

食用 大豆油 硬化時 反應條件이 異性體 生成에 미치는 影響

최 역* · 주현규 · 이시경

*신우산업, 건국대학교 농화학과

The Effects of Various Reaction Conditions on Trans Isomer Formation in Hydrogenating Edible Soybean Oil

Choi Eok*, Hyun-Kyu Joo and Si-Kyung Lee

*Shin Woo Co., Department of Agricultural Chemistry, KonKuk University, Seoul 133-701, Korea

Abstract

Edible hardened soybean oil is processed by hydrogenation of refined soybean oil in order to upgrade the heat and oxidation stability and to improve flavor and physical nature. This study aims to investigate the influences of various reaction conditions on iodine value, fatty acid composition and trans isomer formation in hydrogenating soybean oil. In case that hardening temperature is 180°C, trans acid formation increased by 6.2 times more under 3.0 kg/cm²H₂ than under 0.5 kg/cm²H₂, while linolenic acid decreased in contents. In case of 200°C of hardening temperature trans acid formation showed 4.6% higher under 0.5 kg/cm²H₂ than under 3.0 kg/cm²H₂ while contents of linolenic and linoleic acids showed 0.51% and 2.5% lower respectively. It is concluded that 200°C of hardening temperature under 0.5 and 3.0 kg/cm²H₂ is better condition because trans isomers are little produced, and iodine value and linolenic acid content decreased in hardening soybean oil.

Key words: hydrogenating, soybean oil, trans isomer, iodine value

서 론

水素添加에 의하여 만들어진 硬化油(hardened fat)는 食用硬化 大豆油, 食用硬化 魚油, 食用硬化 棉實油 등이 있으며 食用유지 공업(마아가린, 쇼팅), 식품가공업, 비누공업, 고무, 염화비닐, 윤활제 등의 諸工業에서 이용된다. 경화유에 관한 연구로는 1897~1905년 Sabatier와 Senderens⁽¹⁾가 불포화 유기합물을 Ni촉매하에 수소 첨가반응을 시도하였고 그후 1903년 Normann⁽²⁾은 공업적으로 경화유를 최초로 제조하여 특허를 얻었다. 또한 Baiely⁽³⁾ 및 柳⁽⁴⁾에 의하면 대두유를 食用유로서 shortening, margarine, salad oil, frying oil 등으로 사용할 수 있음을 시준하였으며 Cowan 등⁽⁵⁾은 대두유(soybean oil)가 튀김(frying), 조리(cooking)시에 어취와 비슷한 냄새가 발생한다고 보고하였으며, Cowan 및 Evans 등⁽⁶⁾은 수소 첨가가 품질을 개량하며 이는 linolenic acid 함유량의 저하와 관계가 있다고 언급하였다. 대두유(soybean oil)의 수소첨가 반응에서 리놀레닌산(linolenic acid, C_{18:3})을 선택적으로 완전히 환원하는 것이 요망되어 대두유중에 함유되어 있는 8% 이상의 linolenyl기를 제거하면 열,

산화안정성이 향상되고 풍미가 개선된다는 보고도 있다^(6,7). 그러나 천연 유지의 불포화 지방산의 이중결합은 일반적으로 cis형 이지만 수소화에서 통상 Ni 촉매를 사용하면 trans 이성체의 생성이 증가한다고 하였다⁽⁸⁾. Enig⁽⁹⁾는 trans 지방산이 지방막을 변화시키고, 또한 지방막에 관계하는 효소활성에 관하여 생물학적 성질을 변화시킨다고 하였으며, Hopkins⁽¹⁰⁾는 trans 산이 암의 발생을 촉진시킨다고 보고하였고 Anderson⁽¹¹⁾은 trans 산이 사람의 혈청 cholesterol을 증가시킨다고 하였다. Reitz⁽¹²⁾에 의하면 trans 이성체의 생성증가는 영양 및 의학적인 면에서 바람직하지 않다고 하였다. 또한 Cowan⁽⁵⁾, Evans⁽⁶⁾, 安⁽⁷⁾, 丁靜 등⁽¹³⁾은 경화시에 풍미가 개선되고 또한 응집이 상응하며 경도(hardness)도 변화한다고 하였다. 특히 食用유지 공업의 수소화에서는 trans 이성체의 무생성이 요망되지만 아직 반응조건(온도, 압력, 교반속도, 촉매종류 등)에 따른 trans 이성체의 무생성이나 감소에 관한 연구는 별로 알려진 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 食用 경화 대두유의 수소첨가 반응 조건중 온도와 압력, 그리고 촉매독의 첨가량을 달리하였을 때 이것이 trans 이성체의 생성, linolenic acid 및 옥소가에 미치는 영향을 조사하고자 본 실험을 시도하였다. 이에 경화조건별로 시간을 달리하였을 때 경화 대두유의 화학적 변화에 관한 연구 결과를 보고하고자 한다.

