

## 고온가열 과정 중 대두경화유의 산화안전성에 관한 연구

김 명 애

동덕여자대학교 식품영양학과

### Oxidative Stability of Hydrated Soybean Oil during Heating at High Temperature

Myong-Ae Kim

Department of Food and Nutrition, Dongduk Women's University, Sungbukgu, Seoul 136-714, Korea

#### Abstract

In this experiment, three samples of oils were used. These oils were hydrated soybean oil, pure soybean oil and regular soybean oil. Oil was used after heating at 235-240°C every four hours term and total heating hours was 16 hours. The physio-chemical analysis and sensory evaluation were performed on these oils. The hydrated soybean oil showed lower acid, peroxide and carbonyl value than the other two oils ( $p < 0.05$  or  $p < 0.001$ ). The other two oils were more affected in rancidity than the hydrated soybean oil. In color test, whereas L value lowered during the heating time, a and b value increased during the heating time. The tendency of high L value and low b value in a long-time heating was more apparent on the pure soybean oil and the regular soybean oil than on the hydrated soybean oil ( $p < 0.05$ ). In sensory evaluation, color and rancidity order increased during the heating time. The hydrated soybean oil showed color and rancidity order than the other two oils. In overall quality test, the pure and regular soybean oil that had been used for 12 and 16 hour were not preferable. The hydrated soybean oil that had been used for 16 hour were not preferable. In sensory evaluation, the hydrated soybean oil, the pure and regular soybean oil did not show a apparent difference, although the hydrated soybean oil had a little better scores on the overall quality.

Key Words : hydrated soybean oil, oxidative stability, acid value, peroxide value, carbonyl value

### 1. 서 론

식생활의 형태가 서구화되면서 튀김음식류 등 유지를 이용한 식품의 조리방법 및 저장에 대해 많은 관심이 생기고 있다(Oh 등 2004). 이들 식품은 가공과정에서 유지의 가열 및 자동산화가 발생하고 저장 중에도 계속 자동산화가 진행되어 궁극적으로 해로운 물질들이 생성된다(Lee 등 2000; Lee 등 2007). 따라서 산화를 막기 위해 BHT, BHA, TBHQ 등과 같은 항산화제를 첨가해주고 있으나(Dziezak 1986) 이들의 위해성이 계속 제기되어(Choe & Yang 1982; Farag 등 1989; Farag 등 1990; Hahm 등 1993) 천연 항산화제를 개발하려는 시도가 요구되었다. 식물에는 여러 항산화 물질이 함유되어 있는데(Larson 1988; Liu & Xiao 1992; Shin 1994; Kim & Cho 1998) 그중에서 폐놀성 물질이 주목을 받아 연구가 많이 되고 있다(Park 등 1991; Lee 등 1999; Cho & Ahn 1999; Cha 등 2000; Chung 등 2003; Oh 등 2004; Woo 등 2005).

한편 유지의 산화안정성은 지방산의 불포화도에 영향을 받

는데, 불포화지방산은 분자구조내에 이중결합을 가져 불안정하고 불규칙한 배열을 하기 때문에 실온에서 액체상태로 존재한다(Lee & Shin 2006). 불포화지방산은 쉽게 산패가 되므로 이중결합에 수소를 첨가하여 산화에 안정한 경화유를 만들어 여러 가지 식품의 재료로 사용하는데 이 경화유는 건강에 좋지 않은 트랜스지방산을 함유하고 있으나 산화안전성이 매우 뛰어나고 저장기간이 길며 식감이 부드럽다는 장점 외에도 비용의 문제 등을 이유로 업계에서는 경화유를 많이 사용하고 있다(Ha & Seo 2006). 이에 대해 Ha & Seo(2006)는 산화안전성도 크게 향상하고 트랜스지방산 저감화 방안으로 수소의 선택적 첨가를 제안하였다.

경화유의 이런 산화안전성을 식품가공에 이용한 연구에는 대두경화유를 이용하여 감자 튀김을 한 뒤 그 이화학적 성상과 맛의 변화를 본 Kwon & Yum(1993)의 연구, 마이크로웨이브 열처리 및 경화가열유지가 약과의 저장 안정성에 미치는 영향을 본 Kim & Yun(1999)의 연구, 쌀엿장정 팽화쌀 품질에 대한 대두경화유의 영향을 본 Kim(2006)의 연구 등이 있다.

본 연구에서는 정제대두유, 일반대두유, 경화대두유를 각기 고열(235-240°C)로 가열한 다음 시료의 색도, 산가, 과산화물가, 카보닐가 등을 측정하고, 관능평가를 실시하여 지속적인 고온가열 과정 중에서 경화 처리가 유지의 열 산화 안정성에 미치는 영향을 비교분석하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험재료

시료로 사용할 대두유는 시판하는 일반대두유(백설피표)를 구매하였고 정제대두유와 경화대두유는 롯데삼강(주)에서 제공받아 사용하였다.

