

## 대두유의 가열산화중의 특성변화

제 1 보 : 가열산화중의 대두유의 일부 화학적, 물리적 성질의 변화

신 애자 · 김 동훈  
고려대학교 농과대학 식품공학과  
(1980년 7월 16일 수리)

## Studies on Thermal Oxidation of Soybean Oil

### I. Changes in Some Chemical and Physical Properties of a Soybean Oil during Thermal Oxidation

Ae-Ja Shin and Dong-Hoon Kim

*Department of Food Technology, College of Agriculture, Korea University*

(Received July 16, 1982)

#### Abstract

In the present study, changes of some chemical and physical properties of a soybean oil, aerated at 120 ml/min through a porous gas distributor and oxidized at 45°~180°C, was investigated. The results of the study were as follows:

The peroxide, thiobarbituric acid, and iodine value of the soybean oil which was aerated at 120 ml/min increased rapidly as oxidation temperature exceeded over 80°C. The acid value of the oil increased very rapidly as the oxidation temperature passed over 160°C.

The content of the unsaturated fatty acid of the oil decreased considerably as the oxidation temperature exceeded over 80°C, whereas that of the saturated fatty acid did not change appreciably. This related well to the changes of the iodine value of the oil subjected to the same experimental conditions.

The viscosity and refractive index of the oil increased rapidly as the oxidation temperature passed over 180°C. The following linear relationship hold for the viscosity and refractive index of the oil in the present study.

$$V = A \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)$$

where  $V$ =viscosity(poise),  $A$ =constant,  $E$ =activation energy for viscous flow,

$R$ =gas constant,  $T$ =oxidation temperature(°K).

The following relationship also hold for the viscosity and refractive index( $n^{20}_D$ ) of the oil at the present experimental conditions.

$$n^{20}_D = 1.4614 + 7.333 \times 10^{-5}t + 2.9612 \times 10^{-3} \ln V$$

where  $t$ =temperature(°C) at which the viscosity was measured.

서 론

식용유지는 필수지방산과 각종 유용성 비타민류의 공급원으로써 그리고 효율 높은 열량공급원으로써 매우 중요하다. 식용유지는 또한 튀김식품제조에 식품에 바람직한 향미를 부여하는 동시에 물보다 훨씬 높은 온도를 가져다주는 열전달 매체로써도 작용한다.

이와같은 튀김식품들은 대체로 140~200°C 내외로 가열된 유지에서 조리되고(1) 또 이 유지를 흡수함으로 사용된 기름의 가열산화에 의한 물리적 화학적 성질의 변화(2)는 매우 중요하게 된다.

또한 유지의 가열산화중에는 가속된 자동산화에 의해서 과산화물이 급격히 형성된다(3). 이 과산화물은 계속 산화되어 가열산화된 유지의 향미나 기타의 품질에 나쁜 영향을 주는 휘발성 물질(4)과 중합체(5~8)를 형성한다. 또한 가열산화된 유지에서는 영양가의 감소(6,9)와 심한 경우에는 독성물질의 형성(7,9)을 가져온다.

따라서 튀김용 유지의 수명은 그 유지의 불포화도의 예도 가열산화조건, 공기와의 접촉상태, 기름의 보충 또는 대체 속도 등의 여러 조건들(10,10)에 의해서 좌우된다.

튀김용 유지의 품질관리를 위해서는 유리지방산값, 과산화물값, 요오드값, TBA값, 카아보닐값 측정등의 여러 방법들(11~15)이 있다.

한편, 식용유지의 물리적성질도 유지산패의 척도로써 그 사용이 시도되어 왔다(15).

예로써 Arya등(16)은 꿀절물의 변화로써 Fritch들(17)은 튀김에 사용되는 각종 쇼오트링의 유전상수(dielectric constant)의 변화로써 산패를 측정하고자 하였다. Buzas들(18)은 평지씨기름과 해바라기기름의 가열산화시의 시차열분석(differential thermal analysis)의 결과로써 Nieschlag들(19)은 crambe 기름의 가열에 따른 밀도변화, 즉 열무게측정법(thermogravimetric method)등의 경험적(empirical)인 방법으로 산패를 측정하고자 시도하여 왔으나 아직 확립된 방법은 없다 한편, Sims(5)는 산화중합된 식용유지의 꿀절물, 요오드값과 점도사이에 밀접한 관계가 있음을 보고하고 있으며, Thompson들(20)은 21종류의 튀김기름의 꿀절물과 다른 화학적 물리적성질사이의 상관관계에 대해서 간단히 보고한바 있다.