Corresponding author: Joo, Hyun-Kyu, Department of Agricultural Chemistry, KonKuk University, Seoul 133-701, Korea

재료 및 방법

재료

공시 정제 대두유는 옥소가 125.5, 검화가 189.5로 분석된 국내 J사에서 생산된 제품을 사용하였으며, potassium iodide는 Hayashi Pure Chemical Co.제 특급시약, Sodium thiosulfate와 iodine은 Shin Yo Pure Chemical Co.제 특급시약, DL-methione은 BDH Chemical Ltd. (England)제를 사용하였다. catalyst는 The Haishaw Chemical Co.(Netherland)의 Rissan 22, Nickel catalyst이고 nickel content는 fully active 22% Ni, physical form은 black waxy flake였다. 또한 hydrogen은 서울 식품공업(주)의 제품으로 수전기분해한 99.99%의 순품을 사용하였다.

방법

시료(정제 대두유) 1 kg을 autoclave에 주입하고 수소 첨가 반응 조건을 온도 150°C, 180°C, 200°C로 설정하고 수소압력 0.5 kg/cm² 및 3.0 kg/cm²하에서 반응시켰다. 이때 Ni촉매의 첨가량은 시료에 대하여 각각 0.5%씩을 첨가하였으며 교반속도는 300 rpm이었다. 반응시간의 경과에 따라 일정량의 시료를 취하여 free fatty acid (FFA), iodine value(IV), saponification value는 American Oil Chemists' Society(A.O.C.S)법에 준하였고 지방산 조성은 Gas Liquid Chromatograph(Shimadzu G.C 7AG, Japan), trans 이성체의 생성량은 Infrared Spectrophotometer(Hitachi 215 IR)를 각각 이용하여 A.O.C.S 법으로 분석하였다.

결과 및 고찰

경화온도와 수소압력에 따른 옥소가, linolenic acid 및 trans 이성체의 변화

경화유 제조시 경화 온도 150°C, 수소압력 0.5 kg/cm²으로 하였을 때(group A)의 실험결과는 Table 1과 같다. 표에서와 같이 경화시간의 경과에 따라 반응 초기의 옥소는 125.5에서 서서히 저하되어 150분 후에는 119.4로 6.1이 저하되었고 linolenic acid는 8.95%에서 8.11%로 0.84%가 감소되었으며, trans 이성체는 경화 시간 120분까지는 별다른 변화가 없었으나, 150분 후에는 1.09%가 증가하였다. 또한 경화온도를 150°C로 하고 수소압력을 3.0 kg/cm²로 변경시(group B)의 실험결과는 Table 2에서와 같이 경화 시간의 경과에 따라 linolenic acid는 7.41%로 1.54%가 감소되었으며, trans 이성체는 4.03%에서 6.23%로 2.2%가 증가되었다. 옥소는 9%가 저하되어 압력을 0.5 kg/cm²으로 하였을 때보다 3%가 저하되었고 경화온도 150°C인 경우 압력 0.5 kg/cm²H₂하에서 3 kg/cm²H₂보다 옥소와 linolenic acid는 각각 2.9와 0.7%가 증가되었고 trans 이성체는 1.11%가 감소되었다. 한편, 경화 온도를 180°C로 상승시키고 압력을 0.5 kg/cm²H₂로 하였을 때(group C)의 결과는 Table 3과 같다. 이 조건에서도 앞의 두 조건에서와 같이 경화시간이 경과함에 따라 옥소는 5.7이, linolenic acid는 0.57%가 감소되었고 trans 이성체는 1.34%가 증가되는 현상을 보였다. 이상의 세조건에서의 결과는 모두 trans 이성체가 경화시간의 경과에 따라 다소 증가하였으나 그 생성은 매우 낮았다. 그러나 옥소의 저하가 매우 적어서 경화반응이

