

튀김조건에 따른 가열 우지의 산화안정성

장영상 · 양주홍*

중부대학교 식품생명공학과 및 인삼약초·바이오식품연구센터, *한국식품공업협회

Oxidative Stability of Tallow Heated by Different Frying Conditions

Young-Sang Chang and Joo-Hong Yang*

Department of Food & Bio Technology, and Ginseng · BioFood Research Center,
Joongbu University, Geumsan 312-702, Korea

*Korea Food Industry Association, Seoul 137-060, Korea

Abstract

The oxidative stability of tallow heated was studied by different frying condition (temperature 130, 150, and 180°C; heating time, each 10hours per day, total 240hrs). Changes of physicochemical parameters such as acid value, peroxide value, iodine value, dielectric constant, content of polar components and polymer, refractive index, smoke point, viscosity and color changes in tallow heated were also measured. Acid value, dielectric constant, refractive index, viscosity, and content of polar components and polymer increased as the tallow was heated longer, whereas iodine value and smoke point decreased and peroxide value was increased and decreased repeatedly. These parameters changed to a greater extent as the heating temperature went up. The color became darkened with the increase of red and yellow values during heating. The degree of coloration was proportional to heating temperature.

Key words : oxidative stability, heated tallow, frying condition

서 론

최근 식생활 수준의 향상과 가공식품의 개발과 함께 유지식품의 소비가 증가되고 있어 튀김(deep-fat frying)에 대한 중요성이 더 해 가고 있다. 그러나 튀김에 사용되는 유지는 산소의 존재하에서 장시간 고온에 노출되므로 산화, 가수분해, 중합 등의 여러 가지 변화가 수반되어 유지의 각종 이화학적 특성치가 변화되며 이로 인하여 풍미, 영양가 및 외관등에 나쁜 영향을 미

친다(1,2). 그러므로 식용 유지의 각종 이화학적 특성치의 변화에 대하여 연구 논문이 발표되고 있다(3-5). 이러한 연구의 대부분은 튀김유의 주성분인 triglyceride 변화에 관한 것들이다.

우지(beef tallow)는 소의 지방조직으로부터 채취한 기름으로 식용에 적합하도록 처리 한 것으로 대표적인 동물성 유지로서 가공식품에 튀김유로 많이 사용되고 있다.

성분규격은 산값 0.3이하, 검화값 190-202, 요오드값 32-50, 불검화물 1.2%이하, palmitic acid, stearic acid, oleic acid가 주요 지방산으로 존재하고 있다(6). 특히 0.15-0.20% 콜레스테롤을 함유하고 있어서 이들 콜레스테롤 산화 생성물들은 생물학적으로 바람직하지 못한 작용을 나타내는 것으로 알려지고 있다(7-9).

Corresponding author : Young-Sang Chang, Department of Food & Biotechnology, Joong bu University, Geumsan 312-712, Korea
E-Mail : yschung@joongbu.ac.kr

식용유지를 140-180°C에서의 튀김온도 범위로 가열하였을 때는 triglyceride는 diglyceride, monoglyceride, glycerol의 순서로 단계적으로 분해되며 유리지방산을 형성한다. 또한 150°C이상의 온도로 가열하면 산화되어 복잡한 분해 산물을 형성한다. 그 주된 산화물은 carboxylic acid, 2-alkanone, n-alkanal 등의 carbonyl 화합물들이다. 그리고 높은 온도에서 가열하면 중합반응에 의한 dimer, trimer, polymer등이 형성된다고 알려져있다(10-12).

또한 유지를 고온에서 일정하게 가열하였을 때 생성되는 이화학적 변화들에 대하여 부분적인보고(11-14)가 있을 뿐 튀김온도 조건(frying temperature condition)을 달리하여 가열하였을 때 가열온도와 시간의 경과에 따라 생성되는 산화물들의 변화를 체계적으로 연구보고한 것은 거의 드문 경우이다.

따라서 튀김온도 및 시간 등 튀김조건을 개선하고, 가열유지 및 튀김식품들의 품질을 안정화 시키기 위한 기초자료가 필요하리라 생각된다.