그러나 관능검사법 이외에는 어느 물리적이나 화학적 방법도 사용된 식용유지의 실제의 품질저하의 하한선을 명확히 표시하지 못하고 있다. 따라서 어떤 산패측정방법과 실제 튀김, 즉 가열산화조건에서의 다른 표준적인 산패측정방법사이의 관계가 규명, 수립되어야 하(21)

함께 사용됨이 바람직하다.

본 연구에서는 튀김에 사용되는 유지에서 볼 수 있는 바와 같은 가열산화시에 일어나는 유지의 화학적 물리적특성의 변화에 대한 단계적인 연구의 일환으로 식용유지 내부에 공기가 분산된 상태를 유지한 체제에서 여러 가열산화조건에 따른 해당유지의 일부 화학적, 물리적 특성변화를 고찰하고자 하였다. 이같은 연구는 튀김과정에서 식용유지의 산화상태를 규명하는데 도움이 될 것으로 생각한다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용한 식용유는 시판대두유(동양유량주식회사 제품)으로써 실험 직전의 이 유지의 과산화물값, 산값, 및 요오드값은 각각 4.3 (meq/kg), 0.11 및 130였다. 한편, 이 대두유의 지방산조성은 Table 1과 같았다.

실험장치

전술한 대두유를 각각 300 ml씩 취하여 삼각플라스크에 담고 항온장치에서 Fig. 1과 같은 장치를 통하여 대두유에 공기를 분산 주입하였다. 시료의 온도는 보조 열원과 온도조절기(Haake Model E52)를 사용하여 실험에 사용된 45, 55, 65, 120와 180°C 등의 각 온도폭 일정하게 유지하였다. 또한 Fig. 1에서 보는 바와 같이 압축공기를 먼저 세척 및 탈수과정을 통과시킨후, 식용유 시료속에 주입하였다. 또한 Hung들(22)의 공기주입하에서의 유지산패의 연구조건을 참작하여 그 주입속도가 유량계(流量計)로 120 ml/min가 되도록 조절했

Table 1. Effect of thermal oxidation temperature on the percent fatty acid composition of the soybean oil aerated at a flow-rate of 120 ml/min

Fatty acid	Temp.(°C)			
	Original oil	65	120	180
Palmitic acid	9.3	9.1	8.9	8.3
Stearic acid	3.6	3.5	3.1	2.9
Saturated fatty acid	12.9	12.6	12.0	11.2
Oleic acid	23.5	23.4	22.5	20.9
Linoleic acid	54.6	54.3	50.3	44.9
Linolenic acid	8.1	8.0	7.2	6.0
Unsaturated fatty acid	86.2	85.7	80.0	71.8
Total Sum	99.1	98.3	92.0	83.0