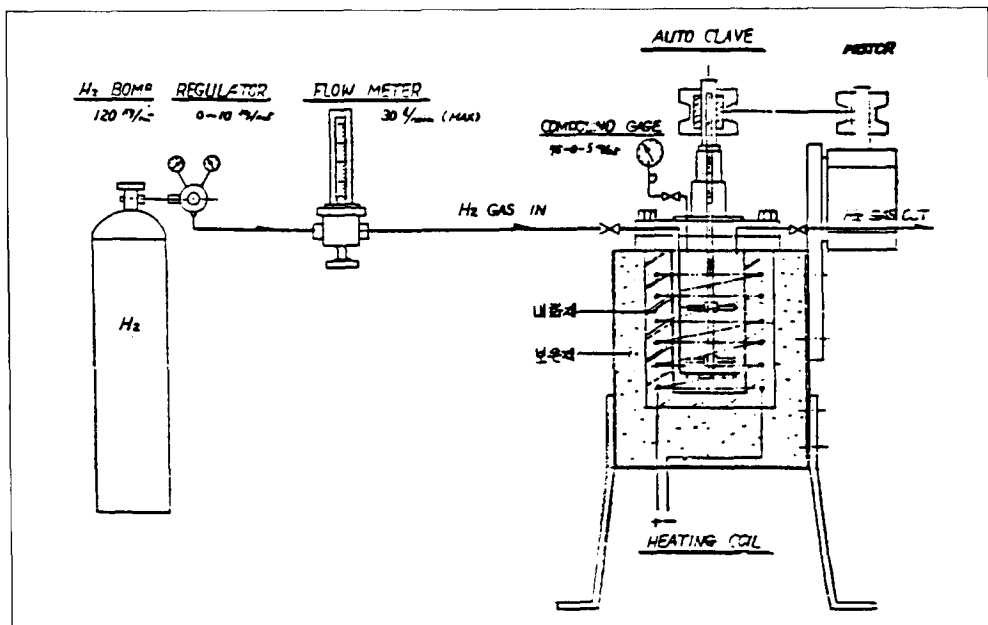


Fig. 1. Schematic diagram of hydrogenation pilot plant

Table 1. Effect of various reaction time on Iodine value, fatty acid composition and trans isomer formation in hydrogenating soybean oil (unit:%)

Reaction time (min)	0	30	60	90	120	150
C _{16:0}	10.83	10.56	10.95	11.19	10.82	10.67
C _{18:0}	4.01	4.43	4.54	4.41	4.44	4.47
C _{18:1}	22.53	22.44	23.10	23.03	23.96	24.50
C _{18:2}	53.68	54.09	53.17	53.37	52.76	52.25
C _{18:3}	8.95	8.48	8.33	8.00	8.02	8.11
Trans isomers (%)	4.03	3.41	3.94	3.83	3.84	5.12
Iodine value	125.5	123.2	121.5	119.9	119.6	119.4

Reaction conditions: 150°C, 0.5 kg/cm²H₂, 300 r.p.m., 0.11 % as Ni

Table 2. Effect of various reaction time on Iodine value, fatty acid composition and trans isomer formation in hydrogenating soybean oil (unit:%)