### 2. 대두유 시료의 제조방법

정제대두유, 일반대두유, 경화대두유를 각각 가열하여 240°C가 되었을 때를 시작으로 하여 총 16시간을 가열하였으며 235-240°C의 온도를 유지한 상태로 시료용 유지는 0, 4, 8, 12, 16시간마다 가열유지에서 50 mL씩 털어내어 사용하였다.

### 3. 대두유의 지방산 분석

각 대두유는 지방산 분석을 통해 트랜스지방산의 함량을 분석하였다. 측정은 가스크로마토그래피(GC14B, Shimadzu, Japan)를 사용하였으며 분석 조건은 Induction temperature 170°C, Induction, time 0min, Prog rate 1/min, Final temperature 205°C, Final time 10min, Injector 220°C, Detector 240°C, Split ratio 100:1, Carrier gas 40 mL/min이었고 capillary column은 Supelcowax 100 m×0.25 mm×0.2 μm를 사용하였다. 지방산 표준물질 0.01 g을 이소옥탄에 녹여 1,000 μg/mL가 되게 하고 내부표준물질 triundecanoic acid methyl ester 0.01 g을 이소옥탄에 녹여 1,000 μg/mL가 되게 한 후 이를 각각 1:1 혼합하여 각각 500 μg/mL가 되게 하여 표준용액으로 한다. 시험용액의 조제방법은 다음과 같다. 지방 검체 약 25 mg을 유리 튜브에 정밀히 취하고 내부표준용액 1 mL를 첨가한다. 이어 0.5 N 메탄올성 수산화나트륨용액 1.5 mL를 가하고 질소를 불어넣은 후 즉시 뚜껑을 덮고 혼합한다. 이어 100°C heating block에서 약 5분간 가온한다. 이를 냉각한 후 14% 트리플루오르보란메탄올용액 2 mL를 가하고 다시 질소를 불어넣은 후 즉시 뚜껑을 덮고 혼합하고 100°C에서 30분간 가온한다. 이어 30~40°C로 냉각하여 이소옥탄용액 1 mL를 가하여 질소를 불어넣은 후 뚜껑을 덮고 이 온도에서 30초간 격렬히 진탕한다. 다음 즉시 포화 염화나트륨용액 5 mL를 가하고 질소를 불어넣은 후 뚜껑을 덮고 진탕한다. 상온으로 냉각한 후 수층으로부터 분리된 이소옥탄층을 새 유리 튜브에 넣고 질소를 불어넣은 후 즉시 뚜껑을 덮는다. 수층

에 이소옥탄 1 mL를 추가로 넣고 위와 같은 방법으로 추출한 후 이소옥탄층을 전의 이소옥탄액과 합한다. 이 액을 무수황산나트륨으로 탈수하고 질소를 불어넣은 후 분석 전까지 밀봉한다(Korea Food & Drug Administration, 2000).

### 4. 산가(acid value) 측정

AOCS 방법(AOCS, official method Cd 3a-63)을 응용하여 측정하였다. 유지 시료 5 g을 에탄올 100 mL를 가하여 완전히 용해한 다음 1%-phenolphthalein 지시약 0.5 mL를 첨가하여 0.05N-NaOH로 적정하였다. 종말점은 분홍색이 30초간 유지되는 점으로 하였다.

$$AV(KOHmg/g) = \frac{0.05 \text{ N-NaOH적정량}(mL) \times N \times 56.10}{W(g)}$$

W=시료량

N=normality of NaOH

### 5. 과산화물가(peroxide value) 측정

AOCS 방법(AOCS, official method Cd 8-53)을 응용하여 측정하였다. 유지 시료 1 g에 acetic acid : chloroform (3 : 2) 용액을 넣은 후 포화요오드화칼륨용액 0.5 mL를 첨가하여 1분간 흔든 다음 증류수 30 mL를 넣고 0.01 N-Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>용액으로 노란색이 거의 없어질 때까지 적정한 다음 전분지시약을 2-3방울 떨어뜨린 후 다시 재적정하였다.

$$POV(meq/kg) = \frac{(S-B) \times N \times 1000}{\text{시료량}}$$

S=sample의 적정량

B=blank의 적정량

N=normality of sodium thiosulfate soln

### 6. 카보닐가(carbonyl value) 측정

시료 0.05 g을 test tube에 넣고 벤젠 5 mL에 녹인 후 0.05% 2,4-dinitrophenyl hydrazine 벤젠액 5 mL와 4.3% trichloroacetic acid 3 mL를 가한다. 혼합 후에 60°C의 끓는 물에서 30분간 중탕한 다음 흐르는 물에서 식힌 후 440 nm에서 흡광도를 측정하였다(Kim 2002).

### 7. 시료 유지의 색도 측정

시료 유지의 색도는 color and color difference meter (CM-3500d, Minolta, Japan)기기를 사용하여 10 mm target cell에 시료를 넣고 Hunter 값을 5회 측정하여 평균값을 얻었다. 이때 사용한 표준 백판의 L(명도), a(적색도), b(황색도)값은 97.30, -0.09, -0.38이었다.

