

상이한 조건에서 저장한 버터로부터 생성된 콜레스테롤 산화물의 양적변화

장영상* · 양주홍 · 신효선

동국대학교 식품공학과, *농심기술개발연구소

Quantitative Changes of Cholesterol Oxides Formed in Butter under Varied Storage Conditions

Young-Sang Chang*, Joo Hong Yang and Hyo-Sun Shin

Department of Food Science and Technology, Dongguk University, Seoul

*Technology Development Institute, Nong Shim Co. Ltd., Kunpo

Abstract

The effect of storage conditions on the oxidative stability of cholesterol in butter was studied by quantifying cholesterol oxides by GC-MS. Experimental variables for storage conditions were packaging, storage temperature, light source, and storage period. No cholesterol oxides were detected from packaged butter under all storage conditions. When unpackaged butter was stored under ultraviolet light at ambient temperature, 7 α -hydroxycholesterol, 7 β -hydroxycholesterol, cholesterol β -epoxide, cholesterol α -epoxide, cholestane-triol were detected after 2, 4, 6 and 8 weeks of storage. The amounts of cholesterol oxide species produced were different depending on the storage periods. The amounts of each cholesterol oxides, 7 α -hydroxycholesterol, 7 β -hydroxycholesterol, cholesterol β -epoxide, cholesterol α -epoxide, and cholestane-triol, produced after 2 weeks of storage were 34.2, 14.0, 12.1, 1.30, and 0.50 ppm, respectively, and after 8 weeks of storage were 68.1, 29.1, 56.3, 8.50, and 4.00 ppm, respectively with trace amounts of 3,5-cholestadien-7-one. When fluorescent light was used instead of ultraviolet light with other conditions remained the same, the same species of cholesterol oxides were detected but with lesser amounts.

Key words : cholesterol, cholesterol oxides, butter

서 론

콜레스테롤을 함유하고 있는 여러 가지 동물성 식품에서 각종 콜레스테롤 산화 생성물(cholesterol oxidation product; COP)을 분리 동정함과 동시에, 최근에는 일부 식품에 대하여 이들의 정량도 보고되고 있다⁽¹⁾. 그러나 식품 중에서 콜레스테롤의 산화에 의하여 생성되는 COP는 그 농도가 매우 낮고 이성질체의 수가 많으며 또한, 식품 성분의 복잡성 때문에 모든 COP를 완전하게 정성 및 정량하기는 곤란한 점이 많다. COP의 분석은 초기에는 주로 얇은 막 크로마토그래피(TLC)에 의하여 분리 동정하였고, 그 후 OV-1, SE-30 혹은 SE-50의 충전제를 사용한 기체크로마토그래피(GLC)^(2,3)에 의한 분리가 시도되었다. 그러나 이러한 방법들은 COP 중 어떤 것은 열에 불안정하고 구조의 유사성 때문에 만족하게

분리할 수 없었다. 그러나 최근 고속 액체크로마토그래피(HPLC)에 의한 분석⁽⁴⁻⁶⁾과 COP를 trimethyl silyl(TMS)의 에테르 유도체로 만들어 capillary column을 이용한 GLC로 분리하고 mass spectrometry(MS)로 확인하는 GC-MS에 의한 분석방법⁽⁷⁻¹⁰⁾이 개발되어 COP의 정성 및 정량을 비교적 만족하게 분석할 수 있게 되었다.

저자들은 전보⁽¹¹⁾에서 콜레스테롤의 산화안정성에 대한 광원, 저장온도, 포장유무 등 저장조건의 영향을 연구하기 위하여 버터를 일정기간 동안 저장하면서 생성되는 각종 COP를 TLC에 의하여 분리 확인한 결과를 보고하였다. 본 연구는 전보에 이은 계속적인 연구로서 생성된 COP를 GC-MS에 의한 분리 정량하여 몇 가지 결론을 얻었기에 이에 보고하고자 한다.

재료 및 방법

Corresponding author : Hyo-Sun Shin, Department of Food Science and Technology, Dongguk University, Pildong 3 ga, Jung-gu, Seoul 100-715, Korea

시료 및 콜레스테롤 산화물의 표준품 전보⁽¹¹⁾와 같은 것을 사용하였다.

시료의 처리 및 저장방법

전보⁽¹¹⁾와 같은 방법에 의하여 처리 및 저장을 하였다.

