

## 콩기름의 수소첨가 반응시 지방산 조성의 변화

권혜순·염초애

숙명여자대학교 식품영양학과

### Changes in Fatty Acid Composition During Partial Hydrogenation of Soybean Oil

Kwon, Hye-Soon · Yum, Cho-Ae

*Dept. of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University*

(Received July. 22, 1993)

#### ABSTRACT

This study investigated the reaction and variation of fatty acid composition of soybean oil when it is partially hydrogenated until its iodine value (IV) shifts from 134 to 110. Experiment was conducted under the outlined reaction conditions of temperatures (170, 190 and 210°C), pressure (1.3, 2.8 and 4.2 atm) and nickel (Ni) catalyst concentrations (0.005, 0.01, 0.05, and 0.1%) with a fixed agitation (350 rpm). Further investigation was also made to see the effect of added lecithin on hydrogenation.

When reaction temperature was gradually raised and catalyst concentration increased, the content of linolenic acid progressively decreased while the increase amount of stearic acid reduced ( $P < 0.05$ ). On the other hand when pressure gradually increased, the contents of stearic acid and linolenic acid increased ( $P < 0.05$ ).

Meanwhile when lecithin was added, reaction time increased by two to six times more than when no addition was made.

#### I. 서 론

유지의 수소첨가반응은 지방질의 산화를 방지하기 위하여 유지를 구성하고 있는 불포화지방산에 수소를 첨가하여 불포화도를 감소시키는 방법이다.<sup>1-3)</sup>

콩기름의 수소첨가 반응에 있어서 지방산 조성은 축매의 종류에 따라 달라진다<sup>4-5)</sup>고 하였고 大豆油의 안정성을 향상시키기 위하여 리놀렌산을 감소시켜야 한다<sup>6-9)</sup>고 하였다.

유지의 수소첨가 반응의 종류에는 안정성과 풍미의 향상, 융점이 낮은 경화유를 얻기 위하여 리놀렌산 이상의 고도불포화 지방산을 어느정도 남기도록

하면서 부분적으로 포화화 하는 부분 수소첨가 반응과 쇼트닝이나 마아가린의 배합용으로 적당한 고형지를 함유한 경화유를 제조하는 중간정도의 수소첨가반응 그리고 이중결합의 지방산을 모두 포화화 하는 극도 수소첨가반응이 있다.<sup>10)</sup> 이중 콩기름의 리놀렌산 함량을 낮추어 수소첨가하고 AOM 안정성을 개선한 기름이 부분 수소첨가 콩기름으로 요오드값 130~135에서 100~110으로 수소첨가 하고 리놀렌산 함량을 7~8%에서 3~4%로 저하 시키는데<sup>11)</sup> 이러한 부분 수소첨가 한 콩기름은 식용유 조리시 샐러드유나 조리유로 널리 이용된다.

따라서 본 연구는 콩기름에서 수소첨가 반응을 할 때 지방산 조성의 변화와 반응성을 고찰하기 위하여

Table 1. Characteristics and fatty acid composition of bleached soybean oil used as law material

Characteristics	Value	Fatty acid	Composition(%)
Acid value	0.12	Palmitic acid	11.1
Peroxide value(meq/kg)	1.3	Stearic acid	3.8
Iodine value	134	Oleic acid	23.0
Refractive index(n <sup>60</sup> )	1.4603	Linoleic acid	54.6
Saponification value	198	Linolenic acid	7.5
Phosphatide content(ppm)	10		

요오드값 134인 콩기름을 요오드값 110으로 부분 수소첨가 반응을 실시하였으며 이를 위해 수소첨가 반응조건 중 온도, 압력, 촉매량의 변화와 수소첨가 반응시 촉매독으로 작용하는<sup>11)</sup> 인화합물의 영향을 고찰하기 위하여 레시틴의 첨가 유, 무에 따른 지방산 조성의 변화를 비교, 분석하였다.

## II. 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

원료유지는 Table 1과 같은 콩기름을, 촉매로 니켈은 Harshaw Chemical Co. (Cleveland, Ohio, U.S. A.) 제품인 Nysosel 222(니켈함량 22%), 활성백토는 (주)동해백토(pH 3.4, 수분함량 12%) 제품이었고 레시틴은 (주)쓰루(ツル)-레시틴(일본)의 제품을 사용하였다.

### 2. 실험방법

실험에 사용된 Pilot Convertor(Liquid filtration consultant B.V.Co., Holland)는 Fig. 1과 같으며 반응은 온도, 수소압력, 촉매량 등을 변화시켜 수소첨가 반응을 실시하였다.

반응온도는 170℃, 190℃, 210℃로 하였고 수소압력은 1.3atm, 2.8atm, 4.2atm으로 하였고 촉매 함량은 0.005%, 0.01%, 0.5%, 0.1%로 실험하였다. 반응 종료시의 요오드값은 부분 수소첨가 반응을 기준으로 110으로 하여 굴절율, 지방산 조성, 요오드값, 반응속도 변화율을 측정하였다.