Reaction time (min)	0	30	60	90	120	150
C _{16:0}	10.83	10.67	10.8	10.98	10.92	10.53
C _{18:0}	4.01	3.58	4.7	4.29	4.55	4.57
C _{18:1}	22.53	25.07	23.85	24.16	24.90	27.24
C _{18:2}	53.68	52.46	52.82	52.31	51.97	50.22
C _{18:3}	8.95	8.23	7.8	8.53	7.64	7.41
Trans isomers (%)	4.03	3.85	4.55	4.96	5.52	6.23
Iodine Value	125.5	121.6	119.4	118.7	118.0	116.5

Reaction conditions: 150°C, 3.0 kg/cm²H₂, 300 r.p.m., 0.11 % as Ni

Table 3. Effect of various reaction time on Iodine value, fatty acid composition and trans isomer formation in hydrogenating soybean oil (unit:%)

Reaction time (min)	0	30	60	90	120	150
C _{16:0}	10.83	10.61	10.61	10.61	10.51	10.55
C _{18:0}	4.01	4.43	4.83	4.43	4.48	4.63
C _{18:1}	22.53	25.54	22.55	23.13	23.80	25.14
C _{18:2}	53.68	54.09	53.87	53.34	52.68	51.38
C _{18:3}	8.95	8.29	8.57	8.47	8.50	8.28
Trans isomers (%)	4.03	3.42	3.72	4.43	5.02	5.37
Iodine Value	125.5	122.1	121.7	120.9	120.9	119.8

Reaction conditions: 180°C, 0.5 kg/cm²H₂, 300 r.p.m., 0.11 % as Ni

거의 진행되지 않았으며, linolenic acid도 같은 경향을 보여 거의 감소가 없었다. 한편 온도를 180°C 로 올리고 압력도 3.0 kg/cm²H₂로 높였을 때(group D)의 결과는

Table 4. Effect of various reaction time on Iodine value, fatty acid composition and trans isomer formation in hydrogenating soybean oil (unit:%)

Reaction time (min)	0	30	60	90	120	150
C _{16:0}	10.83	10.68	10.63	10.67	10.44	10.55
C _{18:0}	4.01	4.66	5.11	5.56	6.21	6.75
C _{18:1}	22.53	25.94	30.05	35.78	42.91	48.50
C _{18:2}	53.68	51.18	47.43	42.22	36.01	30.87
C _{18:3}	8.95	7.51	6.76	5.54	4.41	3.31
Trans isomers (%)	4.03	5.06	7.76	9.97	14.20	33.53
Iodine Value	125.5	118.5	113.9	107.6	101.8	95.4

Reaction conditions: 180°C, 3.0 kg/cm²H₂, 300 r.p.m., 0.11 % as Ni

Table 5. Effect of various reaction time on Iodine value, fatty acid composition and trans isomer formation in hydrogenating soybean oil (unit %)

Reaction time (min)	0	30	60	90	120	150
C _{16:0}	10.83	10.72	10.79	11.02	10.98	10.72
C _{18:0}	4.01	4.09	4.06	4.30	4.36	3.98
C _{18:1}	22.53	23.12	22.80	26.31	31.61	45.61
C _{18:2}	53.68	53.32	53.88	50.43	46.16	35.43
C _{18:3}	8.95	8.72	8.45	7.91	6.85	4.23
Trans isomers (%)	4.03	3.75	4.97	5.85	8.93	17.52
Iodine Value	125.5	122.9	120.9	117.9	113.9	102.9

Reaction conditions: 200°C, 0.5 kg/cm²H₂, 300 r.p.m., 0.11 % as Ni

Table 4와 같다. 이 조건에서는 경화 시간의 경과에 따라 옥소가 차이가 초기 125.5에서 95.4로 현저한 저하를 보여, 그 차이가 압력 0.5 kg/cm²의 경우보다 약 5배 이상이 되어 저압시보다 경화에 현저한 진행이 있음을 나타내었다. 또한 linolenic acid도 5.6%가 감소되어 품질면에서 유리한 결과를 보였다. 그러나 경화온도 180°C 의 경우 trans 이성체의 증가량은 압력 0.5 kg/cm²H₂ 보다 3.0 kg/cm²에서 월등히 높아 약 20배 이상이 되었다.