본 연구에서는 식용유지를 130, 150 및 180°C의 온도에서 일정시간 가열할 때 일어나는 각종 이화학적 특성치와 색도의 변화를 측정하여 가열유지의 산화안정성과 가공식품의 품질개선에 기초자료로 제시하고자 한다.

재료 및 방법

재 료

본 실험에 사용한 우지(beef tallow)는 산화방지제가 첨가되지 않은 정제유를 국내의 S유지 회사에서로부터 구입하여 실험재료로 사용하였다. 시료로 사용한 우지 몇 가지 이화학적 특성치는 Table 1과 같다.

Table 1. Physicochemical characteristics of the tallow used in this experiment

Characteristics	Values
Acid value	0.05
Iodine value (Wijs)	49.6
Peroxide value (meq/kg)	0.32
Viscosity (Centipoise)	19.5
Refractive index (40°C)	1.4579
Smoke point (°C)	235.

All values are means of triplicate determinations.

시료의 전처리 및 튀김 조건

우지 8kg을 Hi-temp. bath(Joy Sci. Co. Korea)에 넣고 130 ± 3°C, 150 ± 3°C 및 180 ± 3°C에서 각각 하루에 10시간씩 가열하여 총 240시간을 가열하였으며, 매 24시간마다 300g씩 채취하여 질소가스를 충전하고 -20°C의 냉동고에 보관하면서 분석시료로 사용하였다. 이때 신유는 첨가하지 않았다.

이화학적 항수들의 측정

유지의 각종 이화학적 특성치 중 산값, 과산화물값 및 요오드값은 AOCS(15)의 방법 중 Cd 3a-63, Cd 8-53 및 Cd 1-25에 따라 각각 측정하였으며, 점도, 발연점 및 굴절율은 일본유지분석법(16) 2.3.9.5-71, 2.3.10.1-71 및 2.3.3-71에 따라 각각 측정하였다.

색깔은 Lovibond 비색계(Auto Lovibond Tintometer, England)를 이용하여 시료의 색깔을 측정한 후 Lovibond scale에 의한 황색(Y), 적색(R)의 값을 일본기준유지분석법 2.3.1.1b-71(16)에 따라 나타내었다.

중합물의 함량은 Wu와 Nawar의 방법(17)에 따라 유지 1g을 메탄올에 녹인 1% 황산125ml로 2시간 동안 환류시킨 후, 이 중 메탄올에 녹지 않는 회분을 석유 에틸에 녹여 용매를 증발시킨 후 그 무게를 정량하여 측정하였다.

극성 화합물의 함량은 Walsking과 Wessels(18)의 방법에 따라 silicagel 60(particle size 0.063~0.200mm, 70~230mesh ASTM, Merck No. 7734)으로 충전한 column(glass, 2.1cm I.D × 45cm)에 시료 1g을 넣은 후 petroleum benzene-diethyl ether(87:13, V/V) 혼합용매 150 ml를 분당 2.5ml의 속도로 용출하여 비극성 화합물을 분리하여 정량한 후 그 차에 대한 백분율로 나타내었다.

유전상수는 food oil sensor(NI-21A, Nothem Instruments Corp., Lino Lakes, Minnesota, U.S.A.)로 측정하였다.

결과 및 고찰

산값의 변화

시료를 130°C, 150°C 및 180°C에서 하루에 10시간씩 총 240시간을 가열하는 동안의 산값 변화를 측정된 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Effect of heating time on the acid value of tallow heated at different temperatures

Heating temp.(°C)	Heating time (hours)										
	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
130	0.05	0.11	0.18	0.21	0.24	0.27	0.33	0.36	0.42	0.49	0.61
150	0.05	0.14	0.17	0.27	0.34	0.41	0.52	0.61	0.81	0.94	1.15
180	0.05	0.22	0.34	0.74	0.92	1.19	1.38	1.54	1.76	2.15	2.36

All values are means of triplicate determinations.