8. 시료 유지의 관능평가

식품영양학과 학생 20명을 선발하여 시료 유지의 관능적 품질요소를 인지하도록 훈련시킨(Coo 등 2006) 후 질문지에 패널로 하여금 관능특성의 강도를 가장 잘 나타내는 칸에 표시를 하도록 하였는데 학생의 성별은 모두 여성이었고 평균 연령은 21.1살이었다. 평가항목은 예비실험을 통하여 색(color), 산패취(rancidity), 점조한 정도(viscosity), 전체적인 기호도(overall quality)로 하였다. 각 항목에 대한 특성의 강도는 7점 척도법(아주 강하다 7, 강하다 6, 약간 강하다 5, 보통이다 4, 약간 약하다 3, 약하다 2, 아주 약하다 1)으로, 전체적인 기호도는 기호도 7점 척도법(사용하기 아주 좋다 7, 사용하기 좋다 6, 사용하기 약간 좋다 5, 사용하기 보통 좋다 4, 사용하기 약간 좋지 않다 3, 사용하기 좋지 않다 2, 사용하기 아주 좋지 않다 1)으로 평가하였다.

9. 통계처리방법

본 연구의 기계측정과 관능검사에 관한 결과는 통계분석용 프로그램인 SAS(statistic analysis system)를 이용하여 평균, 분산분석, Duncan's multiple range test를 실시하였다(Sung 1991).

III. 결과 및 고찰

1. 대두유의 지방산 분석결과

각 대두유의 지방산 분석결과는 <Table 1>에서 제시하였다. 정제대두유와 일반대두유의 트랜스지방산 함유량은 1.0% 미만이며 각 지방산들의 조성비율은 비슷하였다. 이에 비해 경화대두유의 경우는 트랜스지방산인 elaidic acid(C18:1)의 함유량이 36.5%로 높게 나타났으며 시스형인 Oleic acid(C18:1) 함유량이 45.7%로 나타났다.

2. 가열유지의 산가 측정결과

산가는 가열에 의한 지방의 산패도를 나타내는 지표(Kim 2002)로서 튀김시간에 따른 가열유지의 산가측정 결과는 <Table 2>와 같았다.

정제대두유의 0, 4, 8, 12, 16시간대별 산가 측정결과

<Table 1> Fatty Acids Content of Various Soybean Oil

Fatty acids	Content(%)		
	Pure soybean oil	Regular soybean oil	Hydrated soybean oil
C18:1 trans	<1.0	<1.0	36.5
C16	11.3	12.1	9.6
C18	4.4	4.2	5.3
C18:1 cis	21.9	22.4	45.7
C18:2	52.8	51.7	2.0
C18:3	7.5	7.8	0.1
C20	0.3	0.3	0.3
C22	0.3	0.2	0.3

각기 0.05, 0.47, 1.12, 1.71, 2.73 mg/g이고 일반대두유는 각각 0.00, 0.44, 0.92, 1.43, 2.12 mg/g이었다. 경화대두유는 각기 0.05, 0.31, 0.56, 0.89, 1.32 mg/g으로 나타났다. 가열시간에 따른 정제대두유, 일반대두유, 경화대두유의 산가를 보면 0시간대를 제외하면 모두 경화대두유가 다른 대두유에 비해 산화에 대해 유의하게(p<0.05) 안정한 경향을 보였다. 특히 가열시간 16시간의 경우를 보면 정제대두유 2.73 mg/g, 일반대두유 2.12 mg/g으로서 유처리 식품의 산가 기준치인 3.0 mg/g (Oh & Choi 1995)에 근사하였으나 경화대두유 산가는 1.32 mg/g으로서 다른 대두유보다 산화안전성이 상당히 좋은 것으로 나타났다(p<0.001).

Kim(2006)은 쌀엿강정용 팽화쌀 품질에 대한 대두경화유의 영향을 본 연구에서 정제대두유와 일반대두유보다 경화대두유의 산가가 크게 낮았다고 보고했으며 Kwon & Yum(1993)도 감자튀김시 대두유보다 경화대두유의 산화안정성이 우수했다고 보고했다.

<Table 2> Acid Value of Various Soybean Oil during Heating at High Temperature (235-240°C)

	Heating time (hr)	Pure soybean oil	Regular soybean oil	Hydrated soybean oil	F-value
Acid value (mg/g)	0	<sup>A</sup> 0.05	<sup>B</sup> 0.00	<sup>A</sup> 0.05	7.73*
	4	<sup>A</sup> 0.47	<sup>A</sup> 0.44	<sup>B</sup> 0.31	10.29*
	8	<sup>A</sup> 1.12	<sup>A</sup> 0.92	<sup>B</sup> 0.56	19.77**
	12	<sup>A</sup> 1.71	<sup>B</sup> 1.43	<sup>C</sup> 0.89	36.38***
	16	<sup>A</sup> 2.73	<sup>B</sup> 2.12	<sup>C</sup> 1.32	175.60***

\*means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

\*\*means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.01$  as determined by Duncan's multiple range test.

\*\*\*means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.001$  as determined by Duncan's multiple range test.