콜레스테롤 산화물의 확인 및 정량

콜레스테롤과 그 산화물의 추출은 전보⁽¹¹⁾와 같은 방법에 의하였으며, 콜레스테롤 산화물의 확인 및 정량은 Park 등의 방법^(8,12)에 따라 GC-MS로 분석하였다. 이 때 기기는 VG 12-250 mass spectrometer가 부착된 GC (5790A, Hewlett-Packard, U.S.A.)를 사용하였고, 분석 조건은 SE-30 capillary column(25 m×0.25 mm I.D., 0.3 μm film thickness, Hewlett-Packard, U.S.A.)을 사용하여 관의 온도는 200°C에서 2분간 유지한 후 분당 10°C씩 280°C까지 승온시킨 후 15분간 유지하였다. 시료주입구의 온도는 270°C로 하였으며, split ratio는 콜레스테롤 산화물의 분석 때는 10 : 1, 콜레스테롤의 분석일 경우는 100 : 1로 조정하였고 ion source(EI⁺)는 180°C로 하였다. 또한, 운반기체는 헬륨을 사용하였고 그 속도는 2.5 ml/min(15 psig)로 하였으며, ionizing energy는 70 eV, accelerating voltage는 2.8 kV, mass range는 50~800 m/e로 검색하였다. 비 비누화물의 trimethyl silylation은 sylon BTZ 용액(BSA 3 ml, TMCS 2 ml, TSIM 3 ml의 혼합물)에 pyridine 15 ml를 가하여 만든 혼합액을 200 μl 가한 다음, 여기에 pyridine에 녹인 4% 5α-cholestane을 내부 표준물질로서 10 μl를 가하여 5~10분간 경과한 후, 이 중 1 μl를 GC-MS에 주입하였다. 각 시료 중의 콜레스테롤 산화물의 동정은 표준 콜레스테롤 산화물의 머무름 시간과 비교하여 확인하였고, 정량은 기기에 연결된 integrator(3390A, Hewlett-Packard, U.S.A.)에 의하였다.

결과 및 고찰

GLC에 의한 COP의 분리

콜레스테롤과 콜레스테롤 산화물의 표준품을 TMS 유도체로 만든 다음 capillary column의 GC에 의하여 분리한 크로마토그램은 Fig. 1과 같다.

본 실험의 조건에서는 7α-hydroxycholesterol과 cholesterol β-epoxide가 겹쳐서 하나의 peak로 나타났으나, 그 외의 다른 콜레스테롤 산화물의 표준품은 비교적 잘 분리되었다.

본 실험에 사용한 시료 중 포장하지 않은 버터를 상온에서 자외선등으로 조사하였을 때 콜레스테롤과 그 산화물을 capillary column의 GC로 분석한 크로마토그램은 Fig. 2와 같다.

즉, Fig. 2에서 보는 바와 같이 자외선등으로 조사하였을 때에는 2, 4, 6, 8주에서 모두 4개의 콜레스테롤 산화물의 peak가 나타났으며, 저장시간이 지남에 따라

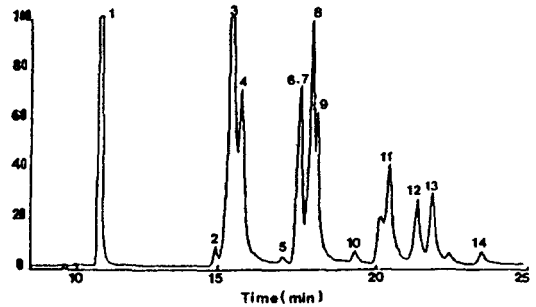


Fig. 1. Gas chromatogram of TMS derivatives of synthetic cholesterol oxides

1. 5α-cholestane(internal standard)
2. 5-cholesten-3β-ol-7-one
3. cholesterol
4. 3, 5-cholestadien-7-one
5. 7β-hydroxycholesterol
6. 7α-hydroxycholesterol
7. cholesterol β-epoxide
8. cholesterol α-epoxide
9. 4β-hydroxycholesterol
10. 20α-hydroxycholesterol
11. cholestane-triol
12. 5α-cholestan-3-one
13. 25-hydroxycholesterol
14. cholestane-3-β, 5α-diol-6-one

