

탈지참깨박 중 페놀산의 대두유에 대한 항산화 효과(III)

조희숙* · 안명수**

목포대학교 식품영양학과*, 성신여자대학교 식품영양학과**
(1999년 1월 11일 접수)

Antioxidative Effectiveness of Phenolic Acids in Defatted Sesame Meal on the Soybean oil

Hee Sook Cho* and Myung Soo Ahn**

Dept. of Food and Nutrition, Mokpo National University*, Dept. of Food and Nutrition, Sungshin Woman's University**
(Received January 11, 1999)

Abstract

The antioxidative effects of phenolic acids extracts from defatted sesame meal were investigated on the soybean oil. The free, ester and insoluble bound phenolic acids in the extracts from defatted sesame meal were isolated and their antioxidative activities were evaluated with commercial synthetic antioxidants such as BHA, AP and TBHQ. The patterns of these extracts were compared by using gas chromatography. Ether extracts from the defatted sesame meal showed a higher antioxidative effectiveness than BHA and AP. Among phenolic extracts, free phenolic acid and soluble phenolic acid ester were found most effective in the sesame meal. Each phenolic extract was confirmed to be composed of six or three individual compounds.

I. 서론

최근 들어서, 우리 나라는 식생활의 서구화로 인하여 육류를 비롯한 instant 식품과 fast food의 소비 증가로 지방질 식품의 섭취가 급증하고 있다. 이들 지방질을 함유한 식품은 가공, 저장 중 지방질의 산패에 의한 품질저하가 일어나 불쾌한 맛이나 냄새를 갖게 되며, 필수지방산이나 지용성 비타민의 파괴를 일으켜 영양가의 감소를 초래한다¹⁾. 또한 경우에 따라서는 산화생성물들에 의해 DNA가 손상되거나 체내의 효소를 불활성화시켜 대사 이상을 유발하거나, 암을 발생시키거나, 노화를 촉진시키기도 한다²⁾.

따라서, 산화로 인한 유지함유제품의 품질저하를 최소화 하고, 식품학적 가치를 높이기 위하여 다양한 항산화제가 이용되고 있으며 국내에서 허용된 식품 항산화제로는 Tocopherol류, BHT(butylated hydroxytoluene), BHA(butylated hydroxyanisole), isoamyl gallate, Ascorbic acid와 최근에 허용된 TBHQ(tertiarybutyl hydroxyquinone)

가 있다³⁾. 가장 널리 이용되어온 Tocopherol류는 항산화 효과가 비교적 낮은 편이고, BHA와 BHT는 효과는 비교적 뛰어나지만 변이원성 및 독성이 지적되고 있으며 다량 투여시 기형 발생 인자 및 발암물질이 생성되고 간, 폐, 순환계 질환을 유발하여 최대허용량을 유지 1kg당 0.2g으로 엄격히 규제되고 있다⁴⁻⁶⁾. 실제 사람이 식이를 통해서 섭취하고 있는 항산화제의 양은 이러한 질병을 유발시킬만한 양은 안되지만 합성항산화제 보다는 천연항산화제를 선호하고 있으므로 천연항산화제의 개발이 절실히 요구되는 실정에서 생산된 식용유지의 안정성을 높이기 위한 많은 연구들이 이루어지고 있다⁷⁾.

항산화제들은 유지의 자동산화과정 중의 hydroperoxide의 형성 과정에 있어서, 유지 속에서 연쇄반응에 참여하고 있거나, 참여할 각종 활성 유리 라디칼들(reactive free radicals)에 대해서 항산화제 분자 자체가 가지고 있는 활성 수소원자를 내줌으로써 라디칼을 활성이 없는 안정된 화합물로 만들어 주는 대신, 자신은 공명에

의해서 안정화된, 따라서 활성이 상대적으로 낮은 라디칼(resonance stabilized radical)이 된 후 다시 다른 라디칼들과의 상호반응에 의해서 라디칼이 아닌 안정된 화합물이 된다⁸⁾.

페놀계 항산화제들은 연쇄 반응에서 alkylperoxy radical이나 alkylradical에게 수소를 공여함으로써 그 radical을 제거하여 산화를 억제해 준다⁹⁾. 페놀계 항산화제가 free radical 반응을 억제시킬 수 있는 것은 페놀이 수소원자를 radical에게 제공하여 안정한 non-radical을 만들고, peroxy radical은 공명 혼성체를 형성할 수 있기 때문에 비교적 안정하여 산소와 반응이 어려워 free radical을 안정화시키는 결과가 된다¹⁰⁾.

