

食用油脂의 酸化過程에 대한 日射光線, 白熱燈光線, 螢光燈光線 및 殺菌燈光線의 促進作用에 대하여

具 滋 賢 · 金 東 勳

高麗大學校 農科大學 食品工學科

(1971년 9월 10일 수리)

Effect of Sunlight, Incandescent, Fluorescent, and Ultraviolet Lights on the Oxidation of Edible Soybean Oil

by

Ja Hyun Koo and Dong Hoon Kim

Department of Food Technology, College of Agriculture, Korea University

(Received September 10, 1971)

Abstract

Samples of refined soybean oil were irradiated with lights from a 20-watt incandescent tungsten lamp, a 20-watt fluorescent daylight type lamp, a 20-watt low-pressure mercury vapor germicidal lamp, and direct sunlight for an experimental period of 147 days. Some samples were stored in a dark room throughout the period as a control.

The peroxide values of all samples were measured every week. The induction period of the samples was arbitrarily taken as the time required for the samples to reach a peroxide value of 15. The induction period of the control was estimated at 198 days. Those of the samples irradiated with the incandescent light, the fluorescent light, the ultraviolet light, and the sunlight were estimated at 196, 119, 52 and 6 days, respectively.

The sunlight showed by far the strongest prooxidant activity whereas the incandescent light showed the weakest but distinct prooxidant activity. The small temperature differences observed among the various samples throughout the experimental period did not seem to affect the oxidation rates of the irradiated samples in any significant way.

서 론

食用油脂 및 脂肪質食品의 酸化의 원인이 그 自動酸化에 있으며 또 各種光線이 이 自動酸化를 촉진하여주는 사실은 널리 알려져 있다.

Lundberg⁽¹⁾는 赤外線영역까지 이르는 모든 波長의 光線이 油脂의 酸化를 촉진한다고 말하고 있다. Bate-Smith와 Morris⁽²⁾는 紫外線과 400 m μ 에서 500 m μ 까지의 光線 즉 청색 및 자색의 可視光線은 油脂에 대해서 강한 酸化促進作用을 가졌다고 말하고 있다. Coe와

Leclerc⁽³⁾, Greenback와 Holm⁽⁴⁾, Coe⁽⁵⁾도 이와 비슷한 실험결과를 보고하고 있다. 한편 Smits⁽⁶⁾은 照射光線의 波長이 짧아짐에 따라 그 酸化促進作用은 증가하며 그 促進作用은 照射光線에서 發射되는 light quantum의 에너지함량에서 예상되는 정도를 훨씬 넘는 크기라고 말하고 있다.

최근에 와서 Radtke⁽⁷⁾은 383, 458, 509, 577 및 635 m μ 의 單色光線을 食用大豆油에 照射하여 실험한 결과 그 酸化促進作用이 照射強度(μ W/cm²) 또는 照明強度(Lux)보다는 照射光線의 波長에 의해서 더 큰 영향을 받으며 短波長光線일수록 그 促進作用이 강하였다고 보

고하고 있다.

紫外線의 酸化促進作用^(8,9)과 그 機構^(1,10,11,12)에 대해서도 널리 연구되어 왔다. 防腐의 목적으로 照射된 殺菌燈光線 즉 紫外線이 脂肪質食品의 酸敗를 촉진하는 사실은 잘 알려져 있다⁽¹³⁾.

日射光線 특히 直射日射光線의 酸化促進作用은 매우 강하며 直射日射光線의 照射는 食用油脂에 급격한 酸敗를 가져온다.^(14,15)

그러나 지금까지의 各種光線의 食用油脂에 대한 酸化促進作用에 관한 많은 연구는 주로 單色光線, 紫外線, 日射光線 등을 단독으로 사용한 경우가 많았으며 各種光線의 促進作用의 비교실험은 적었다. 더구나 白熱燈, 螢光燈光線과 같은 照明光線, 殺菌燈光線 그리고 日射光線의 長期照射의 영향에 대한 비교연구는 별로 없었다.

이상과 같은 長期照射에 의한 영향에 관한 비교연구는 실제 이와같은 환경속에서 진열되거나 저장된 食用油脂 또는 脂肪質食品의 저장성을 검토하는데 있어서 중요하다고 생각된다. 따라서 本實驗에서는 이상의 光線에 장기간 照射된 食用大豆油의 酸化過程에 대한 各光線의 酸化促進作用을 비교 연구하기로 하였다.