### 3. 분석방법

지방산 조성 분석은 Gas-liquid Chromatography (GLC)로 Hewlett Packard(HP) 5890의 GLC와 HP 3396A Integrator를 사용하였으며 Column은

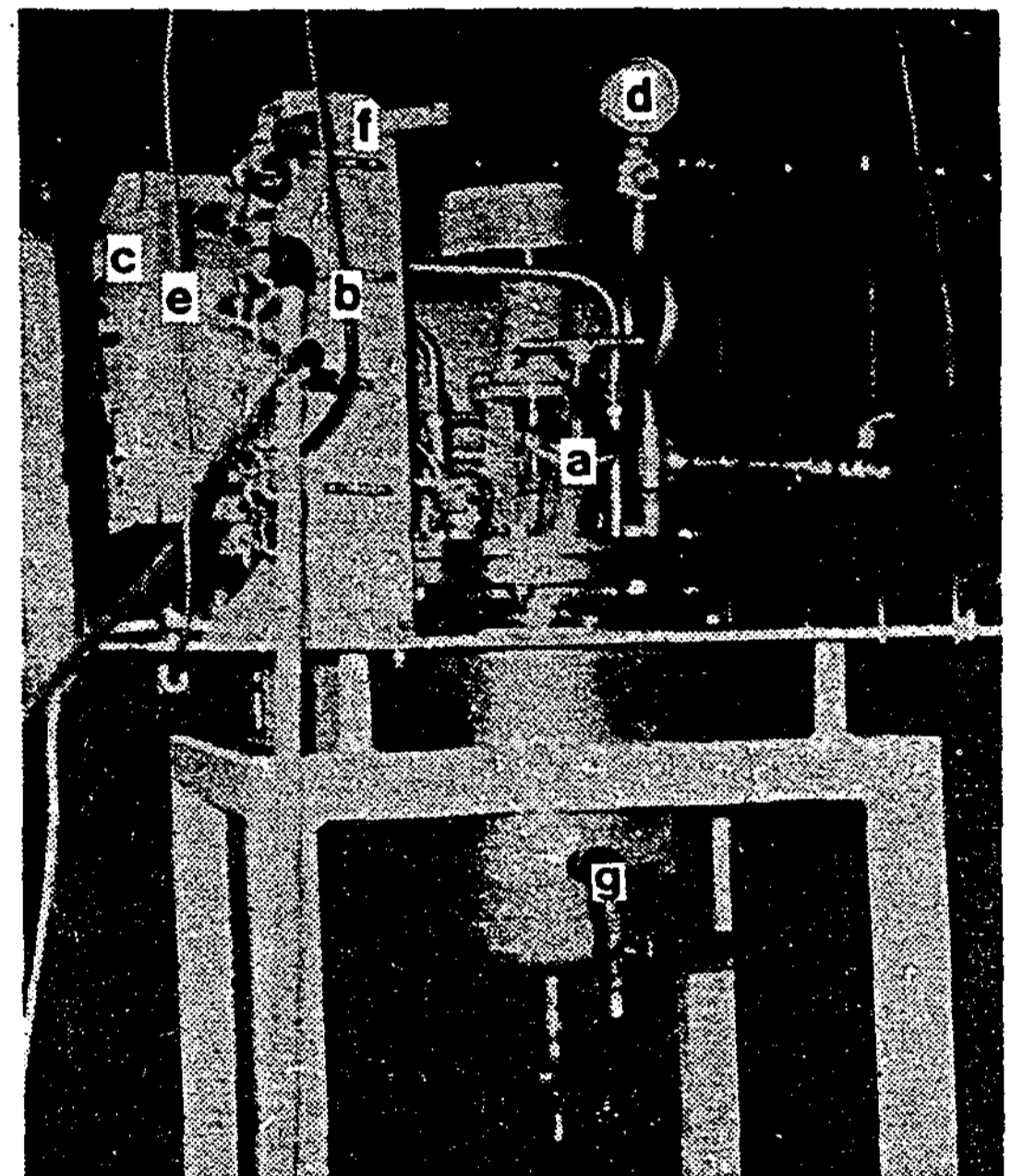


Fig. 1. Pilot plant dead-end typed hydrogenation convertor

- a) Oil inlet
- b) Nitrogen supply
- c) Temperature controller
- d) Pressure gauge
- e) Hydrogen supply
- f) Cooling water supply
- g) Sampling valve

Glass column 6ft 1/4"이며 column 충전물은 15%-Diethylene glycol succinate Chromosorb W.를 사용하였고 온도는 Column oven 200℃, Injection port 240℃, Detector 250℃로 하였고 Carrier Gas는 질소가스로 10ml/min, 공기는 15kg/cm<sup>2</sup>, 수소가스는 2kg/cm<sup>2</sup>, chart speed는 2mm/min로 하였고 A.O.C.S Ce-1-62<sup>12)</sup> 방법에 따라 FID를 사용하여 분

석하였다.