<Table 3> Peroxide Value of Various Soybean Oil during Heating at High Temperature (235-240°C)

	Heating time (hr)	Pure soybean oil	Regular soybean oil	Hydrated soybean oil	F-value
Peroxide value (meq/kg)	0	5.54	5.56	4.14	4.62 <sup>NS</sup>
	4	<sup>A</sup> 10.10	<sup>A</sup> 9.69	<sup>B</sup> 6.38	16.88**
	8	<sup>A</sup> 14.32	<sup>AB</sup> 13.01	<sup>B</sup> 10.91	5.36*
	12	<sup>A</sup> 22.64	<sup>A</sup> 20.93	<sup>B</sup> 14.03	23.35***
	16	<sup>A</sup> 37.41	<sup>B</sup> 32.27	<sup>C</sup> 22.86	33.27***

\*means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

\*\*means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.01$  as determined by Duncan's multiple range test.

\*\*\*means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.001$  as determined by Duncan's multiple range test.

NS: non-significant

<Table 4> Carbonyl Value of Various Soybean Oil during Heating at High Temperature (235-240°C)

	Heating time (hr)	Pure soybean oil	Regular soybean oil	Hydrated soybean oil	F-value
Carbonyl value (meq/kg)	0	1.55	1.60	1.59	0.38 <sup>NS</sup>
	4	2.01	1.88	2.00	2.13 <sup>NS</sup>
	8	2.52	2.36	2.21	2.61 <sup>NS</sup>
	12	<sup>A</sup> 3.28	<sup>A</sup> 3.09	<sup>B</sup> 2.58	27.86 <sup>***</sup>
	16	<sup>A</sup> 4.14	<sup>A</sup> 3.85	<sup>B</sup> 3.22	15.04 <sup>**</sup>

\*\*means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.01$  as determined by Duncan's multiple range test.

\*\*\*means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.001$  as determined by Duncan's multiple range test.

NS: non-significant

3. 가열유지의 과산화물가 측정결과

<Table 3>는 가열유지를 0-16시간까지 4시간의 간격을 두고 과산화물가를 측정된 결과이다.

경시적으로 정제대두유는 각각 5.54, 10.10, 14.32, 22.64, 37.41 meq/kg, 일반대두유는 각각 5.56, 9.69, 13.01, 20.93, 32.27 meq/kg 이었고 경화대두유는 각각 4.14, 6.38, 10.91, 14.03, 22.86 meq/kg으로 나타났다. 전반적으로 정제대두유와 일반대두유의 과산화물가는 서로 비슷한 것에 비해 경화대두유는 대체로 낮게 나타나서 특히 가열한지 16시간이 되었을 경우에는 경화대두유의 과산화물가는 22.86 meq/kg으로 유처리 식품의 과산화물가 기준치인 40.0 meq/kg(Oh & Choi 1995)에 근접한 정제대두유와 일반대두유에 비해 낮은 과산화물가를 보였다( $p < 0.001$ ). 이는 쌀엿강정용 팽화쌀을 정제대두유, 일반대두유, 경화대두유에서 각기 튀겨낸 다음 튀기기 시작한지 12시간이 되었을 때의 정제대두유, 일반대두유, 경화대두유의 과산화물가를 측정된 결과 경화대두유의 과산화물가가 낮았다는 Kim(2006)의 연구와 유사한 결과이었다.

4. 가열유지의 카보닐가 측정결과

카보닐가 측정결과는 <Table 4>와 같았다.

유지나 지방질 식품이 산패하면 과산화물을 거쳐 많은 종류의 카보닐 화합물을 생성한다(Yun 등 2002). 0, 4, 8, 12, 16시간대별 카보닐가 측정결과는 정제대두유가 각각 1.55, 2.01, 2.52, 3.28, 4.14 meq/kg, 일반대두유가 각각 1.60, 1.88, 2.36, 3.09, 3.85 meq/kg이었으며 경화대두유는 각각 1.59, 2.00, 2.21, 2.58, 3.22 meq/kg으로 나타났다. 카보닐가는 산가나 과산화물가와 달리 8시간대까지는 시료 간에 유의적인 차이가 없었으나 12시간 이상에서는 경화대두유가 다른 대두유보다 낮은 카보닐가를 보였다( $p < 0.001$ ).

<Table 5> Changes in Hunter's Color Values of Various Soybean Oil during Heating at High Temperature (235-240°C)