실험 방법

시 료

本實驗에서는 各種光線照射用 油脂試料로서 精製 食用大豆油(Proctor and Gamble Co., Cincinnati, Ohio)가 사용되었다.

照射實驗에 사용되기 직전의 이 食用大豆油의 過酸化價, 遊離脂肪酸價 및 沃度價는 각각 3.8 ± 0.3 , 0.33 및 119 ± 2 이었다. 過酸化價는 후술의 방법으로, 遊離脂肪酸價는 Triebold의 저서에 있는 방법으로⁽¹⁶⁾ 측정하였으며 한편 沃度價는 AOAC 公定試驗法 중의 Hanus⁽¹⁷⁾法으로 측정하였다.

실험 장치

地下室暗室에 한쪽면에 출입구를 가진 완전히 光線이 차단된 칸막이 (60 cm × 60 cm × 150 cm) 4개를 제작 설치하여 각 칸막이 바닥의 중심위치에서 100 cm의 높이에 20와트 一般照明用 白熱 텡그스텐 電燈 (20-watt incandescent gas-filled tungsten filament lamp), 20와트 一般照明用 晝光色 螢光燈 (20-watt fluorescent daylight type lamp), 20와트 殺菌用 低壓水銀燈 (20-watt low-pressure mercury vapor germicidal lamp) 각 1개씩을 고정시키고 또 하나의 칸막이는 實驗對照試料을 위한 暗室로서 사용하였다.

한편 照射實驗에 사용될 試料가 50 그램씩 들어있는 petri dish(직경 9.1 ± 0.1 cm, 높이 2.3 ± 0.1 cm) 3개씩

을 각 칸막이의 중심부에 두었다. 이상과 같은 petri dish 3개를 아침에 採光이 좋은 실험실에 갖다두어 直射日射光線의 照射를 받도록 하고 日沒時 또는 直射日光的 照射가 불가능한 경우에는 暗室에 두었다. 實驗對照試料는 全實驗期間중 實驗對照用칸막이 속에 두었다.

各種光線의 照射는 1970년 10월 17일부터 시작되었으며 아침(오전 9시경)에 日射光線照射試料를 日射光線에 照射하는 동시에 다른 칸막이의 光源에도 點燈하고 日射光線照射試料를 暗室로 다시 갖다들 때 다른 칸막이의 光源도 동시에 消燈하여 各種光線의 照射時間이 日射光線照射時間과 일치하도록 하였다. 照射實驗은 1971년 3월 13일까지 147일간 계속되었다.

各照射試料의 酸化速度의 비교

各照射試料의 酸化速度는 過酸化價의 增加速度와 誘導期間의 길이로서 비교하도록 하였다. 過酸化價는 全實驗期間을 통해서 매주 1회씩 各照射試料에 대해서 동시에 측정하였다. 過酸化價측정은 Wheeler⁽¹⁸⁾의 방법과 Lundberg와 Chipault⁽¹⁹⁾의 방법을 약간 수정하여 사용하였으며 各照射實驗區 3개의 petri dish 속의 試料의 過酸化價를 측정하여 그 평균치로서 그 照射試料의 過酸化價로 하였다.

各試料의 溫度測定

한편 照射實驗期間 중의 各照射試料의 溫度變化를 비교하기 위해서 매일 오전 9시경과 오후 5시경의 두차례에 걸쳐 試料溫度를 측정하였다.

결 과

實驗期間중의 各試料의 溫度測定結果의 일부를 요약하면 표 1 및 그림 1과 같다. 白熱燈, 螢光燈, 殺菌燈 즉 紫外燈 그리고 直射日光에 照射된 試料 및 實驗對照試料는 편의상 白熱燈, 螢光燈, 紫外燈, 日射光線으로 표시하였다.

그림 1에서 알 수 있듯이 白熱燈照射試料와 螢光燈照射試料의 溫度는 全照射實驗期間을 통해서 거의 동일 하였으며 實驗對照試料의 溫度보다 1 내지 2°C 가량 높은 분포를 보여 주었다.

紫外線照射試料의 溫度도 全照射實驗期間을 통해서 대체로 實驗對照試料의 溫도와 비슷하였다. 한편 日射光線照射試料의 溫度는 全照射期間을 통해서 實驗對照試料보다 약간 높은 溫度분포(평균 3° 내지 6°C., 실험최종일 제외)를 보여주었다.