이들 peak의 크기도 상당히 커졌다. 이들 GLC 상에 나타난 각 시료 peak의 머무름 시간과 표준품 COP의 그것과 비교한 결과 7β-hydroxycholesterol, 7α-hydroxycholesterol, cholesterol β-epoxide, cholesterol α-epoxide, cholestane-3β, 5α, 6β-triol 임을 각각 확인하였다. 또한 4, 6주에서는 peak로 나타나지 않았던 3, 5-cholestadiene-7-one이 8주에서 나타났다. 이러한 GLC 상의 결과는 전보에서⁽¹¹⁾ 보고한 TLC 상의 패턴과 거의 같으나, TLC 상에서는 cholesterol epoxide가 하나의 반점으로 나타났으나 GLC 상에서는 그의 epimer가 분리된 점과 3,5-cholestadiene-7-one이 확인된 점이 각각 다른 점이었다. 이상과 같은 본 실험의 결과는 가열한 우지에서 COP의 유도체를 capillary column의 GC로 분리한 Park 등의 보고⁽¹³⁾, 콜레스테롤을 그의 녹는 점 이상으로 가열한 후 그의 산화물을 GLC로 분리한 Fioriti 등⁽³⁾의 보고와 capillary GC로 분리한 Korahani 등의 보고⁽⁷⁾와 분리 확인된 COP의 종류는 서로 일치하였다.

Mass spectrum

GLC에서 분리된 콜레스테롤 산화물의 mass spectrum을 표준 콜레스테롤 산화물의 mass spectrum과 비교한 결과는 Fig. 3과 같다. Fig. 3A의 mass spectrum은 base peak가 m/e 456이었고, 분자이온(M⁺)은 546이며, 기타 주요한 ion peak로서 m/e 441, 366, 253 등을 각각

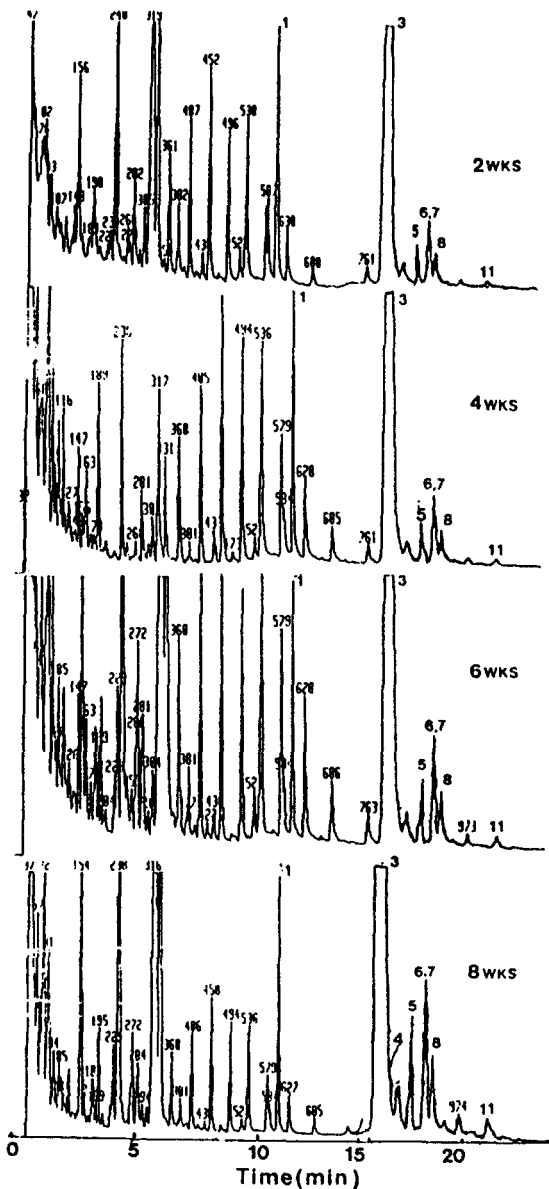


Fig. 2. Gas chromatograms of TMS derivatives of cholesterol oxides isolated from ultraviolet illuminated unpackaged butter during storage at ambient temperature

1, 5 α -cholestane ; 3, cholesterol ; 4, 3,5-cholestadien-7-one ; 5, 7 β -hydroxycholesterol ; 6, 7 α -hydroxycholesterol ; 7, cholesterol β -epoxide ; 8, cholesterol α -epoxide ; 11, cholestane-triol

동반하였는데, 이것은 7 β -hydroxycholesterol 표준품의 mass spectrum(A)과도 잘 일치되었다. 따라서 Fig. 3A의 mass spectrum은 7 β -hydroxycholesterol로 확인할 수 있었다.