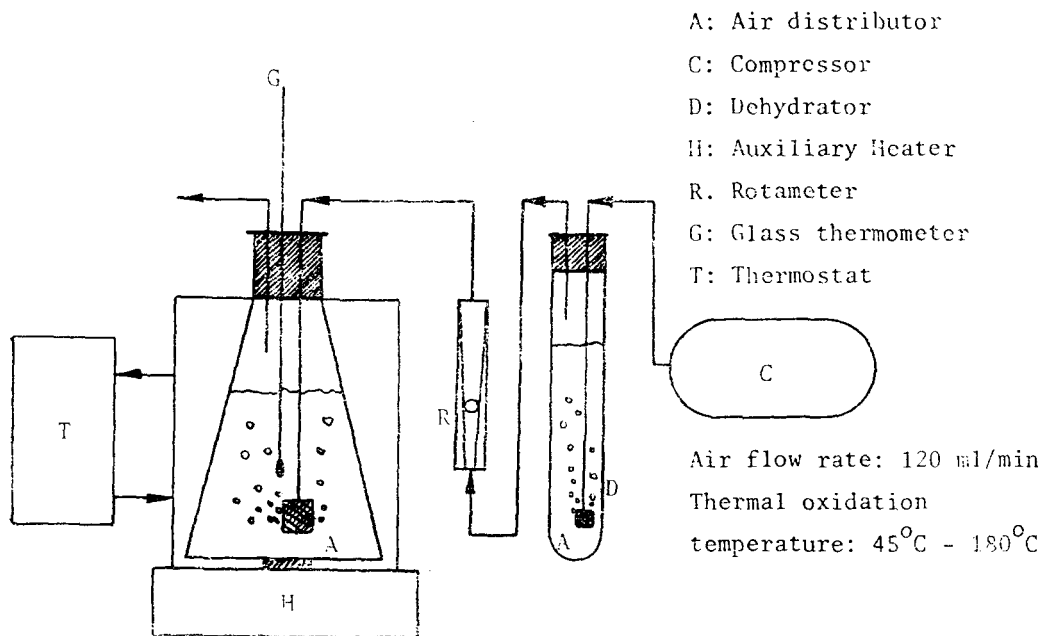


Fig. 1. Schematic diagram of thermal oxidation system

었다. 이때 시료 내부에서의 공기분산화율을 일정하게 하기 위해서 다공성 가스 분산판을 사용하여 공기를 주입했다.

화학적, 물리적 특성의 측정

45~180°C로 유지된 유지/공기 분산계에서의 지방산의 조성변화는 AOAC 공정법인 가스 크로마토그래피를 사용한 분석법<sup>(23)</sup>에 의해서 측정하였다. 또한 이들 가열산화된 시료의 과산화물값과 요오드값은 각각 AOCS 공정법<sup>(24)</sup>과 AOAC-Wijs법<sup>(25)</sup>으로 측정하였다. TBA값은 Sidwell들의 방법<sup>(26)</sup>으로, 산값은 Unilever 연구소의 방법<sup>(27)</sup>으로 측정하였다.

점도는 쿠프레트형 점도계(Couette-type viscosimeter)를 사용하여, 45, 55 및 65°C의 항온에서 측정하였다. 한편, 이 시료들의 굴절율은 20°C에서 측정하였다.

결과 및 고찰

가열산화된 대두유의 지방산조성

가열산화시간 및 공기주입속도가 5시간과 120 ml/min의 조건하에서 가열산화온도를 각각 65, 120와 180°C로 변화시켰을 때의 포화지방산(팔미트산, 스테아르산)과 불포화지방산(올레산, 레놀레산, 리놀렌산)의 조성변화는 Table 1과 같았다.

즉, 시료 대두유의 불포화지방산함량은 120 ml/min의 공기주입속도와 180°C의 가열산화온도아래서는 5시간의 가열에 의해서 그 함량이 86.4%에서 71.8%로

감소하였으나, 포화지방산의 함량은 12.9%에서 11.2%로 그 변화는 매우 적었다. Table 1에서 볼 수 있듯이 이 대두유 시료의 불포화지방산함량은 가열산화온도 65°C에서는 가열산화실시전의 함량과 거의 변화 없는 반면에, 120와 180°C의 산화온도에서는 급격하게 감소하였었다.

이와같은 사실은 자동산화가 진행됨에 따라 불포화도가 감소한다는 실험적 사실<sup>(28)</sup>외에 가열산화에 있어서는 120°C와 같은 고온에서는 공기중의 분자상의 산소가 이중결합에 직접 반응하는 경향이 커진다는 사실<sup>(29)</sup>을 간접적으로 뒷받침하여 주는듯 하였다.

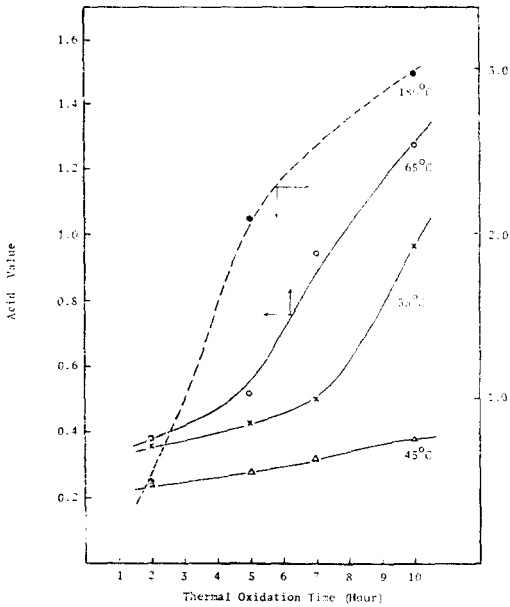
가열산화중의 화학적 변화

가. 산값

식용유의 산값상승에 영향주는 요인들로는 유지의 수분함량, 금속류의 존재유무, 광선의 조사유무, 그리고 특히 공기, 즉 산소와의 접촉상태와 가열온도등<sup>(1)</sup>이 있다. 산값측정의 의의는 유지가 산패 또는 가열분해중에 식용유지의 향미에 직접 영향을 미치며, 자동산화의 촉진, 발연점 저하등의 부수적인 품질저하를 일으키는 유리지방산의 함량의 증가를 추적하는데있다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 45°C의 가열산화온도에서는 10시간의 가열기간을 통해서 산값의 증가는 극히 완만했으나, 55와 65°C에서는 가열시간이 5시간을 경과한 후부터 급속도로 증가했었다.