한편 全照射實驗期間을 통해서 매주 실시한 各試料의 過酸化價 測定結果는 표 2와 같다. 各試料의 酸化速度의 비교를 위해 本照射實驗의 始作日(1970. 7. 17)

표 1. 照射實驗에 사용된 各試料溫度의 실험기간중의 변화

년월일	시료구분	實驗 對 照	白 熱 燈	螢 光 燈	紫 外 燈	日 射 光 線
1970년	9.40시	16°C	18°C	18°C	18°C	20°C
10월 23일	17.20시	16°C	19°C	19°C	18.5°C	24°C
10.30	9.30	10.5	8.5	8.5	9	8.5
	17.00	11	12.5	12.5	12	13
11.11	9.50	9.5	8.2	8	8	10
	17.00	10	11	11	10.5	18
11.20	10.20	9	8.5	8.5	8.5	10
	17.15	9	11.2	11.2	10.8	21
11.30	10.25	3	0	0	0	3
	17.00	3.8	3.2	3	2.8	4
12.10	10.30	2	1	1	1	2
	17.00	4	6	5.5	3	4
12.21	10.50	3.3	1.8	1.8	1.8	4
	17.00	3.5	4.5	4.5	4	7
12.30	10.30	2.2	3.8	3.8	2.8	4.5
	17.40	3.2	5.2	5.2	4.5	0.5
1971년	10.30시	5	7	7	6.5	6
1월 11일	17.00시	6.5	9.5	9.5	9	6
1.20	11.10	11	12.5	12.5	11	8.7
	17.20	11	13	13	11.2	10
1.28	11.30	9.5	11	11	9.5	14.5
	17.30	—	—	—	—	—
2.10	11.00	10	12.5	12.5	11	7
	17.10	—	—	—	—	15
2.24	9.00	10	13	13	11.5	16
	16.00	—	—	—	—	—
3. 3	11.00	11.8	13.8	13.8	12.7	25
	16.45	—	—	—	—	—