한편, Fig. 3B의 mass spectrum은 base peak가 m/e 73이었고, 주요한 ion peak로서 m/e 546, 474, 456, 384, 356 등이 각각 나타났는데, 이 때 m/e 546과 474는 7 α -hydroxycholesterol과 cholesterol β -epoxide(B) 표준품의 분자이온(M⁺)과 일치하였으며, 기타 ion peak도 위의 표준품과 같게 나타났다. 따라서 Fig. 3B의 mass spectrum의 패턴은 7 α -hydroxycholesterol과 cholesterol β -epoxide가 겹친 혼합물로 확인할 수 있었다.

GLC 상에서 cholesterol α -epoxide로 예비 동정된 peak의 mass spectrum을 보면 Fig. 3C와 같다. 즉, base peak로서 m/e 75이고 분자이온(M⁺)이 m/e 474이었으며, 기타 주요한 ion peak로서 m/e 456, 384, 366, 271, 253 등이 각각 동반하였는데, cholesterol α -epoxide 표준품의 mass spectrum(C)과 잘 일치하여 Fig. 3C의 mass spectrum은 cholesterol α -epoxide인 것으로 확인되었다.

Fig. 3D의 mass spectrum은 base peak가 m/e 73이고, 분자이온(M⁺)이 546에서 나타났으며, 기타 주요한 ion peak로서 m/e 517, 456, 441, 403, 367, 321, 281 등을 각각 동반하였다. 이것은 cholestane-triol 표준품(D)과 비교하여 잘 일치함으로써, Fig. 3D의 mass spectrum은 cholestane-triol로 확인할 수 있었다. 그런데 cholestane-triol의 TMS 유도체의 경우에는 분자이온(M⁻)으로 생각되는 m/e 636의 peak가 동반되지 않았는데, 이것은 m/e 636의 relative intensity가 매우 약하기 때문인 것으로 생각된다.

한편 Fig. 3E의 mass spectrum은 base peak가 m/e 174이고, 분자이온(M⁺)은 m/e 382이었으며, 기타 주요한 ion peak로서 m/e 368, 269 등을 각각 동반하였다. 이것은 표준품의 3,5-cholestadien-7-one(E)과 비교하여 일치함으로써, Fig. 3E의 mass spectrum은 3,5-cholestadien-7-one으로 확인되었다.

양적변화

본 실험에 사용한 버터를 포장한 것과 포장하지 않은 것을 상온의 암소에서 저장한 것과, 같은 조건에서 형광등 및 자외선등으로 8주간 조사하면서 저장한 것으로부터 추출한 비 비누화물 중의 콜레스테롤과 그 산화물을 GC-MS에 의하여 확인한 다음 이를 정량한 결과는 Table 1과 같다.

즉, 포장하여 암소에 저장한 것과 역시 포장하여 형광등 및 자외선등으로 조사하면서 저장한 버터에서는 COP가 한 가지도 검출되지 않았다. 그러나 콜레스테롤의 함량은 이들 시료들에서 저장시간이 지남에 따라 다소 감소하는 경향이었는데 암소에서 저장한 버터보다는 경향이 다소 심하였으며, 형광등과 자외선등 간에는 별 차이가 없었다. 그러나 포장하지 않고 저장한 버터에서는