한편, 180°C에서는 가열산화초기부터 급격하게 증가했으며, 가열시간 5시간 후부터는 그 증가속도는 오히



**Fig. 2. Effect of thermal oxidation temperature on the acid value of the soybean oil aerated at a flow-rate of 120 ml/min**

려 약간 감소했었다. 이와같은 결과는 공기주입없이 가열산화시킬 때의 산값의 변화에 관한 장들(30)의 실험결과 보다는 훨씬 높은 산값의 증가추세를 보였다. 즉, 공기와의 접촉이 유리지방산형성에 매우 커다란 영향을 주는 듯하다.

나. 과산화물값

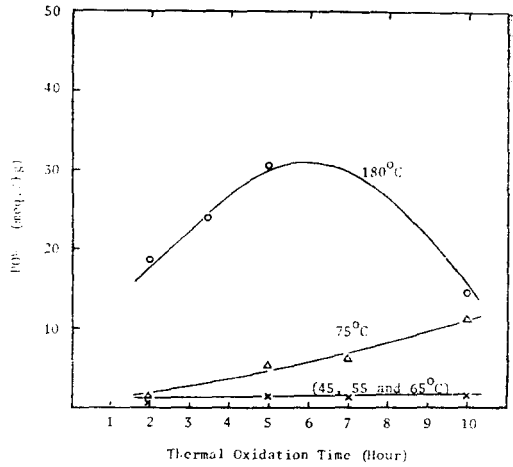
120 ml/min의 공기주입속도하에서 45~180°C의 가열산화온도를 취할때, 가열시간에 따른 과산화물값의 변화는 Fig. 3과 같았다.

Fig. 3에서 보는 바와 같이 45, 55와 65°C의 가열산화온도에서는 가열시간 10시간후의 과산화물값에는 큰 변화가 없었다.

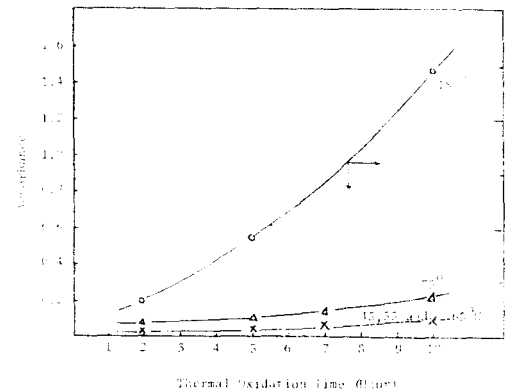
가열산화온도가 75°C의 경우에는 가열시간에 따라 그 과산화물값은 비교적 완만하게 증가했었다. 한편, 180°C에서는 가열시간 6시간만에 과산화물값 30의 최대치를 보인후 다시 급격하게 감소하여 10시간 후에는 14정도 였었다. 가열산화온도가 높아질수록 유도기간은 급속도로 단축되며, 한편 급속한 과산화물의 붕괴에 의해서 낮은 과산화물값의 최대치를 갖는 사실들은 Sims(6)에 의해서 이미 언급된바 있다.

다. TBA값

공기주입속도 120 ml/min 및 45, 55, 65, 75와 180°C의 가열산화온도에서의 가열시간에 따른 TBA값의 변화는 Fig. 4와 같았다. Fig. 4에서 볼 수 있듯이 가열산



**Fig. 3. Effect of thermal oxidation temperature on the peroxide value of the soybean oil aerated at a flow-rate of 120 ml/min**



**Fig. 4. Effect of thermal oxidation temperature on the thiobarbituric acid value of the soybean oil aerated at a flow-rate of 120 ml/min**

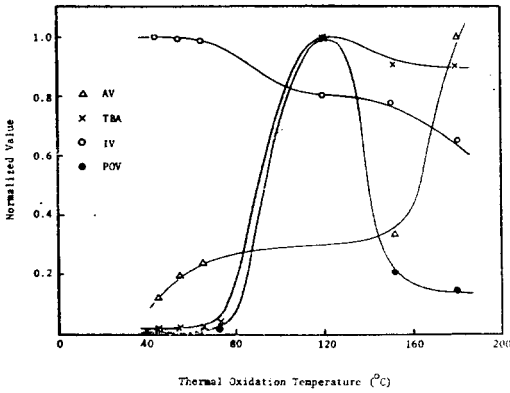
화온도 45~65°C에서는 10시간의 가열시간중의 TBA값의 변화는 매우 적었으며, 75°C의 경우 가열시간의 경과에 따라 증가 했으나 그 증가폭은 크지 않았다.