Oil	Heating time (hr)	Pure soybean oil	Regular soybean oil	Hydrated soybean oil	F-value
L-value	0	85.90 <sup>a</sup>	84.01 <sup>a</sup>	85.59 <sup>a</sup>	2.72 <sup>NS</sup>
	4	75.15 <sup>b</sup>	74.94 <sup>b</sup>	77.08 <sup>b</sup>	3.31 <sup>NS</sup>
	8	<sup>B</sup> 64.68 <sup>c</sup>	<sup>B</sup> 63.47 <sup>c</sup>	<sup>A</sup> 69.81 <sup>c</sup>	9.18 <sup>*</sup>
	12	<sup>B</sup> 56.88 <sup>d</sup>	<sup>AB</sup> 60.55 <sup>c</sup>	<sup>A</sup> 62.45 <sup>d</sup>	8.44 <sup>*</sup>
	16	<sup>B</sup> 51.09 <sup>d</sup>	<sup>B</sup> 53.88 <sup>d</sup>	<sup>A</sup> 59.43 <sup>d</sup>	15.09 <sup>*</sup>
F-value		74.19 <sup>**</sup>	41.37 <sup>**</sup>	50.07 <sup>**</sup>	
a-value	0	3.88 <sup>d</sup>	4.24 <sup>d</sup>	3.89 <sup>c</sup>	1.24 <sup>NS</sup>
	4	13.51 <sup>c</sup>	14.59 <sup>c</sup>	11.91 <sup>b</sup>	2.09 <sup>NS</sup>
	8	24.48 <sup>b</sup>	25.32 <sup>a</sup>	21.44 <sup>a</sup>	1.93 <sup>NS</sup>
	12	26.89 <sup>ab</sup>	26.73 <sup>a</sup>	24.80 <sup>a</sup>	2.52 <sup>NS</sup>
	16	29.97 <sup>a</sup>	28.46 <sup>a</sup>	26.38 <sup>a</sup>	2.17 <sup>NS</sup>
F-value		14.26 <sup>*</sup>	11.39 <sup>*</sup>	8.78 <sup>*</sup>	
b-value	0	23.27 <sup>d</sup>	25.33 <sup>d</sup>	20.48 <sup>c</sup>	3.39 <sup>NS</sup>
	4	<sup>A</sup> 44.48 <sup>c</sup>	<sup>A</sup> 42.87 <sup>c</sup>	<sup>B</sup> 35.64 <sup>d</sup>	12.33 <sup>*</sup>
	8	<sup>A</sup> 50.14 <sup>bc</sup>	<sup>A</sup> 49.52 <sup>bc</sup>	<sup>B</sup> 42.31 <sup>c</sup>	7.91 <sup>*</sup>
	12	54.61 <sup>b</sup>	56.08 <sup>ab</sup>	50.92 <sup>b</sup>	3.01 <sup>NS</sup>
	16	<sup>A</sup> 62.75 <sup>a</sup>	<sup>AB</sup> 59.19 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 55.89 <sup>a</sup>	10.87 <sup>*</sup>
F-value		33.07 <sup>**</sup>	8.41 <sup>*</sup>	39.44 <sup>**</sup>	

L; degree of lightness (white+100↔0 black), a: degree of redness (red +100↔ -80 green), b: degree of yellowness (yellow +70↔ -80 blue)

\*means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

\*\*means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.01$  as determined by Duncan's multiple range test.

NS: non-significant

5. 가열유지의 색도 측정결과

<Table 5>는 고온에서 가열된 유지의 색을 색도계를 이용하여 측정된 결과이다.

시료 유지는 모두 0시간대에 비해 다른 시간대의 시료군에서 L값이 낮게 나타났다. 가열 시간이 길어짐에 따라 더욱 이러한 경향을 보였는데( $p < 0.01$ ) 8시간 이상부터는 경화대두유의 L값이 다른 대두유에 비해 높게 나타났다( $p < 0.01$ ). 이것은 모든 시료군이 가열과정에서 색이 어두워졌지만 경화대두유의 경우 그런 경향이 덜함을 알 수 있다.

a값은 모두 0시간 시료군에 비해 가열 시간이 길어짐에 따라 높아지는 경향을 보였으며( $p < 0.05$ ) 수치적으로는 정제대두유, 일반대두유, 경화대두유로 갈수록 둔화되었으나 통계적인 유의차는 없었다.

b값 역시 모두 가열처리에 따라 높아지는 경향을 보였으며( $p < 0.05$  또는  $p < 0.01$ ) 전반적으로 경화대두유보다는 정제대두유와 일반대두유의 b값이 높았다( $p < 0.05$ ).

종합적으로 보아 가열시간이 길어질수록 어두워지고 a값과 b값이 높아졌는데 a값을 제외하면 이러한 현상은 경화대

<Table 6> Sensory evaluation of Various Soybean Oil during Heating at High Temperature (235-240°C)

