

## 오징어 건조 및 조리 중 콜레스테롤 산화물 생성

양승미 · 신정혜 · 강민정 · 김태훈 · 성낙주<sup>†</sup>

경상대학교 식품영양학과, 농업생명과학연구원

### The Formation of Cholesterol Oxidation Products during Its Drying and Cooking in Squid

Seung-Mi Yang, Jung-Hye Shin, Min-Jung Kang,

Tae-Hoon Kim, and Nak-Ju Sung<sup>†</sup>

Dept. of Food and Nutrition, Institute of Agriculture and Life Sciences,  
Gyongsang National University, Jinju 660-701, Korea

#### Abstract

Cholesterol oxidation products(COPs) such as 7-ketocholesterol, 7  $\alpha$ , 7  $\beta$ -hydroxycholesterol and 25-hydroxycholesterol were analyzed for ensuring the safety of squid during its drying and cooking. In addition, changes of malonaldehyde in squid during its drying and cooking were also investigated. Cholesterol was detected 636.4mg/100g in fresh sample, which was decreased during its drying and cholesterol contents in dried sample were 468.9mg/100g, 486.8mg/100g, respectively, while COPs contents of sun and hot air dried samples increased about 6.2 times more than those contents of fresh sample. Regardless of cooking methods, the contents of COPs in dried products increased after cooking. Especially, those contents were determined 127.3  $\mu$ g/g in sun dried samples were cooked by microwave oven. The malonaldehyde contents of dried products increased after cooking, its contents in cooked samples by an microwave oven after sun dried were about 4.3 times more than in control products. In general, a small quantity of COPs were formed in dried samples which were cooked by a steam.

Key words: squids, cholesterol, cholesterol oxides, malonaldehyde, drying method, cooking method.

#### 서 론

동물성 식품에 널리 분포되어 있는 콜레스테롤( $C_{27}H_{45}OH$ )의 다량 섭취는 포화지방산과 함께 관상 심장질환, 동맥경화, 고혈압 등과 같은 질병의 위험요소로 지목되고 있다<sup>1)</sup>. 특히 이 물질이 산화될 경우 포유동물의 smooth cell과 같은 혈관 내막에 독성을 나타내게 된다<sup>2)</sup>. 따라서 콜레스테롤의 자동산화에 대한 연구가 많다<sup>3~5)</sup>. Smith 등<sup>6)</sup>에 의해 콜레스테롤 자동산화의 여러 가지 기작이 제시된 바 있다. 즉 콜레스

테롤은 지방의 산화 중 다불포화지방산의 hydroperoxide에 의해 생성된 산소 라디칼이나 자유라디칼의 연쇄반응으로 콜레스테롤 산화가 개시되어, 80여종이 넘는 콜레스테롤 산화물(cholesterol oxidation products : COPs)을 생성한다. COPs는 arachidonic acid 대사작용과 콜레스테롤 합성을 방해할 뿐만 아니라<sup>7,8)</sup>, 발암성<sup>9,10)</sup> 돌연변이성<sup>11,12)</sup>, 동맥경화<sup>13)</sup>, 세포독성<sup>14)</sup>이 강하여 인체에 악영향을 미치는 것으로 밝혀져 있다. 일반적으로 식품에서 발견되는 COPs는 7-ketocholesterol, 7  $\alpha$ -, 7  $\beta$ -hydroxycholesterol, 25-hydroxychole-

<sup>†</sup> Corresponding author : Nak-Ju Sung

sterol,  $\alpha$ -,  $\beta$ -5, 6-epoxycholesterol, cholesta-3,5-dien-7-one, cholestane-3 $\beta$ , 5 $\alpha$ , 6 $\beta$ -triol 등이며, 1976년 Huang<sup>2)</sup>의 보고에 의하면 정제되지 않은 콜레스테롤을 먹이로한 토끼에서 혈관내막의 부종으로 동맥에 심한 손상을 일으킨 바 그 원인을 분석한 결과 25-hydroxycholesterol, cholestane-3 $\beta$ , 5 $\alpha$ , 6 $\beta$ -triol, cholesta-3 $\beta$ , 5 $\alpha$ , 6 $\beta$ -triol, cholesterol-5, 6-epoxide에 의한 것으로 밝혔고, 이중 독성이 가장 강한 COPs로는 25-hydroxycholesterol, cholestane-3 $\beta$ , 5 $\alpha$ , 6 $\beta$ -triol라 주장하였다.