한편 경화온도를 200°C 로 올리고 압력을 0.5 kg/cm²H₂ 로 조정시(group E)의 결과는 Table 5와 같다. 옥소가 반응 120분까지는 11.6이 저하되었고, 그 이후 급속히 반응이 진행되어 감소량이 22.6을 나타내었으며 linolenic acid함량도 120분에서 2.1%, 150분에서 4.72%가 감소되어 좋은 결과를 보였으며, trans 이성체의 생성도 낮아 품질면에서 우수하였다.

또한 온도를 200°C 로 하고 수소압력을 3.0 kg/cm²로 증가시켰을 때(group F)의 결과는 table 6과 같다. 옥소는 경화시간에 따라 급감하여 150분 후에는 21.8이 저하되고 linolenic acid는 4.21%가 감소되는 경향을 보

Table 6. Effect of various reaction time on Iodine value, fatty acid composition and trans isomer formation in hydrogenating soybean oil (unit:%)

Reaction time (min)	0	30	60	90	120	150
C _{16:0}	10.83	10.63	10.82	10.73	10.62	10.71
C _{18:0}	4.01	4.29	4.46	4.78	5.22	5.52
C _{18:1}	22.53	24.46	27.83	32.87	35.84	41.07
C _{18:2}	53.68	53.34	48.97	44.99	42.21	37.93
C _{18:3}	8.95	8.26	7.89	6.61	6.09	4.74
Trans isomers (%)	4.03	3.76	9.80	3.49	9.96	12.92
Iodine Value	125.5	121.2	117.5	122.4	109.1	103.7

Reaction conditions: 200°C, 3.0 kg/cm²H₂, 300 r.p.m., 0.11 % as Ni

Table 7. Effect of various reaction time on Iodine value, fatty acid composition and trans isomer formation in hydrogenating soybean oil (unit:%)

Reaction time (min)	0	30	60	90	120	150
C _{16:0}	10.83	10.96	10.54	10.96	11.52	10.91
C _{18:0}	4.01	4.65	4.88	4.73	5.98	5.06
C _{18:1}	22.53	25.55	27.00	29.71	39.88	38.86
C _{18:2}	53.68	50.66	48.43	46.75	35.64	39.06
C _{18:3}	8.95	8.16	8.74	7.82	6.95	6.09
Trans isomers (%)	4.03	14.43	11.86	10.99	12.77	17.28
Iodine Value	125.5	122.2	120.4	117.9	115.5	112.0

Reaction conditions: 180°C, 3.0 kg/cm²H₂, 300 r.p.m., 0.11 % as Ni, S 2 ppm

였는데 이는 압력을 0.5 kg/cm²H₂로 하였을 경우보다는 감소량이 적었다. 그러나 trans 이성체는 경화 온도 200°C의 경우 수소 압력 0.5 kg/cm²에서 보다 3.0 kg/cm²의 조건에서 trans 이성체의 생성량이 적었으며 이는 보문⁽¹⁴⁻¹⁶⁾ 등과 일치함을 알 수 있었다. 이상의 결과에서 trans 이성체의 생성은 옥소가가 너무 높아 반응이 거의 없었던 group A, B, C의 조건을 제외하고는 본 조건에서 그 생성이 가장 낮은 것으로 나타났다.

觸媒毒(catalyst poison) 첨가에 따른 옥소가, linolenic acid 및 trans 이성체의 변화

유지의 경화시 경화온도를 180°C, 수소압력을 3.0 kg/cm²으로 하고 촉매독(catalyst poison)으로 sulphur 2 ppm을 첨가시(group G)의 결과는 Table 7과 같다. 표에서 보는 바와 같이 경화시간에 따라 경화 150분에 옥소가는 125.5에서 13.5가, linolenic acid는 2.86%가 감소되었고, 반대로 trans 이성체는 13.25%가 증가되었다. 또한 같은 조건에서 sulphur 함량을 4 ppm으로 증가시켰을 때(group H)의 결과는 Table 8에 표시된 바와