굴절율은 Atago회사(오오사카, 일본)의 굴절계를 사용하여 A.O.C.S. Ce-7-25<sup>13)</sup> 방법에 의하여 굴절율을 측정하였으며 요오드값은 A.O.C.S. Ce-1-25<sup>14)</sup> 방법에 따라 측정하였다.

4. 통계처리 방법

SAS(Statistical analysis system)에 의하여 분산분석(Analysis of variance : ANOVA), Duncan의 다중범위검정(Duncan's multiple range test), 회귀분석(Linear regression)을 실시하였다.<sup>15)</sup>

5. 반응속도 변화율

계산 방법은 Schemidt 등<sup>16)</sup> 및 Albright<sup>17)</sup>이 제시한 수소첨가반응 속도식에 의해서 전산기를 이용하여 계산하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 굴절율과 요오드값의 관계 및 지방산 조성의 변화

본 실험에서 수소첨가 반응의 정도를 측정하기 위

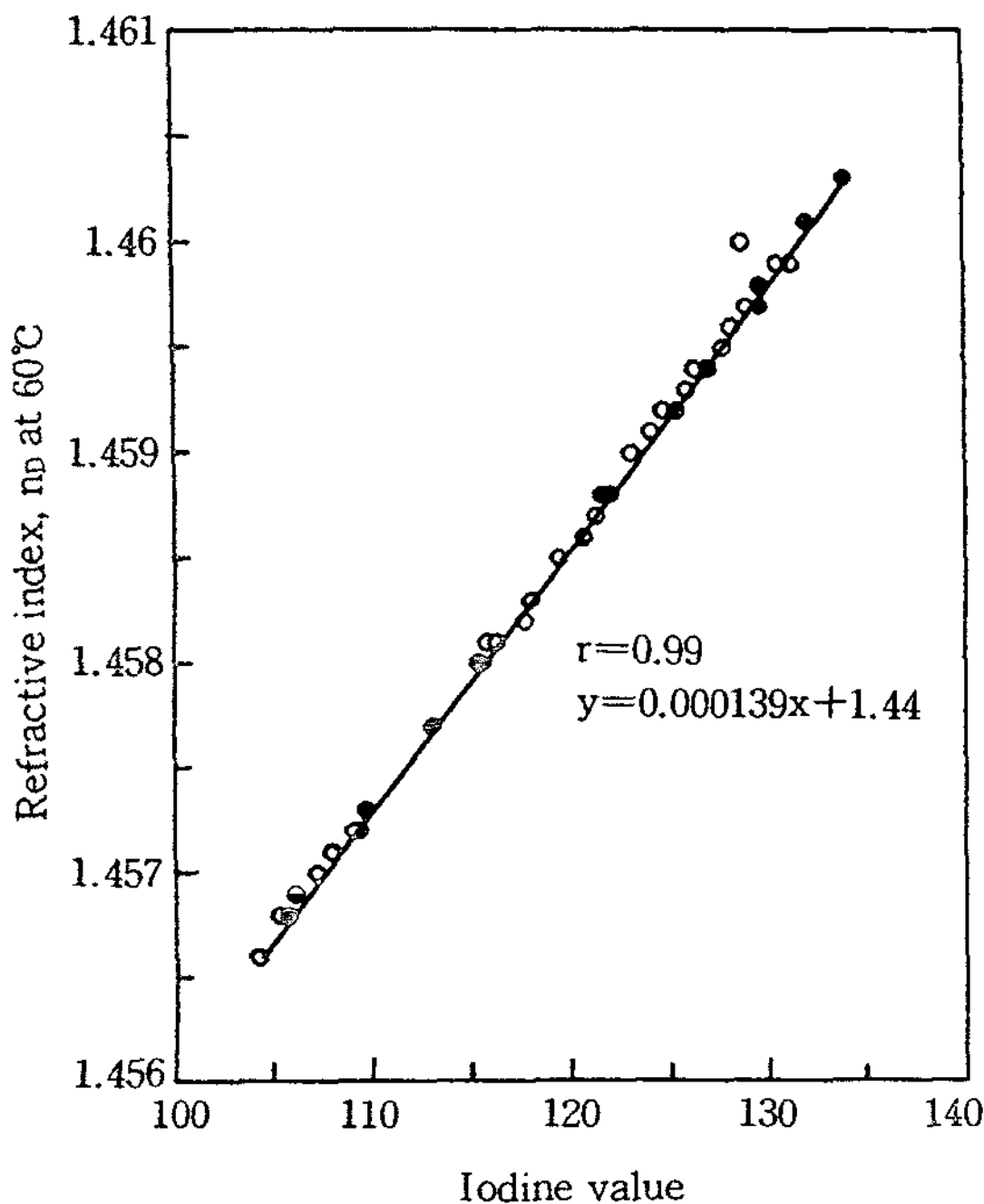


Fig. 2. Iodine value versus refractive index of the hydrogenation of soybean oil.