콜레스테롤을 비교적 다량 함유하고 있는 난류, 버터, 분유, 우지 및 유제품 등에 대한 연구는 많으나<sup>15~18)</sup>, 어패류에 관한 연구는 의외로 적다. Oshima 등<sup>19)</sup>은 일본에서 많이 소비되고 있는 건조 해산물 중 총 COPs를 분석한 결과, 자건한 새우에서는 8.3mg/kg, 자건 멸치에서는 188mg/kg으로 그 함량이 다양하였으며, 어류 제품내에서는 주로 B환의 COPs 및 옆사슬 산화물인 25-hydroxycholesterol이 검출된다고 하였다.

우리나라에서 부식으로 즐겨 먹어온 수산 가공품은 건제품, 염장품, 훈제품, 조미가공품 및 연제품 등 그 종류가 매우 다양하며 특히 오징어는 그 제조 공정이 간편하고 저장성이 뛰어난 뿐만 아니라 풍미가 좋아 일반인에게 널리 애용되어온 대표적인 수산 가공품으로 손꼽을 수 있으나, 대부분 가내공업의 테두리를 벗어나지 못하고 있어 위생적인 문제를 상당히 내포하

고 있는 실정이다. 일반적으로 수산 식품은 C<sub>14</sub>에서 C<sub>22</sub>까지의 탄소사슬과 6개 까지의 에틸렌 결합을 가진 매우 다양한 지방산을 함유하는데, 특히 eicosapentaenoic acid(20:5, n-3)와 docosahexaenoic acid(22:6, n-3)와 같은 다불포화 지방산은 온화한 대기조건에서 과산화물에 민감하여 자유라디칼과 peroxy radical을 산출할 뿐만 아니라, 지질이 myoglobin이나 혈액과 같은 강력한 산화 촉진물 또는 trimethylamine, 암모니아 등의 변색인자와 같이 공존하기 때문에 다른 식품에 비하여 지질의 산화가 대단히 빠른 것으로 알려져 있다. 그럼에도 불구하고 우리나라 고유의 수산 건제품 중 COPs에 관한 보고는 그렇게 많지 않다. 따라서 본 실험에서는 오징어를 시료로 하여 건조 방법 및 조리 방법이 콜레스테롤의 산화에 어떤 영향을 미치는가를 실험하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

통영 어시장에서 구입한 선도 좋은 오징어 (*Todarodes pacificus*, 평균 체장 30~36cm, 평균 체중 36.3~40.4g)를 빙장 상태로 운반하여 실험재료로 사용하였다. 생시료는 운반 즉시 내장을 제거한 후 균질화하여 폴리에틸렌 비닐로 이중 포장하여 -40°C 냉동고에 저장하여 두고 일정량씩 취하여 실험에 사용하였다.

Table 1. The operating conditions of HPLC for cholesterol and cholesterol oxidation products(COPs) analysis

Items	Condition			
	Cholesterol	7-Keto <sup>1)</sup>	25-OH <sup>2)</sup>	7 $\alpha$ , 7 $\beta$ -OH <sup>3)</sup>
Instrument	Shimadzu LC-10AD			
Column	$\mu$ -Porasil (10 $\mu$ m pore size, 3.9 $\times$ 300nm)			
Chromatopac	Shimadzu C-R7A			
Chart speed	5cm/min			
Mobile phase <sup>4)</sup>	98:2	95:5	98:2	95:5
UV detector	206nm	233nm	206nm	206nm
Flow rate	1ml/min	1ml/min	1ml/min	Time program <sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> 7-ketocholesterol.

<sup>2)</sup> 25-hydroxycholesterol.

<sup>3)</sup> 7 $\alpha$ - and 7 $\beta$ -hydroxycholesterol.

<sup>4)</sup> n-hexane : 2-propanol(v:v).

<sup>5)</sup> 1ml/min(for 9min)→1.4ml/min(for 25min)→1ml/min(for 35min).