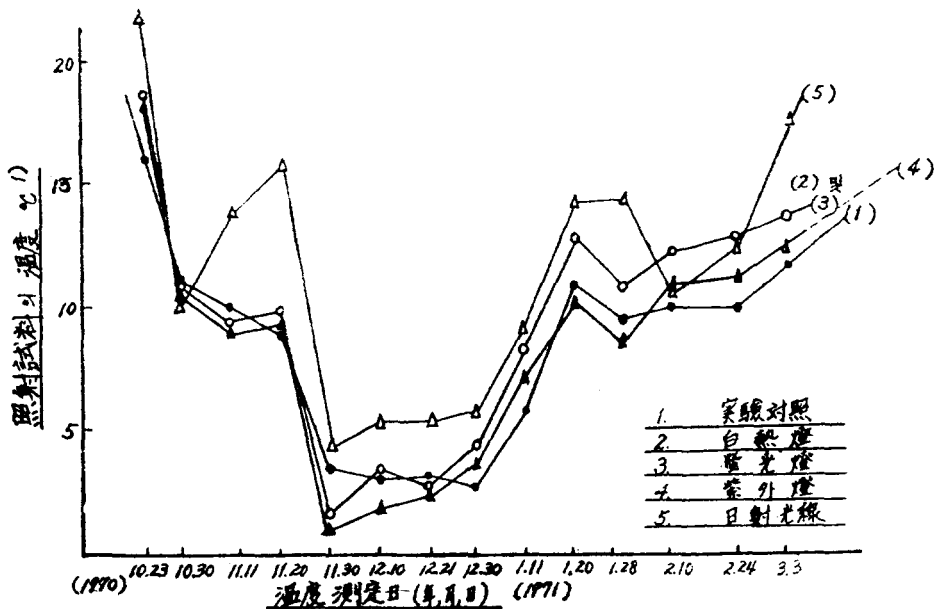


그림 1. 照射實驗에 사용된 各試料溫度*의 實驗期間중의 변화 *午前, 午後測定溫度의 平均値임

표 2. 各種光線을 照射한 試料(食用大豆油)의 過酸化價

測定日字		試料區分	實驗 對 照	白 熱 燈	螢 光 燈	紫 外 燈	日 射 光 線
1970년	10월 17일		3.3±0.3	3.8±0.3	3.8±0.3	3.8±0.3	3.8±0.3
	10 24		3.7±0.2	4.3±0.5	5.4±0.5	4.9±0.5	12.7
	11 1		3.6±0.4	3.3±0.4	6.0±0.8	7.3±0.4	25.0±1.1
	11 7		3.8	4.2±0.4	6.5±0.7	7.4±0.3	37.2±1.3
	11 14		3.9±0.5	4.3	6.6±0.5	9.2±0.5	48.4±1.6
	11 21		3.6±0.2	4.1±0.4	7.5±0.3	10.0±0.6	53.6±1.9
	11 28		3.6	4.1±0.3	7.9±0.4	10.4±1.2	54.7±1.6
	12 5		4.1±0.2	4.6±0.3	8.0±0.3	13.0±1.5	62.1±1.5
	12 12		4.7	4.8±0.1	9.1±0.4	14.4±0.7	65.3
	12 19		5.6±0.3	6.5±0.6	10.3	22.3±0.5	71.1±4.0
	12 26		5.3±0.3	6.8±0.6	10.3±0.7	25.9	70.0
	1971년	1월 2일		5.8±0.3	6.6	11.2±0.5	36.0
1 9			5.8±0.4	6.9±0.4	11.3±0.3	94.1	86.7±2.5
1 16			5.9	6.9±0.3	11.0±0.5	148	84.0
1 23			6.6±0.1	7.2±0.5	13.6±0.3	198	94.0±8.8
2 1			7.7±0.6	9.5	14.2±0.5	286	139 ±3.0
2 6			8.3	9.8±1.1	14.1±1.5	316	135 ±18
2 14			8.1±0.4	10.8±0.4	14.6±0.6	329	181 ±19
2 20			7.8	10.7±0.8	15.2±0.8	350	277 ±5.0
2 27			8.4±0.8	10.5±0.7	17.9±0.5	787	413
3 6			8.7±0.7	12.8±1.9	19.2±1.3	900	667
3 13			9.6±0.6	12.4	19.3	990	773

標準偏差가 없는 數値는 2回測定值의 平均値임.

표 3. 各種光線을 照射받은 試料 (食用大豆油)의 過酸化價(Peroxide value)와 照射日數*와의 關係

照射日數	試料구분	實驗 對 照	白 熱 燈	螢 光 燈	紫 外 燈	日 射 光 線
0		3.8±0.3	3.8±0.3	3.8±0.3	3.8±0.3	3.8±0.3
7		3.7±0.2	4.3±0.5	5.4±0.5	4.9±0.5	12.7
21		3.8	4.2±0.4	6.5±0.7	7.4±0.3	37.2±1.3
35		3.6±0.2	4.1±0.4	7.5±0.3	10.0±0.6	53.6±1.9
49		4.1±0.2	4.6±0.3	8.0±0.3	13.0±1.5	62.1±1.5
63		5.6±0.3	6.5±0.6	10.3	22.3±0.5	71.1±4.0
77		5.8±0.3	6.6	11.2±0.5	36.0	75.3±2.2
84		—	—	—	94.1	—
91		—	—	—	148	84.0
98		6.6±0.1	7.2±0.5	13.6±0.3	—	94.0±8.8
107		—	—	—	—	139 ±3
120		8.1±0.4	10.8±0.4	14.6±0.6	—	—
133		8.4±0.8	10.5±0.7	17.9±0.5	—	—
147		9.6±0.6	12.4	19.3	—	—

* 各種光線의 하루의 照射時間은 日射光線照射時間과 동일 하도록 調節되었다.
 [標準偏差 (S.D.)表示가 없는 測定值는 2回측정치의 平均치 임].

고 찰

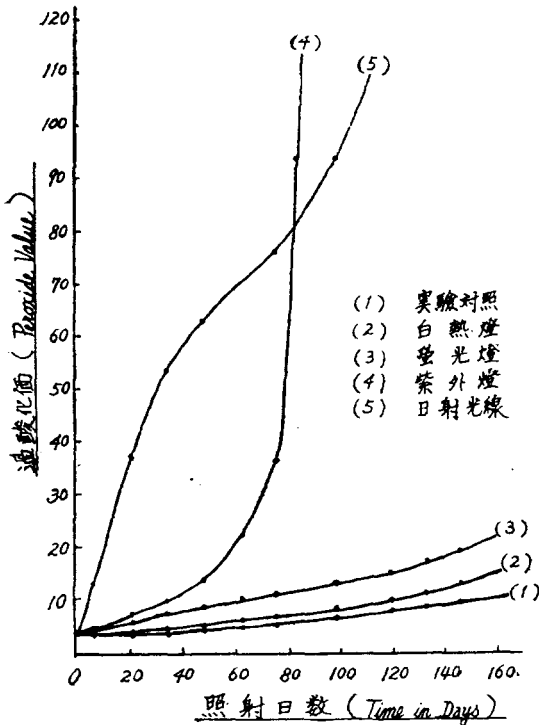


그림 2. 各種光線의 照射量 받은 試料(食用大豆油)의 過酸化價의 照射日數 經過에 따른 變化.