하여 채취된 시료를 굴절율로써 측정, 비교하였다. Fig. 2에서 보는바와 같이 콩기름의 수소첨가 반응시 요오드값에 따른 굴절율의 관계는 거의 일직선상의 비례관계를 보여 주었다. 이 때 상관계수 0.99로써 요오드값과 굴절율은 매우 높은 상관관계를 보여 주었다. A.O.C.S Official Method Tz la-78<sup>18)</sup>에서도 수소첨가 반응의 정도를 나타내는 가장 유용한 수단은 굴절지수라고 하였으며 요오드값 1은 0.000123의 굴절율을 낮춘다고 하였다.

요오드값 121과 110인 콩기름의 지방산 조성의 크로마토그램은 Fig. 3과 같으며 수소첨가 반응이 진행됨에 따라 리놀렌산과 리놀레산 함량이 감소되고 올레산과 스테아르산 함량이 증가됨을 알 수 있다.

2. 온도의 영향

수소첨가 반응조건 중 온도에 미치는 영향을 살펴보면 Table 2, 3과 같다. Table 2에서 보는 바와 같이 레시틴을 첨가하지 않은 경우 반응온도 170°C에서

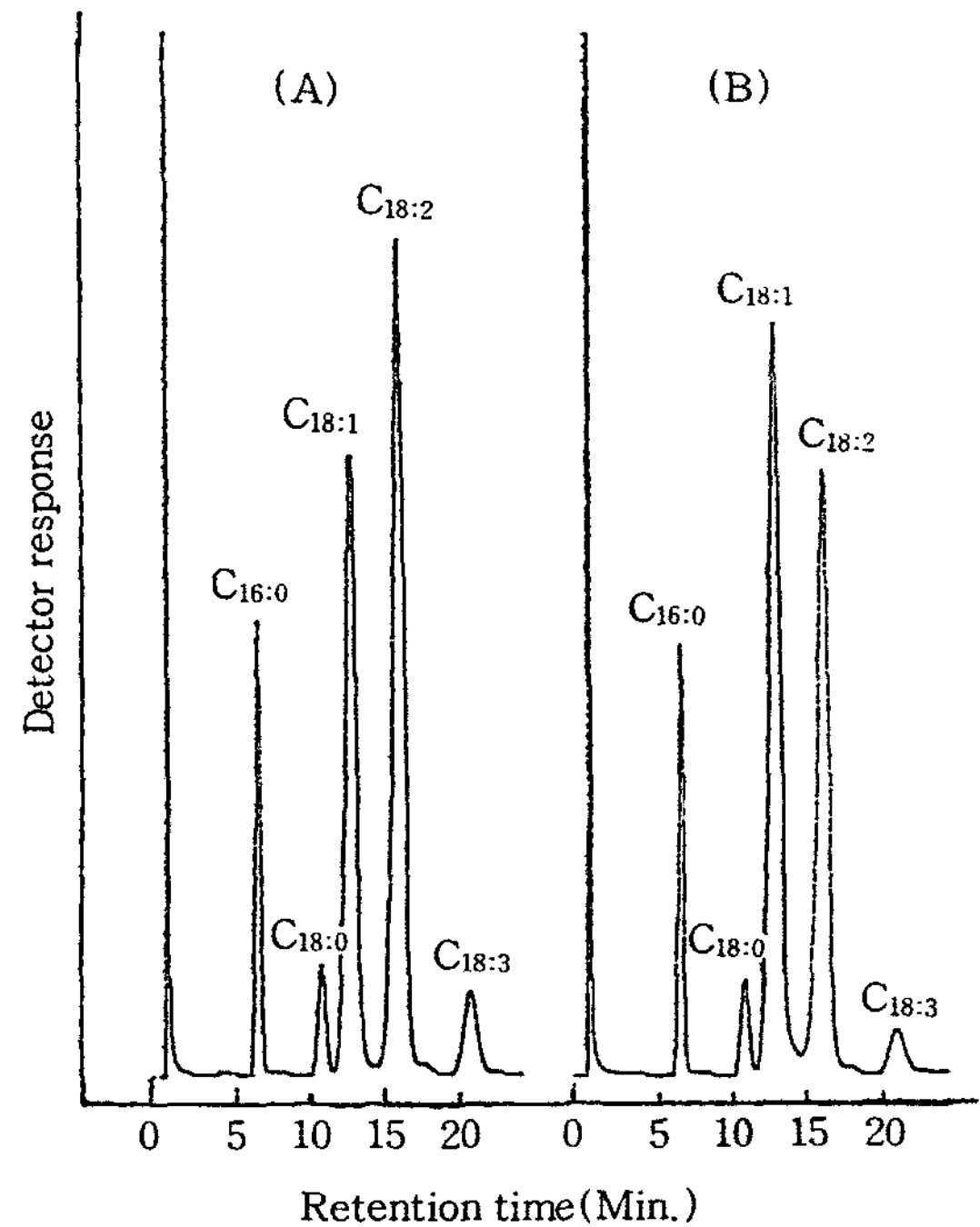


Fig. 3. Gas chromatographic profile of fatty acid methyl esters of the hydrogenated soybean oil at iodine value 121(A) and 110(B). Processing conditions: temperature 170°C; pressure 1.3 atm; nickel catalyst concentration: 0.1%; agitation 350rpm and reaction time 15 minutes.

Table 2. Effect of reaction temperature on fatty acid composition of soybean oil hydrogenated to an iodine value 110

Temp.(°C)	Time(Min.)	d(IV)/dt	K <sub>1</sub> /K <sub>2</sub> <sup>3)</sup>	K <sub>2</sub> /K <sub>3</sub> <sup>4)</sup>	Fatty acid composition(%)			
					C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>
170	58	1.89	1.55	9	4.5 <sup>a</sup>	44.8 <sup>a</sup>	36.3 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>
190	40	2.75	2.08	12	4.1 <sup>b</sup>	44.9 <sup>a</sup>	37.1 <sup>b</sup>	2.8 <sup>b</sup>
210	30	3.67	3.20	15	4.1 <sup>b</sup>	44.6 <sup>a</sup>	38.4 <sup>b</sup>	1.8 <sup>c</sup>

- 1) Means scores with the same letter are not significantly different at the 5% level.
- 2) Initial fatty acid composition : palmitic acid 11.1%, stearic acid 3.8%, oleic acid 23.0%, linoleic acid 54.6%, and linolenic acid 7.5%.