## 2. 건조 방법

천일건조 시료는 상기 오징어의 내장을 제거한 후 철제그물 위에 넣어 15~18°C에서 3일간 통풍이 잘 되는 곳에서 일광하에 노출시켜 건조시켰으며, 열풍건조 시료는 나일론 그물을 칸 tray위에 얹어 cabinet형 열풍건조기를 사용하여 50°C에서 7시간 건조시켰고, 동건품은 시료육을 야간에는 -20°C의 냉동고에 저장하고, 주간에는 통풍이 잘 되는 곳에서 일광에 노출시켜 15일간 건조하였다.

## 3. 조리 방법

조리방법은 상기 건제품의 무게와 크기를 고려하여 전자레인지에서 30초, 가스레인지로 구울 경우 10초, 그리고 증숙시 증기발생 후 1~2분간 조리한 후 균질화 시켜 분석용 시료로 하였다.

## 4. 수분, 콜레스테롤 및 콜레스테롤 산화물의 정량

수분은 상압가열 건조법으로 정량하였고, 콜레스테롤 및 콜레스테롤 산화물은 Folch 등<sup>20)</sup>의 방법에 따라 혼합 마쇄한 시료 5g을 정평하여 chloroform : methanol(2 : 1, V/V)혼합액을 이용하여 총지질을 추출하여 무수 황산 나트륨을 가하여 탈수 시킨 후 감압하에서 용매를 제거하였다. 최종적으로 얻어진 지질은 이동상 용매에 용해시킨 후 membrane filter를 통과시켜 1ml로 만들어 Table 1과 같은 조건하에서 HPLC로 분석하였다. 그리고 각 시료의 콜레스테롤 및 콜레스테롤 산화물의 함량은 표준검량곡선으로부터 정량하였다.

## 5. Malonaldehyde의 정량

Malonaldehyde는 Basil<sup>21)</sup>이 사용한 증류법에 준하여 추출한 후 538nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 건조 중 수분 및 콜레스테롤함량의 변화

Table 2에서 보는 것처럼 생시료의 수분은 80%, 콜레스테롤은 636.4mg/100g로 시료의 평균 콜레스테롤 함량이 100g에 대해 300mg인 보고<sup>22)</sup>에 비해 다소 높은 경향을 나타냈으나, 이는 어획된 장소나 시기에 따른 결과라 생각된다. 건제품에서 수분 함량은 10.4~14.2%의 범위였으며(Table 3), 건조방법에 따른 콜레스테롤의 함량 변화를 보면 천일건조 468.9mg/100g, 열풍건조 486.8mg/100g로서 조리방법에 따라서 2.5~31.1%까지 감소하였다.

오징어는 비가 많은 7~8월에 주로 어획 되고, 산화되기 쉬운 다불포화지방산 및 인지질을 대단히 많이 함유하고 있기 때문에, 건조 조건이 제품의 품질에 절대적 영향을 미치게 된다. 특히 콜레스테롤은 높은 온도에서 가열하거나 일광하에서 건조시킬 경우 원료 중에 존재하는 다불포화 지방산이 산화되어 peroxy-radical이나 단중일 산소가 생성된다. 이렇게 생성된 촉매제의 연쇄반응으로 단백질 및 지질의 감소와 더불어 콜레스테롤도 산화되는 것으로 추정된다. 이것은 Kyoich 등<sup>23)</sup>이 지질산화와 콜레스테롤과의 상호작용을 알아보기 위해 정제한 콜레스테롤과 지질을 혼합한 콜레스테롤을 100°C에서 가열한 결과 콜레스테롤 단독으로는 가열 할 경우에는 산화물이 생성되지 않았으나, 지질과 함께 특히, 불포화 지질과 가열한 결과 COPs의 생성이 급증하는 것으로 보아 지질의 산화가 콜레스테롤산화에 선행하여 영향을 미친다고 하였다. 姜 등<sup>24)</sup>은 살오징어, 뱀장어, 고등어, 바지락 및 미역 등 5종류의 수산물의 가공 중 지질함량의 감소에 비례하여 콜레스테롤 함량 역시 감소한다고 보고하였다.