즉, 모든 가열조건에서 가열시간이 경과함에 따라 산값의 증가가 매우 완만하여 240시간동안 가열한 후에도 0.61로 큰 증가를 보이지 않았으나, 150°C에서 240시간 가열한 후에는 1.15로 다소 큰 증가를 보였으며, 180°C에서 240시간 가열한 후에는 2.36으로 상당히 큰 증가를 나타냈다. 이와 같은 결과는 가열온도가 높을수록 유지 중의 triglyceride가 glycerol 지방산으로 더욱 빨리 분해되기 때문인 것으로 유지의 가열분해가 가열온도에 의해 크게 영향을 받는다는 일반적인 사실을 잘 나타내 주는 결과이다.

과산화물값의 변화

시료를 130°C, 150°C 및 180°C에서 하루에 10시간씩 총 240시간을 가열하는 동안 과산화물값의 변화를 측정한 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. Effect of heating time on the peroxide value (meq/kg) of tallow heated at different temperatures

Heating temp.(°C)	Heating time (hours)										
	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
130	0.32	3.12	2.34	4.74	3.21	2.82	2.60	3.10	5.27	2.32	2.82
150	0.32	2.40	3.37	2.73	1.33	3.52	3.35	2.58	2.08	2.85	3.17
180	0.32	2.30	1.79	1.87	1.57	2.10	1.90	2.80	1.54	2.37	0.86

All values are means of triplicate determinations.

즉, 모든 가열조건에서 과산화물값은 가열시간의 경과에 따라 가열산화가 최고값에 도달한 후 증가와 감소를 반복적으로 나타냈는데, 180°C에서는 가열산화가 빨라서 산화 후 그 증감의 폭이 적게 나타났다. 이러한 결과는 유지의 산화과정 중 생성된 일차 산화물인 과산화물이 이차산화물로 분해되며, 가열온도가 높을수록 생성된 과산화물의 분해가 더욱 빨리 일어난다는 사실을 잘 나타내고 있다.

Gwo 등(19)은 항산화제를 첨가한 것과 첨가하지 않은

유지를 180~182°C에서 하루에 10~11시간씩 10일간 가열하는 동안의 과산화물값의 변화를 측정한 결과 증가와 감소가 반복적으로 나타났다고 보고하였는데, 이러한 결과는 본 연구의 결과와 잘 일치되는 현상이다.

요오드값의 변화

시료를 130°C, 150°C 및 180°C에서 하루에 10시간씩 총 240시간을 가열하는 동안의 요오드값의 변화를 측정한 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. Effect of heating time on the iodine value(Wijs) of tallow heated at different temperatures

Heating temp.(°C)	Heating time (hours)										
	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
130	49.6	49.5	49.4	49.2	49.0	48.3	48.2	48.0	47.9	47.1	46.8
150	49.6	48.8	47.7	46.9	46.7	46.1	45.2	45.1	44.6	44.2	42.9
180	49.6	48.2	47.4	46.3	45.1	44.4	43.9	43.0	42.7	42.4	40.6

All values are means of triplicate determinations.

즉, 요오드값은 가열시간이 경과함에 따라 모든 가열조건에서 계속적으로 감소하였는데 180°C에서 가열하였을 때가 그 감소가 가장 심하여 240시간을 가열 후에는 40.6으로 감소하였으며 150°C에서 같은 시간 동안 가열하였을 때는 42.9로 감소하였고, 130°C로 가열하였을 때는 그 감소가 가장 완만하여 46.8이었다. 이상의 결과와 같이 유지의 요오드값이 가열시간이 경과함에 따라 감소하는 현상은 지방산 중의 이중결합이 우선적으로 산화되기 때문이며, 앞의 산값과 과산화물값의 변화와 마찬가지로 가열온도가 높을수록 유지의 산화가 빨리 일어난다는 사실을 잘 입증해 주고 있다. 또한 이러한 본 연구의 결과는 면실유를 180 ± 5°C에서 가열하면서 요오드값의 변화를 관찰한 Peled 등(20)의 결과와 비슷하다.

유전상수의 변화

시료를 130°C, 150°C 및 180°C에서 하루에 10시간씩 총 240시간을 가열하는 동안의 유전상수의 변화를 측정한 결과는 Table 5와 같다.