- 3) Ratio of K<sub>1</sub> to K<sub>2</sub>, where K<sub>1</sub>=The reaction rate of the hydrogenation of linolenic acid to linoleic acid, and K<sub>2</sub>=The reaction rate of the hydrogenation of linoleic acid to oleic acid.
- 4) Ratio of K<sub>2</sub> to K<sub>3</sub>, where K<sub>2</sub>=The reaction rate of the hydrogenation of linoleic acid to oleic acid, and K<sub>3</sub>=The reaction rate of the hydrogenation of oleic acid to stearic acid.

Table 3. Effect of reaction temperature and added lecithin on fatty acid composition of soybean oil hydrogenated to an iodine value 110

Temp.(°C)	Time(Min.)	d(IV)/dt	K <sub>1</sub> /K <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> /K <sub>3</sub>	Fatty acid composition(%)			
					C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>
170	300	0.36	0.50	0.66	6.3 <sup>a</sup>	43.5 <sup>a</sup>	34.2 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>
190	120	0.92	0.80	5.00	5.8 <sup>b</sup>	42.5 <sup>b</sup>	35.9 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>
210	60	1.83	1.75	8.00	4.2 <sup>c</sup>	44.9 <sup>b</sup>	36.5 <sup>b</sup>	3.3 <sup>b</sup>

210°C로 높아짐에 따라 반응시간이 28분 빨라졌으며 반응속도 비율은(d(IV)/dt) 1.89에서 3.67로 1.9배 증가하였다. 이와같이 온도가 증가함에 따라 반응속도가 증가하였는데 이는 Arrhenius 식에 의한 반응자체를 촉진시킴에 의해 반응속도를 증가시키는 것으로 사료된다.

지방산 조성의 변화를 살펴보면 스테아르산 함량의 변화는 반응온도가 170°C에서 210°C로 높아짐에 따라 4.5%에서 4.1%로 낮아졌으며 올레산 함량의 변화는 반응온도 170°C~210°C에서 44.6~44.8%였으며 반응온도에 따른 유의차는 없었다(P>0.05). 리놀레산 함량의 변화는 반응온도가 170°C에서 210°C로 높아짐에 따라 36.3%에서 38.4%로 2% 증가했으며 리놀렌산 함량의 변화는 반응온도가 170°C에서 210°C로 증가함에 따라 감소하였다(P<0.05).

전체적으로 요오드값 110으로 부분 수소첨가 반응시 반응온도가 높아짐에 따라 스테아르산 량의 증가는 적어지고 리놀레산 량은 증가하며 리놀렌산 량은 감소하게 됨을 관찰할 수 있었는데 이러한 변화는 부

분 수소첨가 반응의 바람직한 조건이 되는 것으로 사료된다.

레시틴을 첨가한 경우 Table 3과 같이 반응온도가 170°C에서 210°C로 높아짐에 따라 반응시간은 300분에서 60분으로 감소되고 반응속도 비율은 0.36에서 1.84로 약 5배 증가하였다.