한편, 180°C의 가열산화온도에서는 TBA값은 급격히 증가하였으며, 이 사실은 가열산화온도가 높을수록 불포화지방산함량이 급속하게 감소되는 사실에 비추어 볼 때 예상할 수 있는 실험결과였었다.

라. 산값, 과산화물값, TBA값과 요오드값.

공기주입속도와 가열산화속도를 각각 120 ml/min 와 5시간으로 고정시키고, 가산화온도를 40에서 180°C로 변화시킬 때, 해당되는 산값, 과산화물값, TBA값과 요오드값의 변화는 Fig. 5와 같았다.

여기서 보는 바와 같이 과산화물값과 TBA값은 다



**Fig. 5. Effect of thermal oxidation temperature on the various chemical values of the soybean oil aerated at a flow-rate of 120 ml/min and heated for five hours**

같이 80°C 이상의 가열산화온도에서 그 형성속도가 급격하게 증가했다가 가열산화온도 120°C에서 모두 최대 형성속도를 보였다. 그 이상의 온도에서는 과산화물값의 형성속도는 급격하게 감소된 반면에, TBA값의 형성속도는 약간 감소하였을 뿐 최대형성속도와 비슷한 수준을 유지했다.

이상의 사실은 과산화물값의 경우 그 형성속도가 80°C 이상에서 급증하나, 120°C 이상의 가열산화온도에서는 가열시간 5시간 이후에는 과산화물의 분해속도가 급속히 커졌음을 말해준다. 한편, TBA값의 경우 80°C 이상에서 카아브닐 화합물의 형성속도가 계속 급증했으나, 120°C 이상에서도 계속 높은 형성속도를 유지하였음을 의미하는 듯하다.

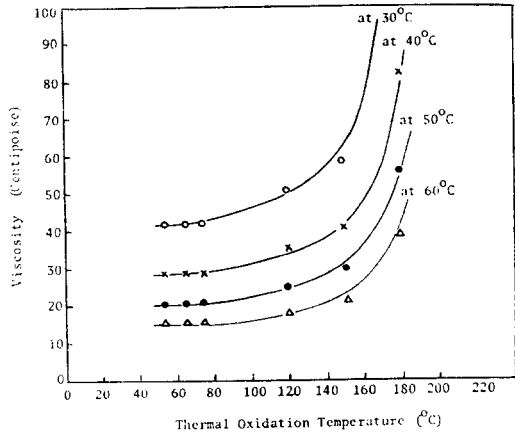
**가열산화중의 물리적변화**

**가. 점도**

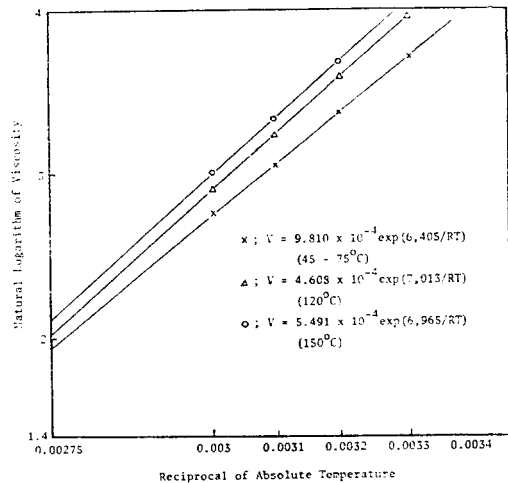
가열시간을 5시간으로 고정시키고, 가열산화온도를 45에서 180°C까지 변화시켰을 때의 대두유 시료의 30~60°C의 측정온도에서의 점도변화는 Fig. 6과 같았다.