조리방법이 콜레스테롤의 함량변화에 어떤 영향을 미치는가를 실험한 결과 조리방법에 관계없이 모든 시료에서 건조전에 비해 26.7~49.4%까지 감소하였다. 조리방법에 따라 대조구에서 각각 468.8mg/100g 486.8mg/100g였던 것이 가스레인지로 조리한 시료에서는 461.8mg/100g, 전자레인지로 조리한 시료에서는 381.9mg/100g 감소하였으나, 증숙한 시료에서는 330.4mg/100g으로 다른 시료에 비해 훨씬 더 많이 감소하였다. 이처럼 증숙한 시료에서의 콜레스테롤 함

Table 2. The contents of moisture, cholesterol and COPs in raw squid

Moisture (%)	Cholesterol (mg/100g)						( $\mu\text{g/g}$ )
		7-Keto	7 $\alpha$ -OH	7 $\beta$ -OH	25-OH	MA <sup>3)</sup> ( $\mu\text{g}/100\text{g}$ )	
80% <sup>1)</sup>	636.4	14.7	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	12.7	

<sup>1)</sup> The average of three independent experiments.

<sup>2)</sup> ND : Not detected.

<sup>3)</sup> MA : Malonaldehyde.

Table 3. The changes in moisture and cholesterol content of squid by its drying and cooking methods

Components	Drying methods	Control	Cooking methods		
			GR <sup>1)</sup>	ST <sup>2)</sup>	ER <sup>3)</sup>
Moisture (%)	Sun drying	12.6	12.1	14.2	10.8
	Hot air drying	10.7	12.6	13.2	10.4
Cholesterol (mg/100g)	Sun drying	468.9	457.0	321.9	374.0
	Hot air drying	486.8	466.7	338.9	389.9

<sup>1)</sup> Broiling, <sup>2)</sup> Steaming, <sup>3)</sup> Microwave oven.

량이 크게 감소하는 것은 증기로부터 콜레스테롤이 상당량 유출된 것으로 추정된다.

Krishnamoorthy 등<sup>25)</sup>은 송어, 상어 및 blue grill 등을 가열처리 할 때 콜레스테롤 함량은 거의 변화가 없거나 감소하였으며, 동결 및 해동처리에 의하여 오히려 증가한다고 하였으며, Mai 등<sup>26)</sup>은 어육을 튀길 때 튀김 기름에 콜레스테롤이 용출되어 그 함량이 다소 감소한다고 보고하였으며, Mickleberry 등<sup>27)</sup>도 육류를 가열하면 드립의 용출로 인하여 콜레스테롤 함량이 감소하는데, 콜레스테롤 함량변화는 단백질의 변성으로 인하여 콜레스테롤 복합체에도 영향을 미치기 때문이라고 추정하였다.

## 2. 콜레스테롤 산화물의 생성

오징어 건조중 콜레스테롤 산화물의 변화는 Table 4에서 보는 바와 같다. 조리방법에 따른 7-ketocholesterol의 함량 변화를 보면, 열풍건조후 증숙한 시료가 23.5  $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 낮았고, 천일건조후 전자레인지로 조리한 것이 30.4  $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높은 함량을 보였다. 이처럼 증숙한 시료에서 7-ketocholesterol 생성

이 낮은 이유는 다른 조리과정에서 일어나는 급속한 탈수과정과는 달리 수증기로 인한 수분의 재첨가 과정을 거칠 뿐 아니라, 증기로 인해 산화촉매제 역할을 하는 금속류의 활성이 억제되거나, 식품성분에 보호막을 형성하여 산소와의 접촉을 차단하기 때문에 콜레스테롤의 산화가 다소간 억제된 것으로 추정된다.

Kyoich 등<sup>23)</sup>은 식물내 7-ketocholesterol이 0.5% 정도 함유되면 성장장애 및 간무게 감소등 독소적 효과를 보인다고 보고하였으며, De Vorea<sup>28)</sup>는 조리하지 않은 우육과 조리우육을 4°C에서 4일간 저장한 후 7-ketocholesterol를 정량한 결과 저장일수에 비례하여 7-ketocholesterol함량이 증가하였는데, 특히 조리한 우육에서 더 많은 양이 검출되었다고 하였으며, 또 Zubillaga 등<sup>29)</sup>은 상온에서 빛을 조사할 경우 저장 3주 후에 7-ketocholesterol이 총 콜레스테롤의 약 50%를 차지한다고 보고하였다. 본 실험결과와 상기 보고들을 종합해 볼 때, 일광, 공기와의 접촉 및 저장기간에 따라 7-ketocholesterol은 쉽게 산화 분해되는 것을 알 수 있었다.