지방산 조성의 변화는 스테아르산 함량의 경우 반응온도가 170°C에서 210°C로 높아짐에 따라 6.3%에서 4.2%로 낮은 함량을 보여 주었으며 올레산 함량은 43.5%에서 44.9%로 높아졌고 리놀레산 함량은 34.2%에서 36.5%로 증가하였는데 190°C 이하에서는 유의적인 차이를 보이지 않았으며 리놀렌산 함량의 변화는 4.9%에서 3.3%로 감소하였다(P>0.05).

Table 2, 3을 비교해 보면 레시틴이 첨가되지 않은 시료는 레시틴을 첨가한 시료에 비하여 반응시간은 2~5배 빨라졌으며 리놀렌산과 올레산의 변화가 리놀레산과 스테아르산의 변화보다 크므로, K<sub>1</sub>/K<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>/K<sub>3</sub> 값이 크고 리놀렌산 잔존량이 적고 스테아르산 증가량이 적음을 알 수 있으며 한편 레시틴을 첨

가한 시료는 레시틴이 첨가되지 않은 시료보다 리놀렌산과 올레산의 변화가 리놀레산, 스테아르산의 변화보다 적으므로  $K_1/K_2$ ,  $K_2/K_3$ 의 값이 크고 리놀렌산 잔존량이 많고 스테아르산 증가량도 많음을 알 수 있었으며 레시틴의 촉매독 작용으로 리놀렌산이 리놀레산으로 리놀레산이 올레산으로 올레산이 스테아르산으로 단계적으로 반응이 일어나지 않고 이중결합이 있는 어느 지방산에서나 반응이 일어날 수 있어 스테아르산으로 변화되는 양이 많은 것으로 생각된다.

3. 압력의 영향

압력에 따른 지방산 함량의 변화는 Table 4, 5와 같다. 레시틴을 첨가하지 않은 경우(Table 4) 압력이 1.3atm에서 4.2atm으로 증가함에 따라 반응시간 22분, 반응속도 비율은 3.67에서 13.63으로 3.7배 빠른 것을 보여 주었다. 수소첨가 반응시 수소압력의 증가에 따라 촉매 기공내의 수소농도의 증가로 인해 전체적인 농도를 증가시킴으로써 반응속도를 증가시키는 것으로 사료된다.

지방산 함량의 변화를 살펴보면 스테아르산의 경우 압력이 1.3atm에서 4.2atm으로 증가함에 따라 4.1%에서 6.0%로 상승하였으며 올레산 함량은 44.6%에서 41.9%로 2.7% 감소하였는데 2.8atm 이상에서 유의적 차가 없었다. ( $P>0.05$ ) 리놀레산 함량은

38.4%~38.9%로 반응압력에 따라 유의적 차를 보이지 않았으며 리놀렌산 함량은 압력이 1.3atm에서 2atm으로 증가함에 따라 1.8%에서 2.5%로 1.4배 높았다.

결과적으로 압력의 변화에 따른 지방산 조성의 변화는 압력이 높아짐에 따라 스테아르산, 리놀렌산의 함량은 유의적으로 증가하였다.

레시틴을 첨가한 경우(Table 5) 압력이 1.3atm에서 4.2atm으로 증가함에 따라 반응시간은 42분, 반응속도 비율은 1.84에서 6.07로 3.2배 빠른 것으로 나타났다.

지방산 함량의 변화를 살펴보면 스테아르산의 경우 압력이 1.3atm에서 4.26atm으로 증가함에 따라 4.2%에서 5.1%로 상승하였으며 올레산 함량은 44.9%에서 45.6%로 증가하였는데 유의적인 차는 없었다( $P>0.05$ ). 리놀레산 함량은 압력이 1.3atm에서 4.2atm으로 증가함에 따라 36.5%에서 33.7%로 2.8% 감소하였으며 리놀렌산 함량은 3.3%에서 4.5%로 압력이 높아짐에 따라 잔존량이 증가하는 것을 볼 수 있었다.

결과적으로 레시틴을 첨가한 경우 압력의 증가에 따른 지방산 조성의 변화는 스테아르산, 리놀렌산이 유의적으로 증가하였고 리놀레산이 유의적으로 감소하였다.

