차 증가하였는데 7 α -hydroxycholesterol의 함량은 저장 21일 후는 5시간 염장한 시료(658.1 \pm 6.20 μ g/100 g)에서 5일간 염장한 시료(539.6 \pm 6.17 μ g/100 g)보다 118.5 μ g/100 g 더 많이 생성되었다. 7 β -hydroxycholesterol도 염장 및 저장 기간에 따라 그 함량이 증가하였으며 5일간 염장한 시료에서는 저장 7일과 14일 사이에 증가폭이 가장 컸다.

문 헌

1. Chang YS, Yang JH, Shin HS. 1990. Identification of cholesterol oxide formed in butter under varied storage conditions. *Korean J Food Sci Technol* 22: 762-766.
2. Smith LL. 1987. Cholesterol autoxidation. *Chem Phys Lipid* 44: 87-125.
3. Addis PB. 1986. Occurrence of lipid oxidation products in foods. *Food Chem Toxicol* 24: 1021-1034.
4. Osada K, Kodama T, Cui L, Yamada K, Sugano M. 1993. Levels and formation of oxidized cholesterols in processed marine foods. *J Agric Food Chem* 41: 1893-1898.
5. Herian AM, Lee K. 1985. 7 α - and 7 β -hydroxycholesterol formed in a dry eggnog mix exposed to fluorescent light. *J Food Sci* 50: 276-277.
6. 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.
7. Hong YH, Shin MS, Jun DY, Min OR. 1988. Changes in aines, formaldehydes and fat distribution during Gulbi processing. *Korean J Food Sci Technol* 20: 125-132.
8. Shin HK, Choi SS, Kang IS, Han SH. 1988. Effect of added NaCl levels on the physical, chemical and microbial properties of dry sausage during ripening period. *Korean J Food Sci Technol* 20: 755-761.
9. Kong CS, Bak SS, Jung KO, Kil JH, Lim SY, Park KY. 2005. Antimutagenic and anticancer effects of salted mackerel with various kinds of salts. *J Korean Fish Soc* 38: 281-285.
10. Ha JO, Park KY. 1998. Comparison of mineral contents and external structure of various salts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 413-418.
11. Folch J, Lee M, Stanly GH. 1957. A sample method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 726: 497-509.
12. Park YH, Song E, Shin MS, Jhon DY, Hong YH. 1986. Studies on the changes of lipid constituents during Gulbi processing. *Korean J Food Sci Technol* 18: 485-491.
13. Lee JI, Shin TS, Jin SK, Kim IS, Kim YH, Joo ST, Park GB. 2003. Effect of irradiation and packaging methods on the oxidation of cholesterol in raw and cooked chicken leg meat. *J Anim Sci Technol Korean* 45: 825-834.
14. Toshiki O, Nan L, Chiaki K. 1993. Oxidative decomposition of cholesterol in fish products. *JAOCs* 70: 595-600.
15. Michael SB, Joseph L, Goldstein JL. 1974. Suppression of 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase activity and inhibition of growth of human fibroblasts by 7-ketocholesterol. *J Biol Chem* 249: 7306-7314.
16. Cluskly S, Connolly JF, Devery R, O'brien B, Kelly J, Harrington D, Stanton C. 1997. Lipid and cholesterol oxidation in whole milk powder during processing and storage. *J Food Sci* 62: 331-336.
17. Pie JE, Spahis K, Seillan C. 1991. Cholesterol oxidation in meat products during cooking and frozen storage. *J Agric Food Chem* 39: 250-254.
18. Hwang KT, Maerker G. 1993. Quantification of cholesterol oxidation products in unirradiated and irradiated meats. *J Am Oil Chem Soc* 70: 371-375.
19. Lee JI, Lee MH. 1999. Effect of electron-beam irradiation and storage on cholesterol 7-derivatives products of meat. *Korean J Food Sci Technol* 31: 74-82.

(2007년 10월 9일 접수; 2008년 2월 4일 채택)