Oil	Deep frying time (hr)	Pure soybean oil	Regular soybean oil	Hydrated soybean oil	F-value
Color	0	4.05 <sup>c</sup>	4.35 <sup>c</sup>	4.15 <sup>d</sup>	1.17 <sup>NS</sup>
	4	<sup>A</sup> 5.55 <sup>b</sup>	<sup>A</sup> 5.35 <sup>b</sup>	<sup>B</sup> 4.95 <sup>c</sup>	4.02*
	8	<sup>A</sup> 6.70 <sup>a</sup>	<sup>A</sup> 6.70 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 5.75 <sup>b</sup>	5.69*
	12	6.55 <sup>a</sup>	6.75 <sup>a</sup>	6.35 <sup>a</sup>	2.41 <sup>NS</sup>
	16	6.75 <sup>a</sup>	6.65 <sup>a</sup>	6.45 <sup>a</sup>	2.19 <sup>NS</sup>
F-value		4.11*	4.81*	9.81**	
Rancidity	0	3.15 <sup>c</sup>	3.05 <sup>c</sup>	3.10 <sup>c</sup>	1.09 <sup>NS</sup>
	4	4.65 <sup>b</sup>	4.75 <sup>b</sup>	4.35 <sup>b</sup>	2.17 <sup>NS</sup>
	8	<sup>A</sup> 5.45 <sup>ab</sup>	<sup>A</sup> 5.05 <sup>b</sup>	<sup>B</sup> 4.65 <sup>b</sup>	6.14*
	12	6.05 <sup>a</sup>	5.95 <sup>a</sup>	5.65 <sup>a</sup>	2.52 <sup>NS</sup>
	16	<sup>AB</sup> 5.85 <sup>a</sup>	<sup>A</sup> 6.05 <sup>a</sup>	<sup>B</sup> 5.50 <sup>a</sup>	4.99*
F-value		5.45*	5.88*	4.72*	
Viscosity	0	<sup>A</sup> 4.55 <sup>c</sup>	<sup>A</sup> 4.60 <sup>c</sup>	<sup>B</sup> 3.95 <sup>b</sup>	4.35*
	4	5.45 <sup>ab</sup>	5.25 <sup>bc</sup>	5.35 <sup>a</sup>	1.77 <sup>NS</sup>
	8	<sup>B</sup> 5.05 <sup>bc</sup>	<sup>A</sup> 5.90 <sup>a</sup>	<sup>A</sup> 5.65 <sup>a</sup>	4.61*
	12	6.10 <sup>a</sup>	5.95 <sup>a</sup>	5.90 <sup>a</sup>	1.94 <sup>NS</sup>
	16	5.75 <sup>a</sup>	5.70 <sup>ab</sup>	5.55 <sup>a</sup>	2.01 <sup>NS</sup>
F-value		3.59*	4.46*	3.04*	
Overall quality	0	5.45 <sup>a</sup>	5.50 <sup>a</sup>	5.40 <sup>a</sup>	2.28 <sup>NS</sup>
	4	<sup>AB</sup> 4.45 <sup>b</sup>	<sup>B</sup> 4.25 <sup>b</sup>	<sup>A</sup> 4.85 <sup>ab</sup>	4.03*
	8	4.30 <sup>b</sup>	4.35 <sup>b</sup>	4.45 <sup>bc</sup>	1.39 <sup>NS</sup>
	12	<sup>B</sup> 3.05 <sup>c</sup>	<sup>B</sup> 2.95 <sup>c</sup>	<sup>A</sup> 4.05 <sup>c</sup>	6.48*
	16	2.85 <sup>c</sup>	3.15 <sup>c</sup>	2.95 <sup>d</sup>	2.74 <sup>NS</sup>
F-value		4.85*	6.01*	7.19**	

\*means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.  
 \*\*means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.01$  as determined by Duncan's multiple range test.  
 NS: non-significant

두유에 비해 일반대두유와 정제대두유에서 더 강하게 나타나 색이 진하였다.

6. 가열유지의 관능특성 조사결과

각 시료 유지에 대한 관능특성을 조사한 결과는 <Table 6>과 같았다.

가열시간이 길어질수록 모든 시료군이 색을 강하게 인식하는 것으로 평가되었다( $p < 0.05$  또는  $p < 0.01$ ). 대두경화유는 4시간대와 8시간대의 경우 다른 시료군에 비해 비교적 색을 약하게 인식하는 것으로 나타났고( $p < 0.05$ ) 12시간 이상부터는 경화대두유의 평가수치 자체는 낮았으나 통계적인 유의차는 보이지 않았다.

대체로 모든 시료군에서 가열시간이 길어짐에 따라 산패취를 좀더 인식하는 것으로 나타났는데( $p < 0.05$ ) 경화대두유의 경우 8시간대와 16시간대에서 다른 시료군에 비해 비교적 약하게 인식하는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ).

가열 초기와 8시간대에서는 점조한 정도의 차이를 다소 인식하는 것으로 나타났으나( $p < 0.05$ ) 가열 초기에는 경화대두유가, 8시간대에서는 정제대두유가 유의적으로 낮게 평가되어 어떤 경향성을 보이지는 않았고 또한 12시간 이후부터는 통계적인 유의차를 보이지 않았다.

전체적인 기호도는 모든 대두유가 0시간대에서 약간 좋다는 평가를 받았으며 정제대두유와 일반대두유의 경우는 8시간대까지, 경화대두유는 12시간대까지 중등 정도의 평가를 받았으나 그 이상부터는 모두 유의하게 좋지 않은 것으로 평가되었다( $p < 0.05$  또는  $p < 0.01$ ). 4시간대와 12시간대 경화대두유가 다른 대두유보다 좀더 선호되는 것으로 평가되었으나( $p < 0.05$ ) 다른 시간대에서는 차이를 보이지 않았다.