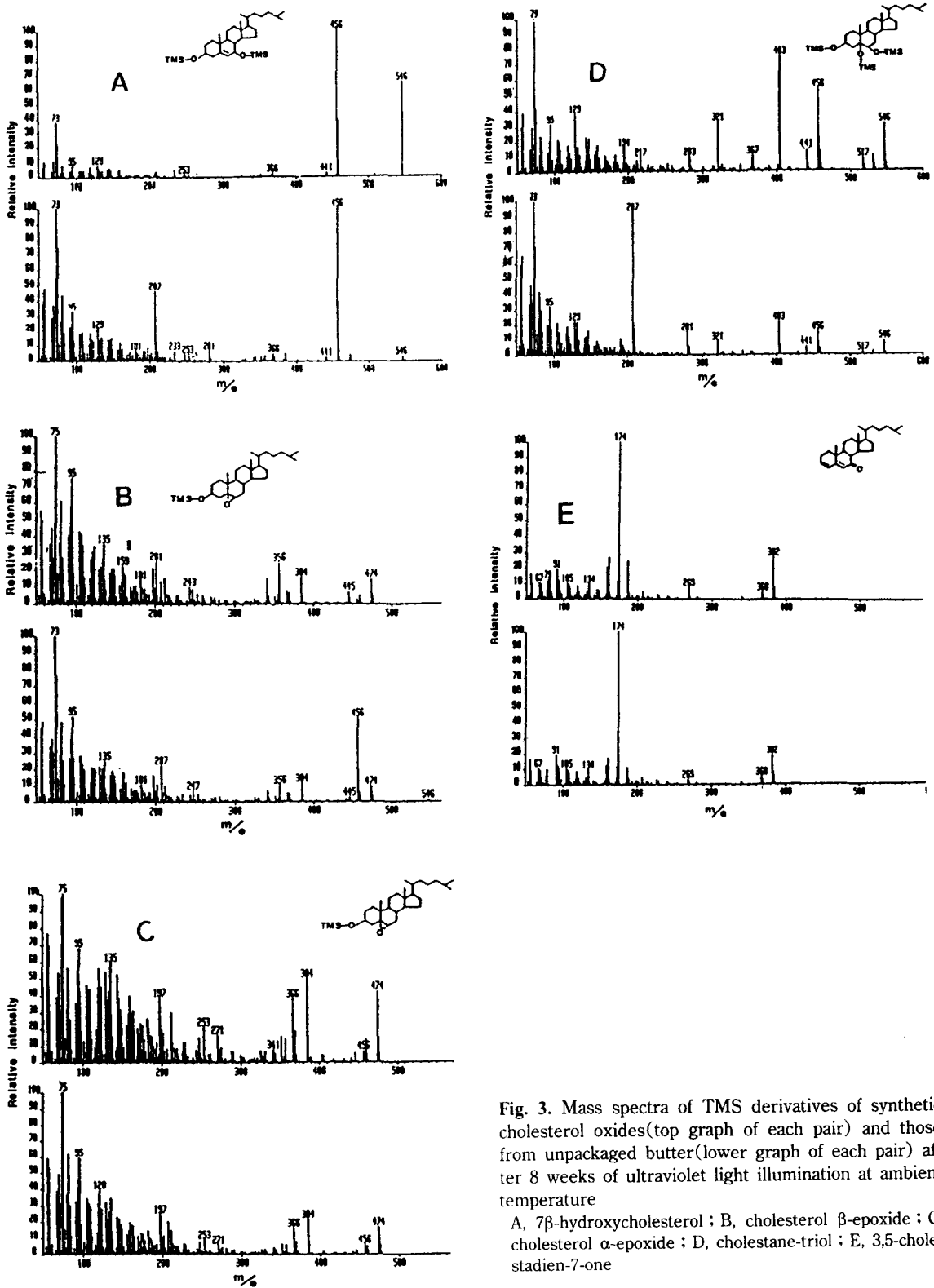


Fig. 3. Mass spectra of TMS derivatives of synthetic cholesterol oxides(top graph of each pair) and those from unpackaged butter(lower graph of each pair) after 8 weeks of ultraviolet light illumination at ambient temperature
 A, 7 β -hydroxycholesterol ; B, cholesterol β -epoxide ; C, cholesterol α -epoxide ; D, cholestane-triol ; E, 3,5-cholestadien-7-one

Table 1. Quantitative changes of cholesterol and its oxides in butter during storage at ambient temperature

Packaging	Light source	Storage time (weeks)	Cholesterol oxides, ppm in lipids ^{a)}							
			Cholesterol	7 β -hydroxy	7 α -hydroxy	β -epoxy	α -epoxy	Cholestane triol	3,5-cholesta-dien-7-one	
Packaged	Dark	0	2330		Not detected					
		2	2320							
		4	2310							
		6	2290		Not detected					
	Fluorescent	8	2280							
		2	2310							
		4	2290		Not detected					
		6	2280							
	Ultraviolet	8	2240							
		2	2300							
		4	2300		Not detected					
		6	2270							
	Unpackaged	Dark	8	2240						
			2	2300		Not detected				
			4	2280						
			6	2270						
Fluorescent		8	2240	TR ^{b)}	0.5	ND ^{c)}	ND	ND	ND	
		2	2260	TR	TR	TR	ND	ND	ND	
		4	2200	0.7	1.8	TR	ND	ND	ND	
		6	2100	2.3	5.4	1.7	TR	ND	ND	
Ultraviolet		8	1910	15.2	34.1	4.5	0.5	TR	ND	
		2	1820	14.0	34.2	12.1	1.3	0.5	ND	
		4	1710	17.3	39.6	18.5	1.6	0.9	ND	
		6	1540	23.7	53.0	37.0	4.3	2.6	ND	
			8	1350	29.1	68.1	56.3	8.5	4.0	TR

