

온도와 압력이 들깨종자의 압착착유에 미치는 영향

민용규·정현상

충북대학교 식품공학과

Effect of Temperature and Pressure on the Oil Expression of Perilla Seed

Young-Kyoo Min and Heon-Sang Jeong

Department of Food Science & Technology, College of Agriculture
Chungbuk National University, Cheonju, Korea

Abstract

In order to elucidate the temperature and pressure effect on the oil expression of perilla seed, recovery of expressed oil (REO) and volumetric strain of both roasted and unroasted perilla seeds were observed at different temperature, pressure and for different periods of press. In this experiment, moisture content of perilla seed was adjusted to 2.5% and temperature used were 30, 40, 50 and 60°C. Pressure applied were 10, 30, 50 and 70 MPa, and periods of press were 5, 7, 9 and 11 min. As temperature and pressure were increased or periods of press was lengthened, REO and volumetric strain of pressed cake were increased. Maximum REO of unroasted perilla seeds were found to be 85.59% and those of roasted perilla seeds be 85.30%, at 70 MPa, 60°C, and for 11 min. Viscosity of expressed oil were exponentially dependent on temperature and REO were increased as viscosity was decreased. From statistical analysis between effects of expression factors and REO and volumetric strain of pressed cake, importance of their effects was decreased in the order of pressure, temperature, temperature×pressure and periods of press. The multiple regression equation between REO(Y) and temperature (T), pressure (P), and periods of press (D) were as follows; $Y = 7.95 + 36.85P + 1.12T^2 - 0.55TP - 5.08P^2$ $r^2 = 0.97$ for unroasted perilla seed ($p < 0.01$). $Y = 4.50T + 39.23P + 0.83T^2 - 1.71P - 5.07P^2$ $r^2 = 0.99$ for roasted perilla seed ($p < 0.01$).

Key words: perilla seed, oil expression, temperature, pressure, recovery of expressed oil (REO)

서 론

유지종자로부터 기름을 추출하는 데에는 기계적인 방법과 용매추출방법 그리고 그 두 가지를 병행하는 방법이 있으나 들기름은 대부분 기계적 압착방법으로 가내공업적인 소규모로 착유되고 있기 때문에 착유조건은 대부분 경험적으로 설정되고 있다.

압착착유의 수율에 영향을 주는 인자는 압착온도, 압착압력, 압착시간, 유지종자의 수분함량, 유지종자의 크기, 유지종자껍질의 양, 압착케이크의 두께, 유지종자의 전처리 유무 및 압착압력의 증가속도 등이 있고 이 인자들의 영향을 고려하면 실제 착유공정에서 높은 추출율을 올릴 수 있을 것으로 생각된다⁽¹⁾. 이러한 착유에 관한 연구로 Khan 등⁽²⁾은 콩에서 85.71%의 최대수율을 얻었다. Singh 등⁽³⁾은 해바라기씨기름 추출의 압착조건에 대한 연구에서 수분함량이 가장 중요한 인자라고 보고

했으며, Fasina 등⁽⁴⁾은 Conophor Nut(*Tetracarpidium Conophorum*) 기름의 기계적 압착에서 최대수율 39.6%를 얻었으며, Sukumaran 등⁽⁵⁾은 유채유의 압착착유에 대하여, Farsaie 등⁽⁶⁾은 해바라기기름의 압착에 대한 에너지 모델에 대한 연구에서 수율과 에너지소비의 관계를 보고하는 등 많은 연구들이 보고되고 있다. 그러나 들기름의 압착착유에 대한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다.