모든 시료군이 가열시간이 길어질수록 색, 산패취 등을 강

<Table 7> Pearson's correlation coefficients between chemical and sensory and mechanical characteristics of Various Soybean Oil during Heating at High Temperature (235-240°C)

Characteristics	Chemical			Mechanical			Sensory			Overall quality
	Acid value	Peroxide value	Carbonyl value	L	a	b	Color	Rancidity	Viscosity	
Chemical										
Acid value	1.000									
Peroxide value	0.933*	1.000								
Carbonyl value	0.757*	0.779*	1.000							
Mechanical										
L	-0.958*	-0.815*	-0.736*	1.000						
a	0.711*	0.478	0.617*	-0.834*	1.000					
b	0.629*	0.572*	0.481	-0.613*	0.696*	1.000				
Sensory										
Color	0.566*	0.679*	0.494	-0.517*	0.399	0.404	1.000			
Rancidity	0.688*	0.475	0.462	-0.549*	0.442	0.518*	0.694*	1.000		
Viscosity	0.179	0.351	0.208	-0.133	0.198	0.211	0.457	0.436	1.000	
Overall quality	-0.421	0.513*	0.388	0.554*	-0.333	-0.429	-0.529*	-0.490	-0.237	1.000

\*means with different letters within a column are significantly different from each other at  $\alpha=0.05$  as determined by Duncan's multiple range test.

하게 인식하게 하는 것으로 평가했으며 전체적인 기호도에서 경화대두유가 다른 대두유보다 다소 좋은 평가를 받았으나 정제대두유, 일반대두유, 경화대두유 간의 전반적인 차이는 크게 나타나지 않았다.

#### 7. 산패 측정과 색도 측정 및 관능평가 결과 간의 상관관계 분석 각 측정결과의 상관관계를 <Table 7>로 제시하였다.

산가와 과산화물가, 카보닐가는 서로 정(正)의 상관관계를 보였다( $p < 0.05$ ).

색도측정에서 L값과 a값, b값은 각각 부(負)의 상관관계를 나타냈고 a값과 b값은 서로 정의 상관관계를 보여줬다( $p < 0.05$ ).

관능평가 측정에서 색은 산패취와 정의 상관관계를, 전체적인 기호도와는 부의 상관관계를 보였다( $p < 0.05$ ).

색도측정의 L값은 산가, 과산화물가, 카보닐가와 모두 부의 상관관계가 있었으며 a값은 산가와 카보닐가와, b값은 산가와 과산화물가가 각각 정의 상관관계를 보여 산패에 따라 대두유 색도가 진해짐을 알 수 있었다( $p < 0.05$ ). 또한 L값은 관능평가의 색 및 산패취 측정결과와 부의 상관관계가, 전체적인 기호도와 정의 상관관계가 있었고 b값은 산패취와 정의 상관관계가 있었다( $p < 0.05$ ).

산패측정의 산가는 관능평가의 색과 산패취와 정의 상관관계를, 과산화물가는 색과 전체적인 기호도와 정의 상관관계를 보였다.

이상의 결과를 종합적으로 살펴보면 산패측정 결과와 색도측정 결과는 대체로 서로 유의적인 상관관계가 있었다( $p < 0.05$ ). 관능평가 결과와의 관계를 보면 산패측정 결과는 관능평가의 색과, 색도측정의 결과는 산패취와 상관관계가 있었다( $p < 0.05$ ).

## IV. 요약 및 결론

정제대두유, 일반대두유, 경화대두유를 각각 가열하여 240°C가 되었을 때를 시작으로 하여 총 16시간을 가열하였으며 235-240°C의 온도를 유지한 상태로 시료용 유지는 0, 4, 8, 12, 16시간마다 가열유지에서 50 mL씩 떨어진 다음 가열유지의 산패도, 색도, 관능특성, 경화대두유의 트랜스지방산을 측정된 결과는 다음과 같았다.

1. 산가, 과산화물가, 카보닐가 측정 결과 정제대두유와 일반대두유에 비해 경화대두유의 산화안정성이 우수한 것으로 나타났고( $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ ,  $p < 0.001$ ) 트랜스지방산인 엘라이딘산의 함유량은 36.5%이었다.

2. 가열시간이 길어질수록 어두워지고 a값과 b값이 높아졌는데 a값을 제외하면 그런 현상은 경화대두유에 비해 일반대두유와 정제대두유에서 더 강해지는 것으로 드러났다( $p < 0.05$ ).

3. 모든 시료군이 가열시간이 길어질수록 색, 산패취 등

을 강하게 인식하는 것으로 평가되었으며( $p < 0.05$ ) 전체적인 기호도에서 경화대두유가 부분적으로 좋은 평가를 받았으나 정제, 일반, 경화대두유 간의 전반적인 차이는 그다지 크지 않았다.

4. 산패측정 결과는 관능평가의 색과, 색도측정의 결과는 산패취와 상관관계를 나타내어 산패정도와 색도는 서로 유의적인 상관관계가 있었다( $p < 0.05$ ).

이상의 결과에서 경화대두유는 정제대두유와 시판하는 일반대두유보다 고온가열에서의 산화안정성이 우수한 것으로 나타나, 트랜스지방산의 함유량을 저감화할 경우 쌀엿강용 팽화쌀 제조시와 같이 특히 고온에서의 유통처리에 활용도가 클 것으로 기대된다. 또한 가열시간과 유지의 반복사용에 따른 각 대두유의 트랜스지방산 함유량의 변화에 대한 연구가 향후 필요할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

이 논문은 2006학년도 동덕여자 대학교 연구년 제도 지원 및 롯데 삼강(주)의 시료 지원에 의하여 수행되었습니다.