을 기준으로 하여 照射日數의 경과에 따르는 各試料의 過酸化價의 變化를 표시한 것이 각각 표 3 및 그림 2 이다.

各照射實驗試料의 酸化速度를 비교하는 또 하나의 방법으로 各照射試料의 誘導期間을 측정하였다. 이 誘導期間은 本實驗에서는 편의상 各試料의 過酸化價가 15가 되는데 소요되는 시간(일수)으로 정하였다. 實驗對照, 白熱燈, 紫外燈, 直射日射光線照射試料의 誘導期間은 각각 198, 166, 119, 52 및 6일 이었다(표 4 참조).

표 4. 各種光線을 照射한 試料(食用大豆油)의 誘導期間*

시 료 구 분	유 도 기 간(日數)
實 驗 對 照	198
白 熱 燈	166
螢 光 燈	119
紫 外 燈	52
日 射 光 線	6

* 本 照射實驗에 사용된 試料(食用大豆油)의 過酸化價가 15되는데 소요되는 시간(일수)을 그試料의 誘導期間으로 하였다.

各光線照射試料의 酸化速度의 비교 및 실제 照明光線의 照射效果에 대한 고찰.

그림 2에서 볼 수 있듯이 白熱燈照射試料의 酸化速度는 다른 光線照射試料과 같이 현저하지는 않았으나 實驗對照試料의 酸化速度보다는 컸으며 그 차이는 全照射期間을 통해서 볼 때 有意的이었다.

그 誘導期間은 166일로서 實驗對照試料의 誘導期間 198일과 비교할 때 약 1개월이나 단축된 것이었다. 이와 같은 白熱燈照射試料의 加速된 酸化速度는 白熱燈光線의 직접적인 영향 이외에도 光線照射에 의한 加熱效果에 의한 간접적 영향도 생각할 수 있다. Feuge⁽²⁰⁾에 의하면 한 油脂基質의 溫度의 상승은 그 基質의 自動酸化의 速度를 촉진시키되 그 速度는 基質溫度가 10°C 상승할 때마다 약 2배로 증가하며 따라서 그 誘導期間은 반으로 감소한다고 한다.

사실 이 試料은 全照射期間을 통해서 實驗對照試料보다 1내지 2°C 가량 높은 온도분포를 보여 주었으나 두 試料사이의 溫度差가 근소하였던 사실을 고려할 때 白熱燈照射試料의 촉진된 酸化速度는 주로 白熱燈光線의 照射效果에 기인된다고 볼 수 있다.

한편 螢光燈照射試料의 酸化速度는 實驗對照試料의 酸化速度와 비교할 때는 물론 白熱燈照射試料의 酸化速度와 비교하여도 더 컸으며, 그 誘導期間도 119일로서 實驗對照試料 및 白熱燈照射試料의 誘導期間보다 각각 79 및 47일이 더 단축된 것이었다. 이 螢光燈照射試料의 경우도 白熱燈照射試料의 경우와 똑같은 이유로 加熱效果에 의한 酸化促進作用은 중요하지 않은 듯 하다.

소위 殺菌燈으로 알려진 低壓水銀蒸氣燈은 주로 254 mμ을 중심으로하는 短波長의 紫外線을 방출하는 것으로 알려져 있다. 紫外線이 油脂에 대해서 강력한 酸化促進作用을 갖고있는 사실은 널리 알려져 있으며 이미 언급한 바 있다.

本照射實驗의 결과도 이와같은 사실을 입증하고 있다. 즉 紫外線照射는 實驗對照試料의 誘導期間을 189일에서 52일, 즉 약 4분의 1로 단축시켰으며 그 促進作用은 照射實驗 後半期에 특히 현저하였다. 이 試料의 溫度分布는 全實驗期間을 통해서 實驗對照試料의 溫度分布와 거의 같았으므로 加熱效果에 의한 酸化促進作用은 생각하기 어렵다.