본 연구에서는 유지종자의 압착착유에 관여하는 물리적요인중 온도, 압력 및 압착시간이 들기름의 추출에 미치는 영향에 대해서 실험한 결과를 보고하고자 한다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용된 들깨(蘇麻, 蘇子, *Perilla frutescens* var. *japonica* Hara)는 1990년 충북 청원군에서 재배된 것으로 신별, 수세과정을 거친 후 수분함량이 2.5%(w.b)로 될 때까지 건조한 것을 생들깨로 하였고 볶은들깨는 생들깨를 회전베소기(Rotary roaster)로 140°C에서 20분간 볶은 것으로 하였다. 선들깨의 비중은 0.821이었고 조

Corresponding author: Young-Kyoo Min, Department of Food Science & Technology College of Agriculture Chungbuk National University Cheonju 360-763, Korea

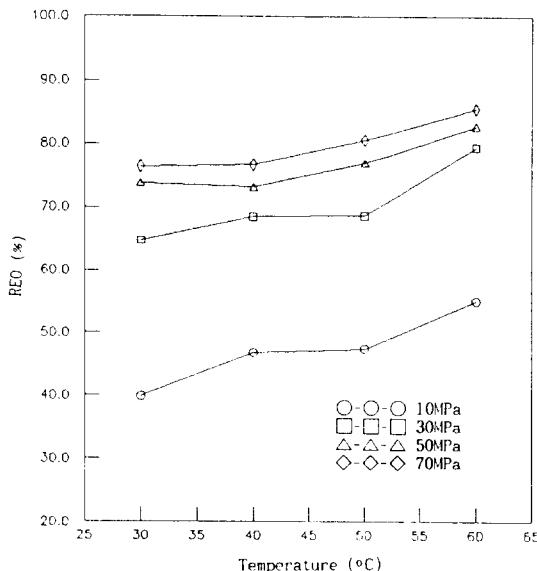


Fig. 1. Changes in recovery of expressed oil (REO) of unroasted perilla seed pressed for 11 min at different temperature and pressure

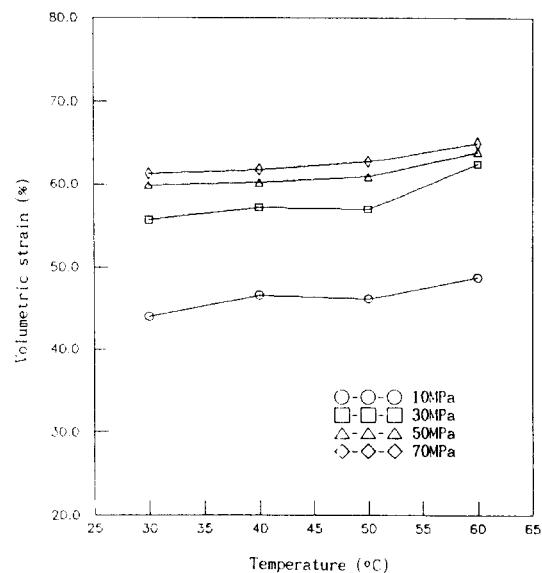


Fig. 2. Changes in volumetric strain of pressed cake of unroasted perilla seed pressed for 11 min at different temperature and pressure

지방함량은 47%이었다. 볶은들깨는 3~4°C의 냉장고에서 적당량의 중류수를 첨가하여 시료전체가 2.5%의 평형수분함량에 도달하도록 하였다.

착유장치 및 기구

압착에 관한 기초데이터를 얻기 위해서 압착기구를 제작하였으며 Instron(Model 1350)으로 착유율을 실시하였다. 압착기구는 스테인레스 스틸로 만들었고 실린더와 바닥판은 나사식으로 연결되어 있다. 실린더의 내부 직경은 27.8 mm였고 시료를 지지해주는 디스크에는 기름의 유출을 위해 직경 2 mm의 구멍을 50개 뚫었으며 고형물의 유출을 방지하기 위해 60 mesh망을 2장 씩 넣어 착유율을 실시하였다.

착유방법

들깨시료 15g을 압착기구의 실린더에 넣고 온도가 조절되는 heating jacket을 압착기구에 부착하여 온도가 각각 30, 40, 50, 60°C($\pm 2^{\circ}\text{C}$)에 도달하면 Instron으로 일정하게 압력을 증가시키고 압력이 각각 10, 30, 50 및 70 MPa에 도달한 후부터 5, 7, 9 및 11분간씩 압착하여 착유하였다.