Fig. 6에서 보는 바와 같이 가열화온도가 45~80°C의 범위내에서는 점도가 크게 않았으나, 120°C 이상의 온도에서는 급속도로 증가했다. 특히 점도의 증가는 가열산화온도 180°C 이상에서는 매우 컸다. 한편 이와같은 경향은 측정온도(30, 40, 50 및 60°C)에 관계없이 거의 비슷하였으나, 낮은 온도에서 측정할때 그 경향이 더 크게 나타났었다.

이와같은 고온(180°C)에서의 급격한 점도의 증가는 이중결합의 공액화, 시스형의 트랜스형으로의 이성화, 그리고 무엇보다도 고온에서의 급격한 가열중합반응에 의한 중합체의 형성<sup>(5-8)</sup> 등에 기인하는 것으로 생각된다.



**Fig. 6. Effect of thermal oxidation temperature on the viscosity of the soybean oil (oxidation time=5hrs; aeration at a flow-rate of 120 ml/min)**

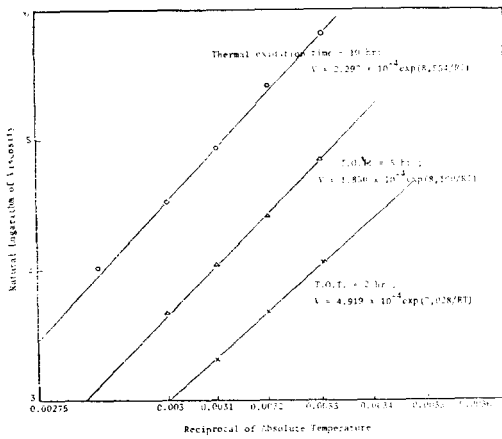


**Fig. 7. Temperature dependence of viscosity of the soybean oil at various thermal oxidation temperatures (thermal oxidation time=5hr; flow-rate =120ml/min)**

나. 점도와 가열산화온도의 관계

Fig. 7은 가열산화시간과 공기주입속도를 각각 5시간과 120 ml/min 로 고정시켜 가열산화온도를 45에서 150°C까지 변화시킬 때, 해당하는 절대온도의 역수치와 점도(centipoise)의 자연대수치 사이의 관계를 표시한 것이다.

한편, Fig. 8은 가열산화온도와 공기주입속도를 각각 180°C와 120 ml/min 로 고정시키고 가열산화시간을 2시간에서 10시간까지 변화시켰을때의 가열산화온도에



**Fig. 8. Temperature dependence of viscosity of the soybean oil at various thermal oxidation times (thermal oxidation temperature=180°C; flow-rate=120 ml/min)**

**Table 2. Activation energies of the viscous flow of the soybean oil at various thermal oxidation temperatures and times (flow-rate=120ml/min)**

Thermal oxidation time (hr)	Oxidation temp (°C)	Activation energy (cal/g·mol)
2~10	45~75	6,405
5	120	7,013
5	150	6,965
2	180	7,028
5	180	8,109
10	180	8,554

해당하는 절대온도의 역수치와 점도의 자연대수치 사이의 관계를 표시한 것이다.

이상의 관계들은 Fig. 7과 8에서 볼 수 있듯이 다같이 직선관계로 표시되었으며, 따라서

$$V = A \exp\left(\frac{E}{RT}\right)$$

의 관계식으로 표시할 수 있었다. 여기서  $V$ 는 점도 (poise)를,  $A$ 는 항수물,  $E$ 는 점성흐름의 활성화에너지를,  $R$ 와  $T$ 는 각각 기체상수와 절대온도로 표시한 가열산화온도이다

이 점성흐름의 활성화에너지는 대두유 시료의 가열산화시의 하나의 특성으로 볼 수 있으며, 또한 가열산화의 진행도에 대한 좋은 척도가 될 것으로 생각된다. 본 연구에서 사용한 대두유 시료에 대한 가열산화온도

와 점성흐름의 활성화에너지 사이의 관계는 Table 2와 같았다.

여기서 점성흐름의 활성화에너지는 120 ml/min의 공기주입속도에서는 가열산화온도가 180°C 이상, 가열시간이 5시간이상이 될 때 다소 커지는 경향이 있었다.

**다. 굴절율, 요오드값과 점도**

식용유지의 굴절율은 그 유지가 가열산화됨에 따라 점차적으로 증가하는 사실이 알려져 있다<sup>(6)</sup>.

Arya등<sup>(16)</sup>은 일부 식용유지의 굴절율을 측정하는 것이 유효기간을 추정하는데 있어서 과산화물값을 측정하는 것보다 더 역민하였다고 보고하고 있다.