a) Means of duplicate analyses

b) Traces(ca. 0.1~0.2 ppm)

c) Not detected, detection limit ca. 0.1 ppm in lipids

저장시간이 지남에 따라 콜레스테롤의 감소가 포장한 것들 보다 더욱 심하였다. 즉, 자외선등으로 조사한 버터에서는 콜레스테롤이 2주만에 1,820 ppm으로, 8주 후에는 1,350 ppm으로 42.0%가 감소하였고, 형광등으로 조사한 버터에서는 2주만에 2,260 ppm으로 8주 후에는 1,910 ppm으로 18.0%가 감소하여 자외선등으로 조사하였을 때가 형광등으로 조사하였을 때 보다 그 감소가 더욱 심하였다.

또한, 포장하지 않고 자외선등으로 조사한 버터에서 COP는 2주만에 7 α -hydroxycholesterol 34.2 ppm, 7 β -hydroxycholesterol 14.0 ppm, cholesterol β -epoxide 12.1 ppm, cholesterol α -epoxide 1.3 ppm, cholestane-triol 0.5 ppm이 나타났으며, 저장시간이 지남에 따라 이들 산화물의 함량도 현격하게 증가하여, 8주 후에는 이들 함량이 각각 68.1, 29.1, 56.3, 8.5 및 4.0 ppm으로 증가하였으며 또한, 4, 6주에서는 검출되지 않았던 3,5-cholesta-dien-7-one도 8주에 흔적량이 나타났다. 그러나 포장하지 않고 형광등으로 조사한 버터에서는 2주에서는 7 α -hydroxycholesterol, 7 β -hydroxycholesterol, cholesterol

β -epoxide가 각각 흔적량만이 나타났으며, cholesterol α -epoxide와 cholestane-triol은 검출되지 않았다. 4주와 6주 후에도 이들 세 가지 산화물은 큰 증가를 보이지 않다가 8주 후에는 7 α -hydroxycholesterol 34.1 ppm, 7 β -hydroxycholesterol 15.2 ppm, cholesterol β -epoxide 4.5 ppm으로 상당히 증가하였으며, cholesterol α -epoxide도 0.5 ppm으로 소량 나타났고, cholestane-triol도 흔적량 나타났다. 그러나 같은 시료를 암소에서 저장하였을 때에는 8주 후에 7 α -hydroxycholesterol 0.5 ppm과 7 β -hydroxycholesterol이 흔적량만이 나타났으며, 그 외에는 산화물은 검출되지 않았다.

한편, 본 실험에 사용한 버터를 포장한 것과 포장하지 않은 것을 저온의 암소에서 저장한 것과 같은 조건에서 형광등 및 자외선등으로 8주간 조사하면서 저장한 것으로부터 추출한 비 비누화물 중의 콜레스테롤과 그 산화물을 GC-MS에 의하여 분리 확인한 다음, 정량한 결과는 Table 2와 같다.

즉, 포장하여 암소에 저장한 것과 포장하여 형광등 및 자외선등으로 조사하면서 저장한 버터에 있어서는 상온

Table 2. Quantitative changes of cholesterol and its oxides in butter during storage at refrigerated temperature