Table 8. Effect of various reaction time on Iodine value, fatty acid composition and trans isomer formation in hydrogenating soybean oil (unit:%)

Reaction time (min)	0	30	60	90	120	150
C _{16:0}	10.83	10.89	10.74	10.74	11.05	10.86
C _{18:0}	4.01	4.58	4.82	5.16	5.69	5.85
C _{18:1}	22.53	24.97	26.52	30.60	39.29	54.25
C _{18:2}	53.68	51.82	49.86	45.71	36.50	25.85
C _{18:3}	8.95	7.71	8.02	7.75	7.43	3.16
Trans isomers (%)	4.03	5.71	6.61	8.70	14.69	25.19
Iodine Value	125.5	119.2	117.9	112.4	105.2	90.6

Reaction conditions: 180°C, 3.0 kg/cm²H₂, 300 r.p.m., 0.11 % as Ni, S 4 ppm

같이 경화시간이 경과함에 따라 경화 150분에는 옥소가가 34.9나 현저히 감소되고 linolenic acid는 5.79%나 감소하였다. 그러나 trans 이성체는 경화 150분 후에 21.16%나 증가되었다. 이상에서와 같이 촉매독 sulphur 첨가시, 같은 조건에서 sulphur를 첨가하지 않은 경우 보다는 trans 이성체가 감소하였으나, 경화시간의 경과에 따라 trans 이성체의 생성이 증가하는 것은 Klostermann 등⁽¹⁷⁾의 보고와 일치하였다. 또한 촉매독 2 ppm 첨가시는 4 ppm 첨가시 보다 옥소가와 linolenic acid의 시간별 감소량이 적어 경화속도가 늦여서 불리하였으나 trans 이성체의 생성은 소량 증가하였다. 따라서 180°C의 경화온도에서 촉매독 첨가로 인한 옥소가의 감소와 trans 이성체 생성의 감소를 동시에 만족시키는 개선효과는 얻지 못하였다.

이상의 결과에서 각 group별 옥소가는 경화시간의 경과에 따라 저하되는 경향을 보였고 그중 group H와 group D의 조건에서 옥소가가 가장 낮았고 group A, B, C의 조건에서 높은 것으로 나타났다. 즉 온도가 높으면 반응속도가 증가하고, 0.5 kg/cm²H₂보다는 3.0 kg/cm²H₂에서 옥소가가 낮아 반응속도도 증대되는 경향을 보이고 있다. 이러한 결과는 Haster⁽¹⁶⁾나 Koritala 등⁽¹⁸⁾의 보고와 일치하였다.

linolenic acid는 각 조건별 경화시간 150분에서 옥소가가 나타나는 속도와 같은 순위로 감소하였으며, 그중 group H에서 linolenic acid의 감소량이 현저하게 많았다. 대두유 중에 존재하는 linolenic acid의 함량을 3% 전후로 감소시키면 熱, 觸化 安定性 및 風味改善에 알맞는 것으로 보고된 바 있다^(6,7). 본 실험에서는 group D와 group H는 linolenic acid가 각각 3.31%, 3.16%이고 group E와 group F는 각각 4.23%, 4.74%를 나타내어 그 함량으로 보아 group D와 group H가 유리하나 이 조건에서는 유해한 trans 이성체의 생성량이 본 실험 조건들 중에서 가장 높아 좋지 않은 결과를 보였다.

한편 trans 이성체의 생성량으로 보아서는 group A,

B, C의 조건에서 가장 적었기 때문에 유리하다고 생각되나 옥소가, linolenic acid 함량의 감소가 적어 경화효과가 없어서 바람직하지 못하였다. 경화 효율과 품질을 고려하여 이상의 결과를 종합하면 옥소가와 linolenic acid의 감소량이 많고 trans 이성체의 생성량이 적은 조건에서의 제품이 양호하기 때문에 본 실험에서의 경화 최적 조건은 옥소가와 linolenic acid로 보아서는 group H와 D의 경우가 가장 유리하였으나 trans 이성체의 생성이 너무 많아서 제품의 품질이 불량하였다. 그러나 group E와 F의 조건에서는 옥소가도 많이 감소하였고, trans 이성체가 비교적 적게 생성 되었으므로 여러 조건중에서 가장 양호하다고 생각된다.