기름의 추출율과 압착케이크의 부피변형율

각 조건하에서 착유율을 실시한 후 압착케이크의 잔여지방을 AOAC 법⁽⁷⁾에 따라 측정한 다음 총지방과 잔여지방의 차로서 기름의 추출율을 계산하였으며 착유 후 부피와 최초 시료의 부피의 비로서 압착케이크의 부피

변형율(%)을 계산하였다.

기름의 점도측정

생들깨 및 볶은들깨로부터 착유한 기름의 점도를 회전점도계(Tokyo Keiki viscometer Model B8H)를 이용하여 rotor No.2로 rotor speed 100 rpm으로 온도별로 측정하였으며 기름을 담은 용기의 직경은 50 mm였고 rotor의 직경은 47 mm였다.

통계분석

압착요인과 기름의 추출율 및 압착케이크의 부피변형율과의 관계를 SAS(Statistical Analysis System) Program으로 분석하였다.

결과 및 고찰

기름의 추출율과 압착케이크의 부피변형율

생들깨에서 온도에 따른 기름의 추출율 및 압착케이크의 부피변형율의 변화는 Fig. 1, 2와 같다. 압력이 증가함에 따라 기름의 추출율은 증가하였다. 즉 같은 온도에서 압력을 10 MPa에서 30, 50 및 70 MPa로 증가시킴에 따라 기름의 추출율은 최고 37%의 증가를 보였으며 압착케이크의 부피변형율도 최고 17%의 증가를 보였다. 온도도 기름의 추출율과 압착케이크의 부피변형율에 큰 영향을 미치는데 압착시간 11분에서 온도를 30°C에서 60°C로 증가시킴에 따라 기름의 추출율은 10 MPa에서는 15.14%로, 30 MPa에서는 14.71%, 50

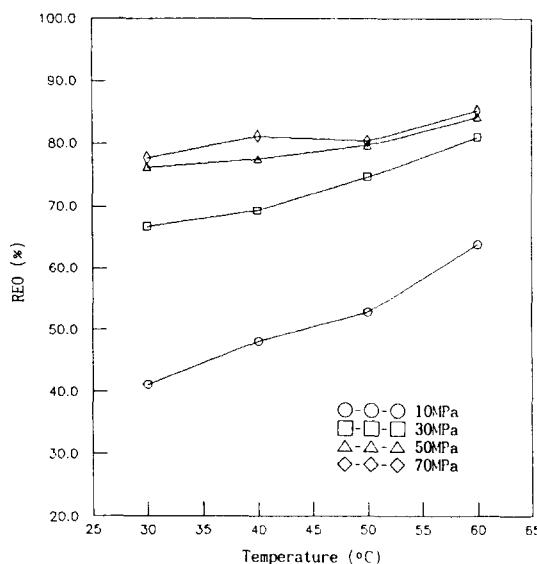


Fig. 3. Changes in recovery of expressed oil (REO) of roasted perilla seed pressed for 11 min at different temperature and pressure

MPa에서는 9.02%로 그리고 70 MPa에서는 9.17%로 증가하였다. 또한 압착케이크의 부피변형율도 기름의 추출율의 증가와 밀접한 관계를 보이는데 각 압력에서 온도의 증가에 따라 4~7%의 증가를 보였다. 생들깨의 최대추출율 및 변형율은 60°C, 70 MPa 그리고 압착시간 11분에서 각각 85.59% 및 65.01%이었다. 또한 본 실험 조건에서는 70 MPa 이상의 압력에서는 압착케이크가 디스크를 통해 밀려나오므로 압착시험이 불가능하였고 압착온도가 60°C 이상으로 높아도 같은 현상이 관찰되었다.