Packaging	Light source	Storage time (weeks)	Cholesterol oxides, ppm in lipids ^{a)}							
			cholesterol	7 β -hydroxy	7 α -hydroxy	β -epoxy	α -epoxy	Cholestane-3,5-cholestatriol	3,5-cholestadien-7-one	
Packaged	Dark	0	2330		Not detected					
		2	2230							
		4	2320		Not detected					
		6	2310							
		8	2310							
		Fluorescent	2	2320						
			4	2310		Not detected				
			6	2300						
	8		2300							
	Ultraviolet	2	2310							
		4	2300		Not detected					
		6	2290							
		8	2270							
	Unpackaged	Dark	2	2300		Not detected				
			4	2270						
			6	2250						
8			2240	ND	0.3	ND	ND	ND	ND	ND
Fluorescent		2	2250	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
		4	2210	TR	TR	TR	ND	ND	ND	ND
		6	2160	2.1	5.1	1.0	TR	ND	ND	ND
		8	2090	3.0	7.2	1.2	TR	TR	TR	ND
Ultraviolet		2	2160	6.1	15.4	10.0	1.1	0.4	ND	ND
		4	2050	9.2	22.0	11.8	1.1	1.0	ND	ND
		6	1870	11.5	26.7	17.1	1.9	2.2	ND	ND
		8	1900	16.0	36.2	19.3	2.1	3.1	ND	ND

에서 자장하였을 때와 마찬가지로 콜레스테롤의 산화물은 검출되지 않았으며, 콜레스테롤의 함량만이 저장시간이 지남에 따라 약간씩 감소하였으나, 그 감소량이 상온때보다 매우 적었다.

그러나 포장을 하지 않은 것을 자외선등으로 조사하여 저장한 8주 후에는 콜레스테롤 함량이 1,900 ppm으로 18.5% 감소하였으며, 형광등으로 조사하였을 때에는 8주 후에 2,090 ppm으로 10.3% 감소하였다. 콜레스테롤 산화물도 자외선등을 조사한 버터에서는 저장 2주 후에는 7 α -hydroxycholesterol, 7 β -hydroxycholesterol, cholesterol β -epoxide, cholesterol α -epoxide 및 cholestane-triol이 검출되었으며, 그 함량도 저장시간이 지남에 따라 계속 증가하여 8주 후에는 각각 36.2, 16.0, 19.3, 2.1, 3.1 ppm에 달하였다. 그러나 형광등으로 조사한 버터에 있어서는 2주에서 콜레스테롤 산화물이 검출되지 않았으며, 4주 후에는 7 α -hydroxycholesterol, 7 β -hydroxycholesterol, cholesterol β -epoxide가 혼적량이 검출되었고, 6주 후에 위의 세 가지 산화물이 각각 5.1, 2.1, 1.0 ppm으로 증가되었고, 그 외에 cholesterol α -epoxide가 혼적량 나타났으며, 8주 후에는 6주째 보다 이들 산화물의 양이

약간 증가하였고 cholestane-triol이 혼적량 검출되었다. 또한, 암소에서 저장한 버터에 있어서는 8주 후 7 α -hydroxycholesterol이 0.3 ppm 나타난 것을 제외하고는 다른 산화물은 검출되지 않았다.

이상의 결과에서와 같이 버터 중의 산화는 자외선등으로 조사하였을 때 가장 빨리 일어났으며, 그 다음이 형광등이었고 암소에서는 거의 산화가 일어나지 않았다. 또한, 상온에서 저장할 때가 저온에서 저장할 때보다 산화가 더욱 빨리 일어난다는 사실도 알 수 있었다. 한편, 각 산화물의 생성량은 7 α -hydroxycholesterol이 가장 많았으며, 그 다음이 cholesterol β -epoxide, 7 β -hydroxycholesterol순으로 나타났다. 또한, 7 α -hydroxycholesterol이 7 β -hydroxycholesterol 보다 많이 생성된다고 보고한 Herian 등⁽¹⁴⁾과 Park 등⁽⁸⁾의 결과와 잘 일치하였다.

그러나 hydroxycholesterol보다 epoxide가 더 많이 생성된다고 보고한 Missler 등⁽¹⁵⁾의 결과와는 약간의 차이가 있었다. 이러한 결과는 22°C에서 14개월 저장한 달걀 노란자위 중의 COP를 정량한 Nourooz-Zaden 등⁽¹⁶⁾의 결과보다는 상당히 많은 COP가 생성된 것으로 나타났다.