요 약

국내에서 생산된 정제 대두유의 열, 산화 안정성을 향상시키고 풍미, 물성의 개량과 이용도를 높이기 위하여 수소첨가에 의한 식용경화 대두유 제조시 반응 조건을 달리하여 주요 지방산 조성, 옥소가 및 trans 이성체의 생성에 미치는 영향을 조사하였다. 180℃의 반응조건에서 trans 산의 생성은 압력 3.0 kg/cm²H₂에서 0.5 kg/cm²H₂에서 보다 6.2배 증가하였고 linolenic acid는 감소하였다. 그러나 경화온도 200℃의 경우 압력 0.5 kg/cm²H₂에서 3.0 kg/cm²H₂보다 trans 이성체 생성이 4.6%가 많았으며, linolenic acid, linoleic acid 함량은 각각 0.51%, 2.5%가 감소하였다. 경화온도 180℃, 압력 3.0 kg/cm²H₂와 sulphur 4 ppm을 첨가한 조건에서 옥소가와 linolenic acid가 감소하여 유리하였으나, trans 이성체의 생성이 가장 많아 불량하였다. 그러나 경화온도 200℃, 압력 0.5 kg/cm²H₂와 3.0 kg/cm²H₂의 조건하에서 trans 이성체의 생성이 비교적 적게 생성되었고, 옥소가와 linolenic acid도 감소되어 최적 조건이라 생각된다.

문 헌

1. Sabatier, P.: Catalysis in organic chemistry translated

by Reid, E.E. and Van Nostrand, New York, 127 (1922)
 2. Normann, W.: British Patent 1515 (1903)
 3. Bailey, A.E.: Industrial oil and fat products, Interscience Publisher, 224 (1964)
 4. 柳原昌一: 食用固型油脂, 建帛社, 東京, 69 (1975)
 5. Cowan, J.C., Evans, C.D. and Dutton, H.J.: Flavor evaluation of copper hydrogenation soybean oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **47**, 470 (1970)
 6. Evans, C.D., List, G.R. and Cowan, J.C.: Room order evaluation of oils and cooking fats. *J.A.O.C.S.*, **49**, 578 (1972)
 7. 安田耕作, 福永良一, 松井宣也: 油脂製品の知識. 幸書房, 東京, 86 (1979)
 8. Conen, J.W.E.: Hydrogenation of edible oils. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **53**, 382 (1976)
 9. Enig, M.G.: Trans fatty acid in the modern diet, Nation Renderers Association Convention (1979)
 10. Hopkins, G.T. and West, C.E.: Possible roles of dietary fat in carcinogenesis. *Life Sciences*, **19**, 1103 (1976)
 11. Anderson, J.T.: Hydrogenated fats in the diet and lipids in the serum of man. *J. Nutrition*, **75**, 388 (1961)
 12. Reitz, R.C.: Effects of ethylenic bond position upon acyltransferase activity with isomeric cis. *J. Biol. Chem.*, **243**, 2241 (1968)
 13. 工靜男: 不飽和 脂肪油의 選擇水添觸媒. 油化學, **8**, 253 (1959)
 14. 原田一良: 油脂化學의 知識. 幸書房, 東京, 92 (1978)
 15. 安田耕作, 福永良一, 松井宣也: 油脂製品の知識. 幸書房, 東京, 95 (1979)
 16. Hostert, R.C.: Hydrogenation, a tool, not an epithet, A.O.C.S. conference on dietary fats and health, Chicago, December 6-11 (1981)
 17. Klostermann, K. and Habert, H.: Reactions of sulphur compounds on silica-supported Nickel. *J. Catalyst*, **63**, 355 (1980)
 18. Koritala, S. and Dutton, H.J.: Selective hydrogenation of soybean oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **43**, 556 (1966)

(1994년 11월 22일 접수)