즉, 모든 가열조건에서 유전상수는 가열시간의 경과에 따라 계속적으로 증가였으며, 앞의 산값의 변화와 마찬가지로 가열온도가 높을수록 그 증가가 심하게 일어났다. 일반적으로 유지의 유전상수의 변화는 유리 지방산등의 극성화합물의 생성과 밀접한 관계가 있는 것

으로 알려지고 있으므로 본 실험의 결과와는 매우 잘 일치되고 있다. Fritsch등(21)은 몇 종류의 유지를 190℃에서 하루에 8시간씩 4시간을 가열하는 동안의 유전상수의 변화와 다른 이화학적 특성치(산값, 과산화물값, 요오드값 등)의 변화와의 상관관계를 연구한 결과 유전상수의 증가와 산값의 증가 및 요오드값의 감소와 높은 상관관계가 있다고 보고하였다.

Table 5. Effect of heating time on the dielectric constant of tallow heated at different temperatures

Heating temp.(°C)	Heating time (hours)										
	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
130	0.52	0.75	0.92	1.04	1.36	1.60	1.83	2.05	2.22	2.49	2.74
150	0.52	1.25	1.57	1.76	2.26	2.57	2.89	3.24	3.63	3.84	4.39
180	0.52	1.44	2.05	2.87	3.53	3.94	4.36	4.81	5.24	5.88	6.52

All values are means of triplicate determinations.

극성화합물의 함량의 변화

시료를 130℃, 150℃ 및 180℃에서 하루에 10시간씩 총 240시간을 가열하는 동안의 극성화합물의 함량의 변화를 측정한 결과는 Table 6과 같다.

Table 6. Effect of heating time on the content of polar components(%) in tallow heated at different temperatures

Heating temp.(°C)	Heating time (hours)										
	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
130	2.7	5.6	6.7	7.6	9.1	10.3	11.7	12.7	14.3	16.5	17.7
150	2.7	7.5	8.9	10.2	13.3	13.5	15.8	17.0	18.9	21.8	25.2
180	2.7	8.6	11.7	17.5	20.5	21.9	22.2	24.2	27.4	29.9	33.3

All values are means of triplicate determinations.

즉, 극성화합물의 함량은 모든 가열조건에서 가열시간이 경과함에 따라 계속적으로 증가하였으며 가열온도가 높을수록 그 증가가 심하였다. 이러한 결과도 역시 유지의 산화가 가열온도에 의해 크게 영향을 받는다는 사실을 잘 나타내주고 있으며, 이는 앞의 산값 및 유전상수의 증가와 매우 잘 일치되는 경향이다. 특히, 180℃에서 192시간 가열한 후 극성화합물의 함량은 27.4%였다. 가열한 유지 중 극성화합물 27%는 사용한 유지의 최대한계값이므로(22) 본 실험조건에서는 유지를 180℃에서 192시간 이상 가열하였을 때에는 식용으로 이용할 수 없을 것으로 생각된다.

중합물의 함량의 변화

시료를 130℃, 150℃ 및 180℃에서 하루에 10시간씩 총 240시간을 가열하는 동안 중합물의 함량의 변화를 측정한 결과는 Table 7과 같다.

Table 7. Effect of heating time on the content of polymer(%) in tallow heated at different temperatures

Heating temp.(°C)	Heating time (hours)										
	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
130	0.5	2.6	5.9	8.2	11.2	14.2	15.0	18.6	20.5	25.5	26.6
150	0.5	3.2	6.4	9.4	14.4	16.6	18.2	20.5	23.7	26.5	28.5
180	0.5	5.4	8.8	16.9	18.3	19.0	20.3	23.5	25.0	28.3	32.0

All values are means of triplicate determinations.

즉, 모든 가열조건에서 중합물의 함량은 가열시간의 경과에 따라 계속적으로 증가하였으며, 그 증가의 정도도 가열온도에 따라 다소 차이가 있어 180℃에서 240시간을 가열하였을 때 32.0%로 가장 증가가 심하였고, 150℃에서 같은 시간 가열하였을 때는 28.5%이었으며, 130℃에서 같은 시간 가열하였을 때는 26.6%로 그 증가가 가장 완만하게 나타났다. 이와 같은 결과로 보아 유지의 가열중합반응이 가열온도에 의해 크게 영향을 받으며, 중합물의 함량도 앞의 여러 이화학적 변화와 함께 유지의 가열산화 정도를 나타내는 좋은 지표가 될 수 있음을 알 수 있다(23).