Table 4, 5을 비교해 보면 레시틴을 첨가하지 않은

Table 4. Effect of reaction pressure on fatty acid composition of soybean oil hydrogenated to an iodine value 110

Pressure (atm)	Time(Min.)	d(N)/dt	$K_1/K_2$	$K_2/K_3$	Fatty acid composition(%)			
					$C_{18:0}$	$C_{18:1}$	$C_{18:2}$	$C_{18:3}$
1.3	30	3.67	3.20	15.0	4.1 <sup>a</sup>	44.6 <sup>a</sup>	38.4 <sup>a</sup>	1.8 <sup>a</sup>
2.8	15	7.33	2.63	10.0	5.3 <sup>b</sup>	42.4 <sup>b</sup>	38.9 <sup>a</sup>	2.3 <sup>b</sup>
4.2	8	13.75	2.37	7.25	6.0 <sup>c</sup>	41.9 <sup>b</sup>	38.5 <sup>a</sup>	2.5 <sup>c</sup>

Table 5. Effect of reaction pressure and added lecithin on fatty acid composition of soybean oil hydrogenated to an iodine value 110

Pressure (atm)	Time(Min.)	$K_1/K_2$	$K_2/K_3$	Fatty acid composition(%)			
				$C_{18:0}$	$C_{18:1}$	$C_{18:2}$	$C_{18:3}$
1.3	60	1.75	8.0	4.2 <sup>a</sup>	44.9 <sup>a</sup>	36.5 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>
2.8	18	1.34	13.0	4.7 <sup>b</sup>	45.4 <sup>a</sup>	35.1 <sup>b</sup>	3.7 <sup>b</sup>
4.2	22	0.90	15.5	5.1 <sup>c</sup>	45.6 <sup>a</sup>	33.7 <sup>c</sup>	4.5 <sup>c</sup>

Table 6. Effect of nickel catalyst concentration on fatty acid composition of soybean oil hydrogenated to an iodine value 110

Content(%)	Time(Min.)	d(N)/dt	K <sub>1</sub> /K <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> /K <sub>3</sub>	Fatty acid composition(%)			
					C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>
0.005	30	3.67	1.41	4.25	7.6 <sup>c</sup>	44.2 <sup>b</sup>	36.2 <sup>c</sup>	3.7 <sup>c</sup>
0.01	20	5.50	1.80	6.50	6.9 <sup>c</sup>	44.2 <sup>b</sup>	34.8 <sup>b</sup>	3.0 <sup>b</sup>
0.05	9	12.22	2.12	6.85	5.8 <sup>b</sup>	41.1 <sup>a</sup>	39.0 <sup>a</sup>	3.0 <sup>b</sup>
0.1	8	13.75	2.37	7.25	6.0 <sup>a</sup>	41.9 <sup>a</sup>	38.5 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>

Table 7. Effect of nickel catalyst concentration and added lecithin on fatty acid composition of soybean oil hydrogenated to an iodine value 110

Content(%)	Time(Min.)	d(N)/dt	K <sub>1</sub> /K <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> /K <sub>3</sub>	Fatty acid composition(%)			
					C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>
0.05	50	2.20	0.70	0.9	6.4 <sup>b</sup>	42.3 <sup>b</sup>	35.4 <sup>b</sup>	4.8 <sup>b</sup>
0.1	18	6.11	0.96	15.5	5.1 <sup>a</sup>	45.6 <sup>a</sup>	33.7 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>

경우는 첨가한 경우보다 반응속도는 1.9~2.2배 빨랐으며 리놀렌산 감소량이 크고 리놀레산 감소량이 작으며 스테아르산 증가량이 큰 것으로 관찰되었다.

#### 4. 촉매량의 영향

촉매량의 영향은 Table 6, 7과 같다. 레시틴을 첨가하지 않은 경우(Table 6) 촉매량이 0.005%에서 0.1%로 높아졌을 때 반응시간은 22분, 반응속도 비율은 3.7배 빠른 것으로 관찰되었다.

지방산 조성의 변화를 살펴보면 스테아르산의 경우 촉매량이 0.005%에서 0.1%로 높아짐에 따라 7.6%에서 6.0%로 증가량이 적어졌으며 0.01% 이하에서는 유의적 차가 없었다. 올레산의 경우 촉매량이 0.005%에서 0.1%로 높아짐에 따라 증가량이 적었으며 0.01% 이하에서는 유의적 차가 없었다. 리놀레산 함량의 변화는 촉매량이 0.005%에서 0.1%로 높아짐에 따라 증가하였으며 0.05% 이상에서 유의적 차가 없었다. 리놀렌산의 경우 촉매량이 0.005%에서 0.1%로 높아짐에 따라 감소하였으며 0.05%와 0.01%에서 유의적 차가 없었다( $P > 0.05$ ).

결과적으로 촉매량의 변화에 따른 지방산 조성의 변화는 촉매량이 0.005%에서 0.1%로 높아짐에 따라 스테아르산은 증가량이 적어지고 리놀렌산은 잔존량이 적어졌으며 리놀레산은 증가하고 올레산은 감소하였다.

Table 7과 같이 레시틴을 첨가한 경우 촉매량 0.01% 이하에서는 수소첨가 반응이 일어나지 않았고 촉매량 0.05%에서 0.1%로 높아지면 반응시간은 32분, 반응속도 비율은 2.7배 증가하였다.