각각의 온도와 압력에서 기름의 추출율에 대한 압착시간의 효과는 Table 1과 같다. Table 1에서 보는 바와 같이 압착시간의 영향은 매우 작은 것으로 나타났다. 즉 압착시간을 5분에서 11분으로 증가시킴에 따라 각각의 압력 및 온도에서 기름의 추출율은 단지 1~2% 정도만 증가하였음이 관찰되었는데 이는 Khan 등⁽²⁾과 Singh 등⁽³⁾의 연구결과와도 일치하는 현상이다. 또한 11분 이상의 시간으로 압착시간을 연장하여도 수율은 별로 변화가 없었으므로(0.5% 이하) 본 실험에서는 압착시간을 최고 11분 까지로 하였다.

볶은들깨에서 온도에 따른 기름의 추출율 및 압착케이크의 부피변형율의 변화는 Fig. 3, 4와 같다. 볶은들깨도 생들깨와 유사한 경향을 보였는데 압력을 10에서 70 MPa까지 증가시킴에 따라 최고 37%의 추출율이 증가하였으며 변형율도 최고 18%의 증가를 보였다. 압착시간 11분에서 온도를 30°C에서 60°C로 증가시킴에 따라 기름의 추출율은 10 MPa에서는 23%, 30 MPa에서는 14%, 50 MPa과 70 MPa에서는 8% 정도 증가하였으며 부피

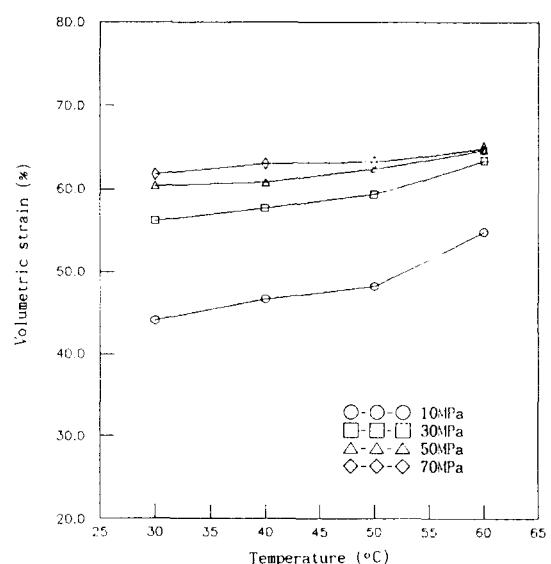


Fig. 4. Changes in volumetric strain of pressed cake of roasted perilla seed pressed for 11 min at different temperature and pressure

Tale 1. Effect of periods of press roasted and unroasted perilla seeds at different expression conditions
(Unit: oil recovery)

Samples	Temperature (°C)	Pressure (MPa)	Periods of press(min)			
			5	7	9	11
Unroasted Perilla Seed	30	10	37.99	38.86	39.45	39.88
		30	63.61	64.05	64.48	64.77
		50	71.79	72.63	73.36	73.80
	60	70	73.94	75.11	75.84	76.12
		10	52.55	53.57	54.44	55.02
		30	77.58	78.89	79.18	79.48
Roasted Perilla Seed	30	50	81.08	82.10	82.53	82.82
		70	82.53	83.84	84.86	85.59
		10	38.43	39.59	40.47	41.19
	60	30	64.63	65.50	66.23	66.81
		50	73.07	74.38	75.40	76.27
		70	76.13	76.86	77.44	77.73
	60	10	60.84	62.15	63.17	63.90
		30	79.18	80.06	80.64	81.08
		50	82.10	82.97	83.70	84.28
		70	83.41	84.13	84.86	85.30

변형율은 3~10%의 증가를 보였다. 볶은들깨의 최대 추출율 및 변형율은 60°C, 70 MPa 그리고 압착시간 11분에서 각각 85.30% 및 64.91%였다. 그러나 압착시간은 Table 1에 나타난 바와 같이 생들깨에서와 마찬가지로 영향이 작은 것으로 나타났다.