本照射實驗에서 日射光線은 가장 파괴적인 酸化促進作用을 보여주었다. 그 誘導期間은 6일로서 實驗對照試料의 198일의 33분의 1밖에 안된다. 日射光線照射試料은 전술한 바와같이 實驗對照試料보다 평균 3° 내지

6°C (최종일 제외)가량 높은 溫度分布를 보여주었다.

이와같은 日射光線의 加熱效果가 照射試料의 酸化速度를 촉진하는데 있어서 다소 기여하였을지도 모르나 日射光線의 엄청난 酸化促進作用이 주로 照射된 日射光線自體에 기인 함은 전술의 Feuge⁽²⁰⁾의 말을 빌리지 않아도 자명한 일이다.

本實驗에서 白熱燈照射試料가 받은 照明強度는 일반적으로 약 16 Lux 정도로 추산되나 실제 상점등에서 사용되고 있는 照明強度는 100내지 500 Lux 정도로 알려져 있다. 따라서 상점등에 진열된 食用油脂나 脂肪質食品은 本照射實驗의 경우보다 더 강력한 白熱燈, 螢光燈의 照射를 받을 가능성이 크며 그 酸化促進作用은 비록 包裝된 상태의 食用油脂나 脂肪質食品의 경우라도 무시할 수는 없을 것이다. 보통 사용되는 透明유리는 70 내지 80%, 플라스틱 필름은 60 내지 80%의 日射光線을 투과할 뿐만 아니라⁽²¹⁾, 보통 사용되는 얇은 包裝紙도 상당량의 日射光線을 투과하는 사실이 알려져 있으므로 本實驗에서 본 바와같은 日射光線의 파괴적인 酸化促進作用에 비추어볼 때 비록 包裝된 상태라도 食用油脂 또는 脂肪質食品을 直射日光에 露出시키는 일은 바람직하지 못하다.

各光線의 特性과 그 酸化促進作用

本照射實驗의 結果를 볼 때 가장 강한 酸化促進作用을 가진 照射光線은 日射光線이었으며, 紫外燈, 螢光燈, 白熱燈光線의 순서였다.

日射光線을 제외한 세가지 光線의 最大에너지分布를 가진 波長은 紫外燈, 螢光燈, 白熱燈光線의 경우 각각 250 m μ , 및 450 m μ , 1,000 m μ 내외로 추정되며 이상의 光線의 酸化促進作用의 크기의 순서와 各光線중의 短波長光線의 에너지分布의 크기의 순서는 일치된다.

비록 單色光線을 사용한 實驗結果이기는 하나 照射된 油脂의 酸化速度는 照射強度(μ/Wcm^2) 또는 照明強度(Lux)의 크기 보다는 照射光線의 波長自體에 의해서 더 큰 영향을 받으며 그 促進作用은 短波長인 光線일수록 크다는 Radtke 들의⁽⁷⁾ 實驗結果와 本實驗結果를 비교하여보면 흥미가 있다. 本實驗에 사용된 光線들은 單色光線이 아니고 여러 波長의 光線을 넓게 포함하고 있으나 그 最大에너지分布를 가진 波長의 光線으로서 이상의 實驗에 사용한 光線을 대표시킨다면 本照射實驗의 結果도 Smits 들⁽⁶⁾ 혹은 Radtke 들의⁽⁷⁾ 實驗結果와 대체로 일치한다고 볼 수 있다.

한편 日射光線의 경우 그 最大 에너지分布를 가진 波長은 500 m μ 내외로 추정되며 특히 300 m μ 이하의 短波長의 紫外線은 地表에 도달되기 전에 그 대부분이 흡수 제거된다는 사실이 알려져 있다⁽²¹⁾. 그러나 日射光線의

照射에너지가 本照射實驗에 사용된 다른 照射光線의 에너지에 비해서 엄청나게 크다는 것은 더 말할 것도 없다. 일반적으로 日射光線은 4×10^4 내지 13×10^4 Lux의 照明強度를 갖고 있는 것으로 추정되고 있으며⁽²⁾ 한편 20 와트 白熱燈의 1 m 아래서의 照明強度는 16 Lux로 추정되고 있다. 그러므로 日射光線의 酸化促進作用을 고려할 때는 그 波長의 構成과 함께 그 엄청나게 큰 照射強度 내지는 照明強度를 고려하지 않을 수 없다.