굴절률의 변화

시료를 130℃, 150℃ 및 180℃에서 하루에 10시간씩 총 240시간을 가열하는 동안 굴절률의 변화를 측정한 결과는 Table 8과 같다.

Table 8. Effect of heating time on the refractive index(40℃) of tallow heated at different temperatures

Heating temp.(°C)	Heating time (hours)										
	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240
130	1.4579	1.4579	1.4579	1.4579	1.4579	1.4579	1.4580	1.4580	1.4580	1.4581	1.4581
150	1.4579	1.4580	1.4580	1.4582	1.4584	1.4585	1.4587	1.4588	1.4588	1.4589	1.4592
180	1.4579	1.4582	1.4586	1.4588	1.4591	1.4595	1.4598	1.4600	1.4602	1.4605	1.4611

All values are means of triplicate determinations.

즉, 130℃에서 240시간 동안 가열하였을 때에는 굴절률은 거의 증가하지 않았으나, 150℃와 180℃로 가열하

였을 때에는 가열시간의 경과에 따라 굴절률은 계속적으로 증가하였으며, 180℃로 가열하였을 때가 150℃로 가열하였을 때보다 그 증가가 다소 심하게 나타났다. 이러한 결과는 두 종류의 유지를 180 ± 5℃에서 50시간을 가열하는 동안의 굴절률의 변화를 측정한 Yoon 등(24)의 결과와 일치되는 현상이다.

발연점의 변화

시료를 130℃, 150℃ 및 180℃에서 하루에 10시간씩 총 240시간을 가열하는 동안의 발연점의 변화를 측정한 결과는 Table 9와 같다.

Table 9. Effect of heating time on the smoke point(°C) of tallow heated at different temperatures

Heating temp.(°C)	Heating time (hours)											
	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	
130	235	233	230	229	226	223	221	220	218	215	212	
150	235	228	221	215	210	207	201	193	187	181	172	
180	235	216	207	195	188	180	177	174	172	169	166	

All values are means of triplicate determinations.

즉, 모든 가열조건에서 발연점은 가열시간의 경과에 따라 계속적으로 감소하였다. 즉, 130℃에서 240시간을 가열한 후에는 212℃로 큰 감소를 보이지 않았으나, 150℃와 180℃에서 각각 240시간 가열한 후에는 각각 172℃와 166℃로 감소하여 매우 큰 감소를 나타냈다. 특히 180℃에서 가열하였을 때에는 그 감소정도가 심하여 192시간을 가열한 후에는 172℃였고, 216시간을 가열한 후에는 169℃였는데 유지의 발연점이 170℃이하가 되면 그 유지는 완전히 변패되는 것으로 알려지고 있다 (22). 이러한 발연점의 감소는 극성화합물 등의 분해물들이 가열시간의 경과에 따라 증가하기 때문인 것으로 발연점의 변화도 유지의 산화정도를 나타내는 좋은 지표가 될 수 있다

점도의 변화

시료를 130℃, 150℃ 및 180℃에서 하루에 10시간씩 총 240시간을 가열하는 동안의 점도의 변화를 측정한 결과는 Table 10과 같다.

즉, 130℃에서 72시간을 가열한 후에도 점도는 변하지 않았으며 그 후에도 큰 증가를 보이지 않아 240시간 가열 후에는 23.5였다. 그러나 150℃에서 240시간 가열

한 후에는 25.5로 다소 큰 증가를 보였으며, 180℃에서 240시간 가열한 후에는 35.6으로 매우 큰 증가를 나타냈다. 이와 같이 가열시간의 경과에 따라 유지의 점도가 증가하는 것은 가열산화에 의한 이중결합의 공액화, 시스형의 트랜스형의 이성질화 및 중합반응에 의한 중합체의 형성 등에 기인하기(25,26) 때문인 것으로 생각되며, 유지의 산화정도가 가열온도에 크게 영향을 받는다는 일반적인 사실을 잘 나타내 주고 있다.