한 유지의 굴절율은 그 유지의 요오드값과 매우 밀접한 관계를 갖고 있는 사실은 잘 알려져 있다<sup>(31)</sup>.

한 예로써 Bhat등<sup>(32)</sup>은 우유 유지에 요오드를 첨가하여 그 유지의 굴절율과 요오드값 사이의 관계를 조사하였는데 높은 상관관계 ( $r=0.993$ )를 보였으며 대두유, 평지씨기름, 참기름, 해바라기기름에서도 높은 상관관계를 보여 주었다고 보고하고 있다.

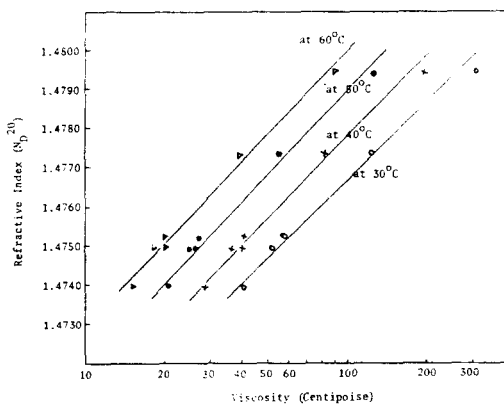
대두유와 아마인유의 경우, 그 요오드값(I)과 25°C에서의 굴절율( $n_D^{25}$ ) 사이에는 다음과 같은 관계식이 잘 적용되는 사실이 알려져 있다<sup>(31)</sup>.

$$n_D^{25} = 1.45765 + 1.164 \times 10^{-4} I$$

한편, Pardun<sup>(33)</sup>은 역시 대두유와 아마인유의 굴절율과 요오드값 사이의 관계를 표시하는 다음과 같은 관계식을 들고 있다.

$$I.V. (Wijs) = 8574.97 \times n_D^{25} - 12513.83$$

여기서 요오드값은 Wijs법으로 측정된 것을 말한다. 이 관계식은 원료 대두의 굴절율을 측정함으로써 제품인 대두유의 요오드값을 추정하는데 유용하다고 한다<sup>(33)</sup>.



**Fig. 9. Relationship between refractive index and viscosity of the thermally oxidized soybean oil**

한편, 공기주입속도 120 ml/min의 조건하에서, 대두유 시료의 30~60°C의 측정온도에서의 굴절율과 해당하는 점도 사이의 관계는 Fig. 9와 같았다.

이와같은 관계는 또한 다음의 직선 방정식으로 표시할 수 있었다.

$$n_D^{20} = 1.4614 + 7.3333 \times 10^{-5}t + 2.9612 \times 10^{-3} \ln V$$

여기서  $n_D^{20}$ 는 20°C에서 측정된 굴절율,  $t$ 는 점도 측정시의 온도(°C),  $\ln V$ 는  $t^\circ\text{C}$ 에서의 점도  $V$ (centipoise)의 자연대수치이다.

따라서 본 연구에 사용한 대두유는 이상의 가열산화 조건하에서는 20°C에서의 굴절율만 측정하면, 주어진 온도에서의 점도를 이상의 관계식을 이용하여 쉽게 추정할 수가 있다.

## 요 약

식용대두유에 공기를 다공성 가스 분산관을 통해서 주입(120 ml/min)하면서 가열산화온도를 30에서 180°C까지 변화시킬때(10시간)의 대두유의 일부 특성변화를 조사하였다. 그 결과는 다음과 같다.

본 실험에 사용된 대두유는 120 ml/min의 공기주입 속도하에서는 그 과산화물값, TBA값과 요오드값은 가열산화온도가 80°C를 넘을때 크게 증가했었다.

대두유의 지방산조성을 볼때 가열산화온도가 80°C가 넘을때 불포화지방산의 함량의 변화는 컸었다. 그 반면에 포화지방산함량의 변화는 거의 없었다. 이와같은 변화는 가열산화중의 대두유의 요오드값의 변화와 잘 일치 했었다. 한편, 산값은 가열산화온도가 160°C를 넘을때 크게 증가했었다.

대두유의 굴절율과 점도는 가열산화온도와 시간이 증가함에 따라 증가했으나, 점도의 경우에는 가열산화온도가 180°C 이상의 경우 크게 증가했었다. 본 실험의 가열산화조건하에서의 시료유지의 점도( $V$ )와 가열산화온도( $T^\circ\text{K}$ ) 사이의 관계는 다음 식으로 표시할 수 있었다.

$$V = A \exp\left(-\frac{E}{RT}\right)$$

여기서  $A$ 는 함수  $E$ 는 점성흐름의 활성화 에너지,  $R$ 은 기체상수이다.