요 약

20와트 白熱燈, 20와트 螢光燈, 및 20와트 殺菌燈光線과 直射日射光線을 정제된 食用大豆油에 147일간 照射하여, 各照射試料의 酸化速度를 그 過酸化價측정을 통해서 조사하였다.

各光線의 光源과 試料사이의 거리는 1 m였으며, 그 照射時間은 直射日射光線照射試料의 照射時間과 일치시켰다. 일부 試料는 전실험기간을 통해서 暗室에 두어 實驗對照用으로 사용하였다.

한편, 전실험기간을 통해서 매일 各光線照射試料의 溫度를 측정하여 溫度差에 의한 영향도 조사하였다.

各試料의 誘導期間을 그 試料의 過酸化價가 15가 되는데 소요되는 시간으로 정하여 各照射試料의 誘導期間을 推定하였다. 實驗對照試料, 白熱燈, 螢光燈, 殺菌燈 및 直射日射光線照射試料들의 誘導期間은 각각 198, 166, 119, 52 및 6일 이었다.

日射光線은 照射光線중 가장 강한 酸化促進作用을 보여주었다. 한편 白熱燈光線은 가장 약한 促進作用을 보여주었으나 그 酸化促進作用은 뚜렷하였다.

전실험기간을 통해서 各試料간의 溫度差는 근소하였으므로 照射光線의 加熱效果에 의한 영향은 별로 문제가 되지 않는 듯 하다.

문 헌

1. Lundberg, W. O.: Mechanism and Products of Lipid Oxidation in *Lipid and Their Oxidation*, The AVI Publishing Co., Inc. Westport, Connecticut (1962).
2. Bate-Smith, E. C. and Morris, T. N.: *Food Science*, Cambridge University Press, Cambridge, p. 213 (1952).
3. Coe, M. R. and Leclerc J. A.: *Oil and Soap*, 12, 231 (1935).
4. Greenback, G. and Holm, G. E.: *Ind. Eng. Chem.*, 33, 1058 (1941).

5. Coe, M. R.: *Oil and Soap*, 18, 241 (1941).
6. Smits, P., Becker, K. and Heiss, R.: *Fette·Seifen·Anstrichmittel*, 72, 490 (1970).
7. Radtke, R., Smits, P. and Heiss, R.: *Fette·Seifen·Anstrichmittel*, 72, 497 (1970).
8. Kenaston, C. B., Wilbur, K. M., Ottolenghi, A. and Bernheim, F.: *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, 32, 33 (1955).
9. Kuhn, H. and Luck, H.: *Fette·Seifen·Anstrichmittel*, 61, 860 (1959).
10. Lea, C.H.: The Oxidative Deterioration of Food Lipids in *Lipid and Their Oxidation*, The AVI Publishing Co., Inc., Westport, Connecticut (1962).
11. Waters, W. A.: Oxidation Process in Organic Chemistry in *Organic Chemistry*, John Wiley and Sons Co., Inc., New York (1953).
12. Luck, H., Nahar Rahman, Q. and Kohn, R.: *Fette·Seifen·Anstrichmittel*, 68, 1030 (1966).
13. Hersom, A. C. and Hulland, E. D.: *Canned Food*, Chemical Publishing Co., Inc., New York, p. 49 (1964).
14. Lea, C. H.: *Pro. Roy. Soc. (London)*, 108 B, 175 (1931).
15. Arya, S. S., Ramanujam, S. and Vijaraghavan, P. K.: *J. Am. Oil Chemists' Soc.*, 46, 28 (1969).
16. Triebold, H. O. and Aurand, L. W.: *Food Composition and Analysis*, D. Van Nostrand Co., Inc., Princeton, New Jersey, p.164 (1969).
17. Horwitz, W.(Ed.): *Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists*, 9th ed., A.O.A.C., Washington, D.C., p. 361 (1960).
18. Wheeler, D. H.: *Oil and Soap*, 9, 89 (1932).
19. Lundberg, W. O. and Chipault, J. R.: *J. Am. Chem. Soc.*, 69, 833 (1947).
20. Feuge, R. O.: Edible Oils in *Nutritional Evaluation of Food Processing*, John Wiley and Sons Co., Inc., New York (1960).
21. 栗原 福次: 플라스틱의 劣化, 日刊工業新聞社, 東京, p. 32 (1970).