Table 10. Effect of heating time on the viscosity (Centipoise) of tallow heated at different temperatures

Heating temp.(°C)	Heating time (hours)											
	0	24	48	72	96	120	144	168	192	216	240	
130	19.5	19.5	19.5	19.5	19.6	20.0	20.6	21.4	22.0	22.5	23.5	
150	19.5	19.7	20.5	21.3	22.5	23.6	24.3	24.5	24.7	25.0	25.5	
180	19.5	20.5	21.5	22.6	23.2	25.0	26.5	29.8	34.0	34.6	35.6	

All values are means of triplicate determinations.

색도의 변화

시료를 130℃, 150℃ 및 180℃에서 하루에 10시간씩 총 240시간을 가열하는 동안의 색도의 변화를 측정한 결과로는 Table 11과 같다.

Table 11. Effect of heating time on the color (Y/R) of tallow heated at different temperatures

Heating temp. (°C)	Heating time(hours)											
	0	24	48	72	96	120	144	168	196	216	240	
130	0.601	0.601	0.601	0.701	0.801	0.902	1.102	1.302	1.502	1.903	2.503	
150	0.601	0.903	1.204	1.404	2.005	2.505	2.905	3.706	6.910	9.012	11.016	
180	0.601	1.102	2.605	6.910	12.016	18.022	27.032	34.038	49.057	59.072	68.0100	

All values are means of triplicate determinations.

즉, 시료의 초기색도는 황색도(Y)가 0.6, 적색도(R)가 0.1이던 것이 가열시간이 경과함에 따라 Y값과 R값이 증가하여 착색되어지는 경향이였다. 색깔의 착색정도는 180℃에서 가열하였을 때가 가장 심하여 240시간 가열한 후에는 Y값이 68.0, R값이 10.0으로 진한 갈색을 나타내었고, 150℃에서 240시간 가열 후에는 Y값이 11.0, R값이 1.6이었으며, 130℃에서 가열하였을 때에는 48시간까지는 증가를 나타내지 않았고 그 후에도 매우 완만하게 증가하여 240시간 가열 후에는 Y값이 2.5, R값이 0.3을 나타내었다. 가열중 유지의 색도가 착색되는

현상에 대하여는 아직까지도 그 원인물질 및 메카니즘 등에 관하여 체계적으로 정확히 보되고 있지는 않지만 일반적으로 지방산기의 산화중합에 기초한 복잡한 반응 생성물들이 그 주체인 것으로 알려지고 있다(27).

요 약

가열우지의 산화 안정성을 연구하기 위하여 우지를 130, 150 및 180℃의 세가지 튀김온도 조건에서 하루에 10시간씩 총 240시간 가열하였을 때 가열시간에 따라 지방질의 산화정도를 나타내는 각종 이화학적 특성치들(산값, 과산화물값, 요오드값, 유전상수, 극성화합물 및 중합물의 함량, 굴절률, 발연점 및 점도)과 색도의 변화를 연구하였다.

가열한 우지의 산값, 유전상수, 굴절률, 점도, 극성화합물 및 중합물의 함량은 가열시간의 경과에 따라 계속 증가하였고, 과산화물값은 가열시간의 경과에 따라 증가와 감소를 반복적으로 나타냈다. 요오드값과 발연점은 가열시간의 경과에 따라 계속 감소하였으며, 이러한 이화학적 특성치들의 변화는 가열온도가 높을수록 심하였다. 색도는 가열시간이 경과함에 따라 황색도와 적색도가 증가하여 전체의 색깔은 착색화되는 경향을 나타냈고, 그 착색의 정도는 시료의 산화정도와 밀접한 관계가 있어 고온에서 가열할수록 심하였다. 따라서 높은 온도에서 튀기면 각종 이화학적 항수들의 변화가 일어나므로 튀김유의 열화는 물론 가공식품의 품질에 영향을 미칠 것이다.

감사의 글

본 연구는 1999년도 중부대학교에서 시행한 학술연구 개발비 지원에 의한 연구결과로서 이에 감사합니다.