건조방법에 따라 7 $\alpha$ -hydroxycholesterol의 함량변

Table 4. The changes in COPs contents of squid by its drying and cooking methods( $\mu\text{g/g}$ , dry base)

COPs	Drying methods	Control	Cooking methods		
			BR <sup>1)</sup>	ST <sup>2)</sup>	MO <sup>3)</sup>
7-Ketocholesterol	Sun drying	20.0	26.9	24.9	30.4
	Hot air drying	15.9	24.2	23.5	27.1
7 $\alpha$ -Hydroxycholesterol	Sun drying	62.9	121.5	71.3	127.3
	Hot air drying	47.3	76.9	55.0	66.17
7 $\beta$ -Hydroxycholesterol	Sun drying	24.2	35.0	26.5	37.2
	Hot air drying	26.1	66.1	48.1	73.6
25-Hydroxycholesterol	Sun drying	0.6	5.9	2.5	6.2
	Hot air drying	2.5	15.8	4.8	17.0

<sup>1)</sup> Broiling, <sup>2)</sup> Steaming, <sup>3)</sup> Microwave oven.

화는 생시료에서는 검출되지 않았으나 천일건조에서  $62.9 \mu\text{g/g}$ 으로 열풍건제품보다  $15.6 \mu\text{g/g}$ 이나 더 많이 생성되었다. 조리방법이  $7\alpha$ -hydroxycholesterol 함량 변화에 어떤 영향을 미치는가를 실험한 결과 일반적으로 조리방법에 관계없이 모든 시료에서 증가하는 경향을 보였다. 천일건조후 전자레인지로 배소한 시료가  $127.3 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 많은  $7\alpha$ -hydroxycholesterol을 생성하였는데, 이 같은 현상은 전자레인지의 마이크로파로 인한 급속한 탈수와 더불어 자유 라디칼이 생성되어 성분간의 상호반응을 촉진시켜 상당량의 콜레스테롤이 산화된 것으로 추정된다.

$7\beta$ -hydroxycholesterol의 함량변화는 천일 건제품이  $24.2 \mu\text{g/g}$ , 열풍건제품이  $26.1 \mu\text{g/g}$ 으로 큰 차이를 보이지 않았다. 조리방법에 따른  $7\beta$ -hydroxycholesterol의 함량변화는 열풍건조 후 조리한 시료가 다른 시료에 비해 많이 증가하였으며, 열풍건조후 전자레인지로 배소한 시료가 천일건조시료에 비해 약 1.8배나 많이 생성되었다. 생시료에서 25-hydroxycholesterol이 전혀 검출되지 않은 반면(Table 2), 건제품에서는  $0.6\sim 2.5 \mu\text{g/g}$ 범위로 정량되었는데, 특히 열풍건조 시료의 경우 천일건조한 시료에 비해 약 4.2배나 증가하였다. 조리과정 중 25-hydroxycholesterol은 대체로 증가하는 경향을 보였으며 조리방법에 따라 상당한 함량차이를 보였다. 즉 천일 건제품의 경우, 대조구에 비해 가스레인지는 9.8배, 전자레인지는 10.3배, 증숙한 시료는 4.1배나 증가하였으며, 열풍건조후 전자레인지로 배소한 시료에서는 무려  $17.0 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 높은 함량을 보였다.

### 3. Malonaldehyde의 변화

불포화 지방산의 과산화물로부터 생성되는 2차 생성물인 malonaldehyde(MA)는 생시료  $12.7 \mu\text{g}/100\text{g}$ 에 비해 약 2.1배 증가 하였으나(Table 2), 건조방법에 따른 대차는 보이지 않았다. 조리방법이 MA의 생성에 미치는 영향을 보면 천일건조 후 전자레인지로 배소한 시료에서  $55.2 \mu\text{g}/100\text{g}$ 으로 가장 높았으며, 다음으로 가스레인지 및 증숙한 시료의 순이었다(Fig. 1).

Sui 등<sup>30)</sup>의 보고에 따르면 일반적으로 시판 육류와 가공품 그리고 어류에서 MA의 함량이 높았으며, 조리시간이 30분 미만인 시료에서는 MA가 증가되지 않았으나, 그 이상이 소요될 경우 MA가 상당량 증가한다고 보고하였다. 본 실험에서 MA함량이 비교적 낮은 육단백질이나 시료 중에 존재하는 여러 가지 성분과 MA가 결합되거나 단기간 조리로 인해 MA형성 유도기간이 짧았기 때문이라 사료된다.