한편, 20°C에서 측정된 가열산화된 대두유의 굴절율( $n_D^{20}$ )과 점도( $V$ ) 사이에는 다음과 같은 관계식이 성립하였었다.

$$n_D^{20} = 1.4614 + 7.3333 \times 10^{-5}t + 2.9612 \times 10^{-3} \ln V$$

여기서  $t$ 는 점도 측정온도(°C),  $\ln V$ 는 점도의 자연대수치이다.

## 문 헌

1. Jacobson, G. A.: *Food Technol.*, **21**, 147(1967)
2. Sims, R. J. and Stahl, H. D.: *Baker's Digest*, **44**, 50(1970)
3. 김동훈: 식품화학 탐구당, 서울, p.440~458 (1975)
4. Ellis, R., Gaddis, A. M., and Currie, G. T.: *J. Food Sci.*, **26**, 131(1961)
5. Sims, R. P. M.: *Oxidative Polymerization, In Autoxidation and Antioxidant* Vol. II, edited by Lundberg, W. O., Interscience Publishers, New York, p.632~636(1962)
6. Perkins, E. G.: *Food Technol.*, **21**, 611(1967)
7. Meltzer, J. B., Frankel, E.N., Bessler, T.R. and Perkins, E. G.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **58**, 779 (1981)
8. Perkins, E. G.: *Food Technol.*, **14**, 508(1960)
9. Matano, K.: *Food Industry(Japan)*, **13**, 45(1970)
10. Robertson, C.: *Food Technol.*, **21**, 34(1967)
11. 신정균: 대한가정학회지, **11**, 12(1973)
12. 노신애: 대한가정학회지, **14**, 79(1976)
13. 김영민·안숙자: 대한가정학회지, **14**, 165(1976)
14. Tsoukalas, B. and Grosch, W.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **64**, 490(1977)
15. Fritsch, C. W.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **58**, 272 (1981)
16. Arya, S. S., Ramanujam, S. and Vijayaraghavan, P. K.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **46**, 28(1969)
17. Fritsch, C. W., Egberg, D. C. and Magnuson, J. S.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **56**, 746(1979)
18. Buzas, I. and Kurucz, E.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **56**, 685(1975)
19. Nieschlag, H. J., Hagemann, J. W. and Rothfus, J. A.: *Anal. Chem.*, **46**, 2215(1974)
20. Thompson, J. A., Paulose, M. M., Reddy, B. R. and Krishnamurthy, R. G.: *Food Technol.*, **21**, 405(1967)
21. Fioriti, J. A., Kanuk, M. J. and Sims, R. J.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **51**, 219(1974)
22. Hung, S. S. O. and Slinger, S. J.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **58**, 785(1981)
23. A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis* 13th ed., Association of Official Analytical, Chemists, Washington, D.C., p.447(1980)

24. A.O.C.S.: *A.O.C.S. Official and Tentative Method*, 2nd ed., Method CD 8~53, Am. Oil Chem. Soc., Chicago (1946)
25. A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis*, 13th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., p.440(1980)
26. Sidwell, C.G., Salwin, H., Benca, M. and Mitchell, J. H. Jr.: *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, **31**, 603 (1954)
27. Schormueller, J. (Editor): *Handbuch der Lebensmittelchemie* Band IV, *Fetteund Lipoide* Springer-Verlag, Berlin, p.552(1969)
28. 김동훈 : 농림논집, 제13집, p.197, 고려대학교, 농과대학(1972)
29. Lundberg, W. O. and Chipault, J. R.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **69**, 833(1947)
30. 장유경 · 이정원 · 김택제 : 한국식품과학회지, **10**, 112(1978)
31. Formo, M. W.: *Physical Properties of Fats and Fatty Acids* In *Bailey's Industrial Oil and Fat Products* 4th ed., Vol.1, ed. by Swern, D., John Wiley and Sons, New York, p.220(1979)
32. Rama Murthy, M. K. and Bhat, G. S.: *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **53**, 577(1976)
33. Pardun, H.: *Analyse der Fette und Fettbegleitstoffe* In *Handbuch der Lebensmittelchemie*, Band IV, *Fette und Lipoide*, ed. by Schornueller, J., Springer-Verlag, Berlin, p.540(1969)