참고문헌

1. Fritsch, C.W. (1981) Measurements of frying fat deterioration. : A brief review. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **58**, 272-274
2. Stevenson, S.G. , Vaisey-Genser, M. and Eskin, N. A.M. (1984) Quality control in the use of deep frying oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **61**, 1102-1108
3. Paradis, A.J. and Nawar, W.W. (1981) Evaluation of new methods for the assessment of used frying oils. *J. Food Sci.*, **46**, 449-451
4. Smith, L.M., Clifford, A.J., Hamblin, C.L. and Creveling R.K. (1996) Changes in Physical and Chemical properties of shortenings used for commercial deep-fat frying. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **63**, 1017-1023
5. Dobarganes, M.C. and Perez-Camono, M.C. (1988) Systematic evaluation of geated fats based on quantitative analytical methods. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **65**, 101-105
6. 식품의약품안전청 (2000) 식품공전. 8, 식용유지류, p.221-235
7. Smith, L.L. (1981) Cholesterol Autoxidation. Plenum Press, New-York, p. 125-197
8. Smith, L.L. , Smart, V.B. and Ansari, G.A.S. (1979) Mutagenic cholesterol preparations. *Mutation Res.*, **68**, 23-30
9. Bischoff, F. (1963) Carcinogenesis through cholesterol and derivatives. *Progr. Exp. Tumor Res.*, **3**, 412-444
10. 신효선, 이서래. (1999) 최신식품화학, 신광출판사, p.56-175
11. Artman, N.R. (1969) The chemical and biological properties of heated and oxidized fats. *Adv. Lipid Res.*, **7**, 245-330
12. Perkins, E.G. (1967) Formation of non-volatile decomposition products in heated fat and oils. *Food Technol.*, **21**, 611-616
13. Chang, S.S., Peterson, R. J. and Ho, C.T. (1978) Chemical reactions involved in the deep-fat frying foods. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **55**, 718-727
14. Strock, H., Ball, C.O., Chang, S.S. and Stier, E.F. (1966) Effects of agitation and temperature in the deep-fat frying of potatoes. *Food Technol.*, **20**, 545-549
15. American Oil Chemists' Society (1979) Official and Tentative Method of the American Oil Chemists' Society. vol. II. 3rd ed., Chicago

16. 本油化學協會 (1984) 基準油脂分析試驗法
17. Wu, P.F. and Nawar, W.W. (1984) A technique for monitoring the quality of used frying oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **63**, 1363-1367
18. Waliking, A.E. and Wessels, H. (1986) Chromatographic separation of polar and nonpolar components of frying fats. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, **64**, 1329-1334
19. Gwo, Y.Y., Flick Jr. G.J. and Dupuy, H.P. (1985) Effect of ascorbyl palmitate on the quality of frying fats for deep frying operations. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **62**, 1666-1671
20. Peled, M., Gutfinger, T. and Letan, A. (1975) Effect of water and BHT on stability of cottonseed oil during frying. *J. Sci. Food Agric.*, **26**, 1655-1666
21. Fritsch, C.W., Egberg, D.C. and Magnuson, J.S. (1979) Changes in dielectric constant as a measure of frying oil deterioration. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **56**, 746-750
22. Billek, G., Guhr, G. and Waibel, J. (1978) Quality assessment of used frying fats : A comparison of four methods. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **55**, 728-733
23. 양주홍, 김종승, 신호선 (1994) 튀김온도에서 가열한 우지중의 콜레스테롤 산화 생성물, 식품위생안정성 학회지, **9(4)** 199-203
24. Yoon, S.H., Kim, S.K., Shin, M.G. and Kim, K.H. (1985) Comparative study of physical methods for lipid oxidation measurement in oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **62** 1487-1489
25. Sims, R.P.M. (1962) Oxidative polymerization. In Autoxidation and antioxidants. Vol. II, edited by Lundberg, W. O., Interscience pub., New York, p. 632-636
26. 신애자, 김동훈 (1982) 대두유의 가열산화 중의 특성변화. 한국식품과학회지, **14**, 257-263
27. Frankel, E.N., Evans, C.D. and Cowan, J.C. (1960) Thermal dimerization of fatty ester hydroperoxides. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **37**, 418-423

(접수 2001년 5월 25일)