온도에 따른 기름의 점도

생들깨 및 볶은들깨에서 차유한 기름의 점도를 온도

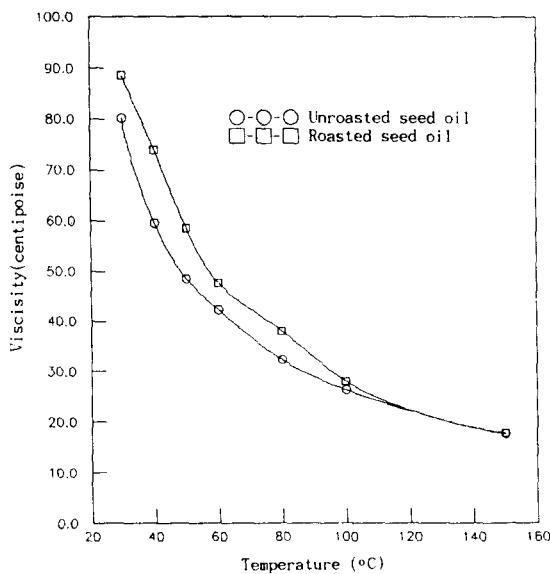


Fig. 5. Changes in viscosity of expressed oil at different temperature

별로 측정한 결과는 Fig. 5와 같다. 생들깨 및 볶은들깨에서 착유한 기름의 점도는 온도가 증가함에 따라 모두 감소하였으며^(8,9) 볶은들깨에서 착유한 기름이 생들깨에서 착유한 기름보다 약간 높은 점도를 나타내었는데 이는 열처리에 의한 유리기의 형성과 중합체의 형성에 기인된 영향⁽¹⁰⁾이라 생각된다. 또한 점도는 온도에 따라서 다음과 같이 지수함수적으로 나타났다⁽¹¹⁾.

Unroasted perilla seed oil;

$$\mu = 94.1712e^{-0.01195T} \quad r^2 = 0.97$$

Roasted perilla seed oil;

$$\mu = 117.106e^{-0.01326T} \quad r^2 = 0.97$$

여기서 μ 는 점도, T는 온도이고 r^2 은 중상관계수이다.

기름의 추출율과 점도

압착압력 70 MPa과 압착시간 11분에서의 추출율과 기름의 점도와의 관계는 Fig. 6과 같다. 기름의 추출율은 점도가 낮아짐에 따라 증가하였다. 즉 온도가 증가함에 따라 기름의 점도가 낮아져 종자사이의 공극을 통한 기름의 흐름이 용이해지기 때문이라 생각된다. 낮은 점도에서는 볶은들깨와 생들깨의 추출율이 비슷하였지만 높은 점도에서는 볶은들깨의 추출율이 높게 나타났는데 이러한 현상은 볶은들깨에서는 열처리에 의해 세포가 미리 파괴되었기 때문에 발생한 현상이라 생각된다^(12,13).

통계 분석

생들깨 및 볶은들깨의 압착요인과 기름의 추출율과의 관계를 분산분석한 결과는 Table 2와 같다. 생들깨 및

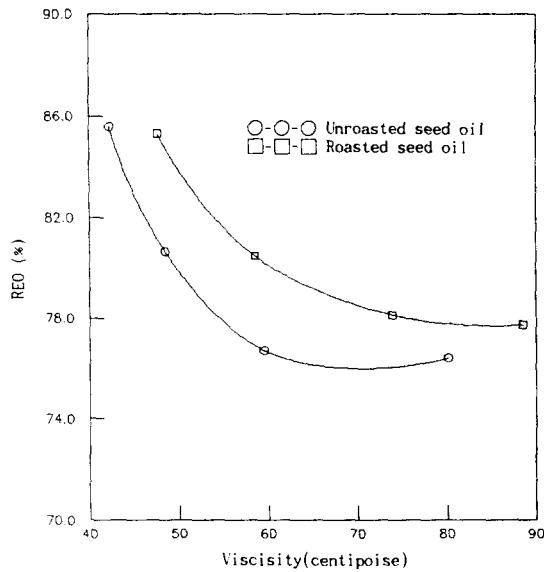


Fig. 6. Relationship between viscosity of expressed oil and recovery of expressed oil (REO) at 70 MPa and 11 min

볶은들깨 모두 온도, 압력의 효과는 기름의 추출율에 크게 영향을 미치고 있으나($p<0.01$) 압착시간의 효과는 비교적 작게 나타났다. 온도와 압력의 상호작용효과도 추출율에 영향을 미치는 중요한 요인으로 작용하였다. 그러나 온도와 압착시간 그리고 압력과 압착시간 사이의 상호작용 효과는 매우 작게 나타났다.