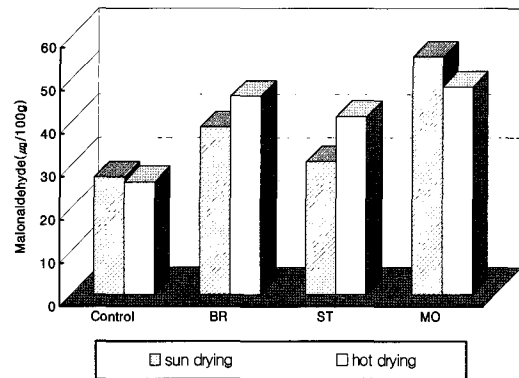


Fig. 1. The changes in Malonaldehyde contents of squid by its drying and cooking methods. BR: Broiling, ST: Steaming, MO: Microwave oven.

## 요 약

오징어의 건조방법이나 조리방법에 따라 콜레스테롤, malonaldehyde 및 콜레스테롤 산화물을 HPLC로 분석한 결과 콜레스테롤은 생시료  $634\text{mg}/100\text{g}$ 에 비해 건조 시료에서는 약 23.5%나 감소하였으며, 가열 중 콜레스테롤 함량은 조리방법에 관계없이 모두 감소하는 경향을 보였는데, 특히 천일건조후 증숙한 시료는 생시료에 비해 49.4%까지 감소한 반면에 malonaldehyde는 생시료  $12.7 \mu\text{g}/100\text{g}$ 에 비해 건제품에서는 약 2.1배 증가하였고, 조리중에도 계속 증가하는 경향을 보였다. 콜레스테롤 산화물은 건조중 증가하는 경향을 보였는데, 7-ketocholesterol과  $7\alpha$ -hydroxycholesterol의 경우는 천일 건조에서 높은 함량을 나타낸 반면에,  $7\beta$  및 25-hydroxycholesterol은 열풍건조에서 높은 함량을 나타내었다. 조리중 콜레스테롤 산화물은 모든 시료에서 증가하는 경향을 보여 천일건조 후 증숙한 시료의 25-hydroxycholesterol은  $2.5 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 낮은 함량을 나타낸 반면, 천일건조후 전자레인지로 조리한 시료의  $7\alpha$ -hydroxycholesterol은  $127.3 \mu\text{g/g}$ 으로 가장 높은 함량을 보였다.

## 참고문헌

1. 김동훈 : 식품화학, 탐구당, p.485~489 (1994).
2. Huang, and Hsien, Heng : Evaluation of cholesterol oxides, lipid oxidation and effects of antioxidants on supercritical carbon dioxide processes dried egg yolk, The University of Nebraska-Lincoln, p.8~9 (1998).
3. Luby, J. M., Gray, J. I. and Harte, B. R. : Effects of packaging and light source on oxidative stability of