요 약

버터 중 콜레스테롤의 산화안정성에 대한 저장조건의 영향을 연구하기 위하여 버터를 포장한 것과 포장하지 않은 것을 저온과 상온에서 암소와 광원(형광등 및 자외선등)으로 조사하면서 각각 일정기간 저장하는 동안 생성되는 콜레스테롤 산화물을 GC-MS에 의하여 분리 정량하였다. 포장한 버터를 상온과 저온의 암소에서 같은 조건에서 형광등과 자외선등으로 조사하면서, 각각 8주간 저장하였을 경우 콜레스테롤 산화물은 생성되지 않았다. 포장하지 않은 버터를 상온에서 자외선등으로 조사하였을 때는 저장 2, 4, 6, 8주에 다같이 7 α -hydroxycholesterol, 7 β -hydroxycholesterol, cholesterol β -epoxide, cholesterol α -epoxide, cholestane-triol이 분리되었다. 이들 콜레스테롤 산화물의 초기생성량은 서로 상이하였고, 저장 2주째 이들 산화물의 양은 각각 34.2, 14.0, 12.1, 1.3, 0.5 ppm이었던 것이 저장 8주 후에는 각각 68.1, 29.1, 56.3, 8.5, 4.0 ppm으로 증가하였고, 3, 5-cholestadien-7-one은 다만 8주 후에는 흔적량이 검출되었다. 같은 조건에서 형광등으로 조사하였을 때는 자외선 조사 때 보다 콜레스테롤 산화물의 생성량이 적었다.

감사의 말

이 연구는 1989년도 전반기 한국과학재단 연구비(과제번호 : 891-1508-027-1)의 지원에 의하여 수행된 것으로 이에 심심한 사의를 표하는 바입니다. 또한, GC-MS 분석을 위하여 협조하여 주신 한국과학기술원 분석실의 김택재 박사과 노진용 연구원에게 깊은 감사를 드립니다.

문 헌

1. Smith, L.L. : *Cholesterol autoxidation*. Plenum Press, New York, p. 125(1981)
2. Teng, J.I., Kulig, M.J. and Smith, L.L. : Sterol metabolism. XXII. Gas chromatographic differentiation cholesterol hydroperoxides. *J. Chromat.*, 75, 108(1973)
3. Fioriti, J.A. and Sims R.J. : Autoxidation products from cholesterol. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 44, 221(1967)
4. Shen, C.S.J. and Sheppard, A.J. : High-performance li-

- quid chromatography of some biologically important cholesterol oxides. *Chromatographia*, 17, 469(1985)
5. Park, S.W. and Addis, P.B. : HPLC determination of C-7 OCDs in foods. *J. Food Sci.*, 50, 1437(1985)
6. Maerker, G., Nungesser, E.H. and Zulak, I.M. : HPLC separation and quantitation of cholesterol oxidation products with FID. *J. Agric. Food Chem.*, 36, 61(1988)
7. Korahani, V., Bascoul, J. and Crastes, D.P.A. : Capillary column gas-liquid chromatographic analysis of cholesterol derivatives. *J. Chromat.*, 211, 392(1981)
8. Park, S.W. and Addis, P.B. : Capillary column gas-liquid chromatographic resolution of oxidized cholesterol derivatives. *Anal. Biochem.*, 149, 275(1985)
9. Park, S.W. and Addis, P.B. : Cholesterol oxidation products in some muscle foods. *J. Food Sci.*, 52, 1500(1987)
10. Brooks, C.J.W., Cole, W.J., Mc Intyre, H.B. and Smith, A.G. : Selective reactions in the analysis and characterization of steroids by gas chromatography-mass spectrometry. *Lipids*, 15, 745(1980)
11. 장영상, 양주홍, 신효선 : 상이한 조건에서 저장한 버터로부터 생성된 콜레스테롤 산화물의 확인. *한국식품과학회지*, 22, 762(1990)
12. Park, S.W. and Addis, P.B. : Further investigation of oxidized cholesterol derivatives in heated fats. *J. Food Sci.*, 51, 1380(1986)
13. Park, S.W. and Addis, P.B. : Identification and quantitative estimation of oxidized cholesterol derivatives in heated tallow. *J. Agric. Food Chem.*, 34, 653(1986)
14. Herian, A.M. and Lee, K. : 7 α - and 7 β -hydroxycholesterols formed in a dry egg nog mix exposed to fluorescent light. *J. Food Sci.*, 50, 276(1985)
15. Missler, S.R., Wasilchuk, B.A. and Merritt, C. Jr. : Separation and identification of cholesterol oxidation products in dried egg preparations. *J. Food Sci.*, 50, 595(1985)
16. Nourooz-Zadeh, J. and Appel Qvist, L.-A. : Cholesterol oxides in swedish foods and food ingredients. Fresh eggs and dehydrated egg products. *J. Food Sci.*, 52, 57(1987)

(1990년 7월 16일 접수)