압착조건과 기름의 추출율 및 압착케이크의 부피변형율과의 상관계수를 구한 결과는 Table 3과 같다. 압착온도와 기름의 추출율과의 상관계수는 생들깨와 볶은들깨 각각 0.31 및 0.36, 압착압력은 각각 0.85 및 0.81이었으며 기름의 추출율과 압착케이크의 부피변형율은 생들깨 및 볶은들깨 모두 0.99 이상이었다. 그러나 압착시간은 상관이 없는 것으로 나타났으며 온도(T), 압력(P) 및 압착시간(D)과 기름의 추출율(Y)과의 관계는 다음과 같이 나타났다.

$$\text{Unroasted seed } Y = 7.95 + 36.85P + 1.12T^2 - 0.55TP - 5.08P^2 \quad r^2 = 0.97$$

$$\text{Roasted seed } Y = 4.50T + 39.23P + 0.83T^2 - 1.71TP - 5.07P^2 \quad r^2 = 0.99$$

여기서 r^2 은 중상관계수이다.

이상의 결과를 종합해 볼때 생들깨와 볶은들깨 모두 온도와 압력의 증가에 따라 추출율 및 변형율이 증가하였으며 추출율은 생들깨보다는 볶은들깨에서, 높은 압력보다는 낮은 압력에서 온도에 따른 증가폭이 크게 나타났으며; 온도가 증가함에 따라 기름의 추출율 및 압착케이크의 부피변형율이 증가하였는데 이는 온도의

Tale 2. Analysis of variance of expression effects of unroasted and roasted perilla seed

Variations	DF	F Value	
		Unroasted	Roasted
T ¹⁾	3	5402.61**	5516.81** ⁴⁾
P ²⁾	3	44720.05**	32778.38**
D ³⁾	3	148.28**	195.79**
T×P	9	181.08**	390.02**
T×D	9	0.62	0.65
P×D	9	2.02 ⁵⁾	1.62
Model	36	4235.18**	3305.65**

¹⁾Temperature, ²⁾Pressure, ³⁾Periods of press, ⁴⁾p<0.01, ⁵⁾p<0.05

Tale 3. Correlation coefficient between expression factors and recovery of expressed oil (REO) and volumetric strain of pressed cake¹⁾

Samples	T	P	D	Y
Unroasted seed	Y ²⁾	0.31165**	0.85089**	0.05337 1.00000**
	S ³⁾	0.25027*	0.86372**	0.03829 0.99577**
Rosted seed	Y	0.36609**	0.81618**	0.06991 1.00000**
	S	0.36082**	0.81822**	0.04684 0.99705**

¹⁾See Table 2, ²⁾REO, ³⁾Volumetric strain of pressed cake

증가에 따라 종자내의 압력이 높아지고 기름의 점도가 낮아져 기름의 유출이 용이해지기^(12~14) 때문에 나타난 결과라 생각된다. 또한 본 실험조건에서 기름의 수율에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 압력이었으며 그 다음은 온도로 나타났다. 또한 압착시간도 영향을 미쳤으나 온도와 압력의 상호작용 효과가 더 큰 것으로 나타났다.

일반적으로 회분식 착유압력이 40~50 MPa임을 고려할 때 본 실험조건의 50 MPa에서 온도의 증가에 따라 약 8~9%의 수율변화가 관찰되었으므로 착유온도와 압력 및 시간을 조절하면 시중의 80% 정도의 추출율 보다 5~10% 높은 추출율을 얻을 것으로 생각된다.