- cholesterol in butter, *J. Food Sci.*, 51, 908~911(1986).
4. Maerker, G. and Jones, K.C. : Usual products rations resulting from the gamma-irradiation of cholesterol in liposomes, *Lipids*, 26, 139~144 (1991).
  5. Lakritz, L. and Marker, G. : Effect of ionizing radiation on cholesterol in aqueous dispersion, *J. Food Sci.*, 54, 1569~1572 (1989).
  6. Smith, L. L., Smart, V. B. and Ansarig, A. S. : Mutagenic cholesterol preparation, *Mutat. Res.*, 68, 23~30 (1979).
  7. Seillan, C. and Dubquoy, C. : Effects of oxysterols on arachidonic acid metabolism and prostacyclin synthesis in bovine aortic smooth muscle cells in culture, *Prostaglandins Leukotrienes Essent. Fatty Acid*, 39, 11~18 (1990).
  8. Kandutsch, A. A. and Chen, H. W. : Inhibition of cholesterol synthesis by oxygenated sterol, *Lipids*, 13, 704~707 (1978).
  9. Peng, S. K., Than, P., Taylor, C. B. and Mikkelson B. B. S. : Cytotoxicity of oxidation derivatives of cholesterol on cultured aortic smooth muscle cells and their effect on cholesterol biosynthesis, *Am. J. Clin. Nutr.*, 32, 1033~1042 (1979).
  10. Baranowski, A., Adams, C. W., Bayliss High O. B. and Bowyer D. B. : Connective tissue responses on oxysterols, *Atherosclerosis*, 41, 255~266 (1982).
  11. Sevanian, A. and Peterson, A. R. : The cytotoxic and mutagenic properties of cholesterol oxidation products, *Food Chem. Toxicol.*, 24, 1103~1110 (1986).
  12. Guyton, J. R., Black, B. L. and Seidel, C. L. : Focal toxicity of oxysterol in vascular smooth muscle cell culture, *Am. J. Pathol.*, 137, 425~434 (1990).
  13. Finocchiaro, E. T. and Richardsio, T. : Sterol oxides in foodstuffs : A review, *J. Food Protects*, 46, 917~925 (1983).
  14. Peng, S. K., Taylor, C. B., Hill, J. C. and Morin, R. J. : Cholesterol oxidation derivatives and arterial endothelial damage, *Atherosclerosis*, 54, 121~133 (1985).
  15. Tsai, L. S. and Hudson, C. A. : Cholesterol oxides in commercial dry egg products quantitation, *J. Food Sci.*, 50, 229~231, 237 (1984).
  16. Park, S. W. and Addis, P. B. : Further investigation of oxidized cholesterol derivatives in heated fats, *J. Food Sci.*, 51, 1380~1381 (1986).
  17. Tai, C. Y., Chen, Y. C. and Chen, B. H. : Analysis, formation and inhibition of cholesterol oxidation products in foods: An overview (Part I), *Journal of Food and Drug Analysis*, 7(4), 243~257 (1999).
  18. Tai, C. Y., Chen, Y. C. and Chen, B. H. : Analysis, formation and inhibition of cholesterol oxidation products in foods: An overview (Part II), *Journal of Food and Drug Analysis*, 8(1), 1~15 (2000).
  19. Oshima, T., Li, N. and Koizumi, C. : Oxidative decomposition of cholesterol in fish products, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 70, 595~600 (1993).
  20. Folch, J., Lees, M. and Stanley, G. H. S. : A sample method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues, *J. Biol. Chem.*, 726, 497~509 (1957).
  21. Basil, G. T., Betty, M., Watts, and Margaret, T. T. A. : Distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid food, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 37, 44~48 (1960).
  22. 오창근 : 식품성분표, 농촌진흥청 농촌생활연구소, p.570 (1996).
  23. Kyoichi, O., Takehiro, K., Satoshi, N., Koji, T. and Michihiro, S. : Oxidized Cholesterol Modulates Age-Related Change in Lipid Metabolism in Rats, *Lipids*, 30(5), 405~413 (1995).
  24. 姜珍燾, 千石禔, 李炯日, 李隴雨, 朴榮浩 : 수산물의 콜레스테롤 함량과 가공중의 변화, *수산학회지*, 17(4), 327~332 (1984).
  25. Krishnamoorthy, R. V., Venkataramiah, G. J., Lakshmi and Biesiot : Effect of cooking frozen storage on the cholesterol of selected shellfish, *J. Food Sci.*, 44(1), 314 (1979).
  26. Mai, J. J., Weihrauch, and Kinsella, J. E. : Lipids of fish fillet changes following cooking by different methods, *J. Food Sci.*, 43, 1669~1674 (1978).
  27. Micklebery, W. C., Rogler, and Stadelman, W. J. : Effect of dietary fats on broiler tissues, *J. Anim. Diet Assoc.*, 45, 234 (1964).
  28. De Vore, V. R. : TBA Values and 7-ketocholesterol in Refrigerated Raw and Cooked ground Beef, *J. Food Sci.*, 53(4), 1058~1061 (1988).
  29. Zubillaga, M. P. and Maerker, G. : Quantification of three cholesterol oxidation products in raw meat in raw meat and chicken., *J. Food Sci.*, 56, 1194~1196 (1991).
  30. Sui, G. M. and Draper, H. H. : A Survey of the Malonaldehyde Content of Retail Meats and Fish, *J. Food Sci.*, 43, 1147~1149 (1978).

---

(2001년 11월 4일 접수)