### ■참고문헌

- AOCS. 1990. official method Cd 3a-63. 393-394  
 AOCS. 1990. official method Cd 8-53. 413-414  
 Cha BC, Lee SB, Rhin TJ, Lee KH. 2000. Constituents of antioxidative activity and free radical scavenging effect from galla rhois. Korea J. Pharmacogn, 31(2):185-189  
 Cho HS, Ahn MS. 1999. Antioxidative effectiveness of phenolic acids in defatted sesame flour on the soybean oil. Korean J. Dietry Culture, 14(1):40-43  
 Choe SY, Yang KM. 1982. Toxicological studies of antioxidants, butylated hydroxytoluene and butylated hydroxyanisole. Korean J. Food Sci. Technol, 14(3):283-288  
 Chung HK, Choe CS, Lee JH, Chang MJ, Kang MH. 2003. Oxidative stability of the pine needle extracted oils and sensory evaluation of savored laver made by extracted oils. Korean J. Food Culture, 18(2):89-95  
 Coe NS, Kim HS, Lee KA, Kim MJ. 2006. Sensory evaluation. Kyomoonsa. Seoul. pp56-64  
 Daiczak JD. 1986. Antioxidants. Food Technology, 40(0):94-102  
 Farag RS, Badei AZMA, El-Baroty GSA. 1989. Influence of thyme and clove essential oils in cotton seed oil oxidation. J. Am. Oil Chem Soc, 66(6):800-804  
 Farag RS, Ali MN, Taha SH. 1990. Use of some essential oils as natural preservatives for butter. J. Am. Oil Chem Soc, 67(3):188-191  
 Ha JH, Seo DW. 2006. Trans fat in foods. Food Science and Industry, 39(2):18-23  
 Hahn TS, King DL, Min DB. 1993. Food antioxidants. Food and Biotechnol, 2(1):1-18

- Kim CS, Yun MH. 1999. Effect of microwave preheating and hydrogenated frying fats on the storage stability of *Yackwa*. Korean J. Soc. Food Sci, 15(3):264-271
- Kim MA. 2006. The effect of hydrated soybean oil on quality of popped rice for preparing salyeotgangjung. Korean J. Food Culture, 21(6):679-684
- Kim SM, Cho YS. 1998. Effect of pine needle extract reacted with active oxygen species on free radical reaction. J. Life Resources & Industry, 3:35-40
- Kim SW. 2002. Effects of lipids and alcoholic beverages on yackwa quality and preservation. Doctors degree thesis. Dongduk Women's University. pp56-60
- Korea Food & Drug Administration. 2000. Food Code. pp308-311
- Kwon HS, Yum CA. 1993. The physicochemical properties and taste variation of hydrogenated soybean oil in deep-frying potatoes. Korean J. Soc. Food Sci, 9(4):293-297
- Larson RA. 1988. The antioxidants of higher plants. Phytochemistry, 27(4):969-978
- Lee HH, Rhim JH, Kang SK. 1999. Characteristics of antioxidative and antimicrobial activities of various cultivars of sweet potato. Korean J. Food Sci. Technol, 31(4):1090-1095
- Lee MJ, Chang PS, Lee JH. 2007. Comparison of oxidative stability for the thermally-oxidized vegetable oils using a DPPH method. Korean J. Food Sci. Technol, 39(2):133-137
- Lee SR, Shin HS. 2006. Food chemistry. Shingwang press. Seoul. pp 109-111
- Lee JY, Lee HG, Song ES. 2000. Effects of reusing times on the oxidative stability of frying fat for frozen battered pork. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr, 29(2):231-234
- Liu CH, Xiao PG. 1992. Recent advances on gingseng research in China. J. Ethnopharmacol, 36(1):27-31
- Oh SH, Choi KH. 1995. Food hygiene and rule. Moonwoondang. Seoul. p482
- Oh SH, Kim YW, Kim MA. 2004. The antioxidant activities of acetone extracts of chestnut inner shell, pine needle and hop. Korean J. Food Culture, 19(4):399-406
- Park JH, Kang KC, Baek SB, Lee YH, Rhee KS. 1991. Separation of antioxidant compounds from edible marine algae. Korean J. Food Sci. Technol, 23(3):256-261
- Shin MK. 1994. The science of green tea. Korean J. Dietary Culture, 9(4):433-445
- Sung NK. 1991. SAS/STAT. Jayou academy. Seoul. p201
- Woo NRY, Kim TS, Park CG, Seong HJ, Ko SB, Kang MH. 2005. Antioxidative and antimicrobial activities of extracts from different parts of *crotalaria sessiflora* L. J Korean Soc Food Sci Nutr, 34(7):948-953
- Yun SK, Oh HI, Lee HJ, Mun TH, No BS. 2002. Food chemistry. Soohaksa. Seoul. pp190-191

---

(2007년 6월 18일 접수, 2008년 2월 4일 채택)