요약

들깨종자의 압착착유에 미치는 온도와 압력의 영향을 살펴보기 위해 생들깨와 볶은들깨의 기름의 추출율 및 압착케이크의 부피변형율을 각각의 온도, 압력 및 압착시간에서 관찰하였다. 본 실험을 위해 들깨종자의 수분 함량은 2.5%로 조절하였고 온도는 30, 40, 50 및 60°C 가 사용되었고 압력은 10, 30, 50 및 70 MPa를 적용하였으며 압착시간은 5, 7, 9 및 11분을 적용하였다. 온도, 압력 그리고 압착시간이 증가할수록 기름의 추출율 및 압착케이크의 부피변형율은 증가를 하였다. 생들깨와 볶은들깨의 최대 추출율은 60°C, 70 MPa, 11분에서 각각 85.59% 및 85.30%이었다. 추출된 기름의 점도는 지수함수적인 온도의존성을 보여주었으며, 점도가 낮을수록 즉,

온도가 높을수록 기름의 추출율은 증가하였다. 압착요인과 기름의 추출율 및 압착케이크의 부피변형율과의 상관관계 분석에서 압착요인의 효과는 압력, 온도, 온도×압력 그리고 압착시간 순으로 감소하였다. 온도(T), 압력(P) 그리고 압착시간(D)과 기름의 추출율(Y)과의 관계는 생들깨는 $Y = 7.95 + 36.85P + 1.12T^2 - 0.55TP - 5.08P^2$ ($r^2 = 0.97$, $p < 0.01$)였으며, 볶은들깨는 $Y = 4.50T + 39.23P + 0.83T^2 - 1.71TP - 5.07P^2$ ($r^2 = 0.99$, $p < 0.01$)이었다.

감사의 글

이 연구는 '92년도 한국과학재단의 연구비지원(과제번호 : 921-1500-045-1)을 받아 수행된 연구결과의 일부입니다.

문헌

- Baily, A.E.: *Industrial Oil and Fat Product*. 4th ed., Interscience, p.175(1982)
- Khan, L.M. and Hanna, M.A.: Expression of soybean oil. *Transaction of the ASAE*, 27, 190(1984)
- Singh, M.S., Frasaie, A., Stewart, I.E. and Douglass, L.W.: Development of mathematical models to predict sunflower oil expression. *Transaction of the ASAE*, 27, 1190(1984)
- Fasina, O.O. and Ajibola, O.O.: Mechanical expression of oil from Conophor Nut(*Tetracarpidium Conophorum*). *J. Agric. Engng Res.*, 44, 275(1989)
- Sukumaran, C.R. and Singh, B.P.N.: Compression of a bed of rapeseeds: The oil-point. *J. Agric. Engng Res.*, 42, 77(1989)
- Farsaie, A. and Singh, M.S.: Energy models for sunflower oil expression. *Transactions of the ASAE*, 28, 275(1985)
- A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis*. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, p.770(1974)
- 신애자, 김동훈 : 대두유의 가열산화중 특성변화, 제1보: 가열산화 중의 대두유의 일부 화학적, 물리적 성질의 변화. 한국식품과학회지, 14, 257(1982)
- 신애자, 김동훈 : 가열산화중 콩기름의 유동학적 연구. 한국식품과학회지, 17, 147(1985)
- Perkins, E.G.: Nutritional and chemical changes occurring in heated fats: A Review. *Food Technol.*, 14, 508(1960)
- Goodrum, W.J. and Edward, L.S.: Rheological properties of peanut oil-diesel fuel blends. *Transaction of ASAE*, 25, 897(1982)
- Bernardin, E.: *Oilseed, Oils and Fats*. Rome Publ., p. 313(1983)
- Brennan, J.G., Butters, J.R., Cowell, N.D. and Lilly, A.E.V.: *Food Engineering Operation*. 2nd ed., Applied Science, p.121(1974)
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F.: *Chemical Engineering*. 3th ed., Pergamon Press. Vol.2, p.375(1978)