지방산 조성의 변화를 살펴보면 촉매량 0.05%에서 0.1%로 높아짐에 따라 5% 수준에서 유의적으로 스테아르산 함량은 증가량이 적어졌고 올레산 함량은 3.3% 증가하였으며 리놀레산 및 리놀렌산 함량은 각각 1.7%, 0.3% 감소하였다.

Table 6, 7을 비교해 보면 레시틴을 첨가하지 않은 실험군은 첨가한 실험군보다 반응속도는 2.2~5.5배 빠르고 지방산 조성의 변화는 올레산 증가율이 적고 리놀레산의 감소율이 적었으며 리놀렌산 감소율은 큰 것으로 관찰되었다.

## IV. 결 론

요오드값 134인 콩기름을 요오드값 110으로 부분 수소첨가 반응시 지방산조성 변화 및 반응성에 대한 실험결과는 다음과 같다.

1. 온도에 따른 지방산 함량 변화는 반응온도가 170℃에서 210℃로 높아짐에 따라 스테아르산 량의 증가는 적어지고 리놀레산 량은 증가하며 리놀렌산 량은 감소하게 되며 레시틴을 첨가한 시료는 첨가하지 않은 시료에 비해 리놀렌산 잔존량이 많고 스테아

르산 증가량도 많았다.

2. 압력의 변화에 따른 지방산 조성의 변화는 압력이 1.3atm에서 4.2atm으로 높아짐에 따라 스테아르산, 리놀렌산의 함량은 유의적으로 증가하였으며 레시틴을 첨가한 시료도 스테아르산, 리놀렌산이 유의적으로 증가하였고 리놀레산이 유의적으로 감소하였다.

3. 촉매량의 변화에 따른 지방산 조성의 변화는 촉매량이 0.005%에서 0.1%로 높아짐에 따라 스테아르산은 증가량이 적어지고 리놀렌산은 잔존량이 적어졌으며 리놀레산은 증가하고 올레산은 감소하였다. 또한 레시틴을 첨가한 시료는 유의적으로 스테아르산 함량은 증가량이 적어졌고 올레산은 증가하였으며 리놀레산 및 리놀렌산 함량은 감소하였다.

4. 레시틴을 첨가한 경우 반응속도는 첨가하지 않은 경우보다 콩기름의 반응시간이 2배~6배 늘어나 반응이 느려짐을 알 수 있었다.

## 문 헌

1. 安田耕作 : 油脂의 水添(1), 油化學, 36(1), 75 (1987).
2. Beckmann, H. j. : Practical Hydrogenation, Journal of the American oil Chemists' Society, 60, 234A(1983).
3. 伊東耕二 : 食用硬化油의 製造와 利用의 實際, 油脂, 41(8), 81(1988).
4. Koritala, S. and Dutton, H. J. : Selective hydrogenation of soybean oil with sodium borohydride-reduced catalysts. Journal of the American oil chemists' society, 43(1), 86(1966).
5. Cowan, J. C., et. al. : Flavor evaluation of copper-hydrogenated soybean oil. Journal of the American oil chemists's society, 47, 410 (1970).
6. 柳原昌一 : 食用固形油脂, 建帛社, 東京, 69 (1975).
7. 安田耕作, 福永良一郎, 松井宣也 : 油脂製品の知識, 幸書房, 東京, 186(1976).
8. Evans, C. D. et. al. : Room odor evaluation of oils and cooking fats, Journal of the American oil chemists' society, 49(10), 578(1972).
9. 大田靜行 : 油脂의 改質(3). 選擇的 水素添加, 油脂, 33(10), 72(1980).
10. 伊東耕二 : 食用硬化油의 製造와 利用의 實際, 油脂, 40(9), 67(1987).
11. Ottessen, I. and Jensen, B. : Influence of remaining phosphatides during hydrogenation of soybean oil, Lecture presented during the I. S. F./A. O. C. S. Congress, New York, U. S. A. (1980).
12. Official Methods and Recommended Practics of the American Oil Chemists' Society Fourth Edition, Ce-1-62(1990).
13. Official Methods and Recommended Practics of the American Oil Chemists' Society Fourth Edition, Ce-7-25(1990).
14. Official Methods and Recommended Practics of the American Oil Chemists' Society Fourth Edition, Ce-1-25(1990).
15. 윤기중 : 통계학, 법문사, Page 439(1987).
16. Albright, L. F. : Quantitative measure of selectivity of hydrogenation of triglycerides. Journal of the American oil chemists' society, 42 (3), 250(1965).
17. Schmidt, H. J. : Hydrogenation of triglycerides containing linolenic acids. I. Calculation of selectivity. Journal of the American oil chemists' society, 45(7), 520(1968).
18. Official Methods and Recommended Practics of the American Oil Chemists' Society Fourth Edition, Tz Ia-78(1990).