천연물질 중에는 여러 가지 종류의 항산화력을 가지는 물질들이 존재하며, 목화, 땅콩 등 유지종자의 항산화 성분¹¹⁾, 귀리¹²⁾, chia 종자¹³⁾의 항산화 물질과 또한 rosemary, sage, thyme 등의 항산화 활성이 높은 물질이 보고되고 있다^{14,15)}. 한편 붉나무¹⁶⁾, 소목의 추출물¹⁷⁾ 및 미역, 다시마 등¹⁸⁾에서도 항산화 물질이 확인되고 있으며, Aloe¹⁹⁾, 오미자²⁰⁾ 등도 항산화 활성이 비교적 높게 나타났다. Hwang 등²¹⁾은 생 또는 볶은 한국 참깨에서 세사물의 함량을 측정된 결과 생, 볶은 참깨유의 메탄올 추출물 중의 세사물 함량은 0.22%와 0.09%였다고 보고하였다. Fukuda 등²²⁾과 福田²³⁾은 참깨와 이들의 압착박에는 토코페롤이나 세사물 이외의 항산화물질 즉, 폴리페놀화합물의 존재를 보고하였다. 또한 김 등²⁴⁾은 대두유-물 에멀전 시스템에서 참깨박 추출물의 항산화 효과는 0.02%의 BHT보다 우수하였음을 보고하였다. 참깨종자박에도 상당량의 폴리페놀산이 함유되어 있으나 참깨박 중의 페놀산의 존재형태, 그 함량이나 페놀산의 항산화 효과에 대한 구체적인 보고는 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 탈지참깨박으로부터 페놀산을 추출하여 함량을 측정하고 이들 추출물의 항산화 효과를 시판 대두유를 기질로 하여 합성항산화제인 BHA, AP 및 TBHQ의 항산화 효과와 비교하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료 및 시약

본 실험에 사용한 참깨는 전남 나주산을 구입하여 시료로 사용하였으며 항산화성 실험에 사용된 기질유지는 항산화제가 첨가되지 않은 대두유(서울 하인즈 주식회사)를 구입하였다. 표준시약인 BHA, AP,

TBHQ는 sigma사 제품을 사용하였고, 추출용매는 모두 특급 시약을 사용하였다.

2. 실험방법

1) 참깨의 일반성분

참깨의 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 A.O.A.C.²⁵⁾ 방법에 따라 실시하였다. 즉 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Micro-Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법, 조회분은 550°C 직접회화법에 준하여 분석하였다.

2) 탈지참깨박의 조제

참깨를 선별한 다음 분쇄기로 분쇄하여 45°C 건조기에서 하룻동안 건조시킨후 다시 분쇄하였다. 여기에 n-hexane을 첨가하여 waring blender로 5분간 균질화시킨 다음 5회 반복하여 지질을 제거 하였다. 용액과 잔사를 분리한 다음 n-hexane으로 1회 더 추출한 후 분리하여 상온에서 24시간 풍건한 것을 탈지참깨박 시료로 하였다.

3) 탈지참깨박 추출액의 조제

탈지참깨박 추출액은 Krygier 등²⁶⁾과 Kozłowska 등²⁷⁾의 방법에 준하여 실시하였다. 즉, 50g의 탈지 시료를 methanol과 acetone 혼합액 200ml로 5회 추출하고 6,000rpm에서 20분간 원심분리하여 상등액과 잔사로 분리하였다. 이 상등액을 200ml로 감압 농축한 후 free phenolic acid 및 soluble phenolic acid esters의 분리에 사용하였으며, 잔사는 insoluble bound phenolic acid의 추출에 사용하였다. 위의 농축액을 6 N-HCl로 pH를 조절한 다음 6,000rpm에서 20분간 원심분리하여 부유물을 제거하였고, hexane으로 3회 추출하여 지질을 제거하였다. 수층은 diethyl ether와 ethyl acetate(DE/EA) 혼합액으로 6회 추출하였으며, sodium sulfite anhydrous로 잔여수분을 제거하고 용매를 증발시켜 free phenolic acid를 얻었다. 한편 soluble phenolic acid esters의 추출을 위해서는 수층을 200ml의 4 N NaOH로 가수분해하고 pH 2로 조절하여 원심분리한 다음 상등액을 DE/EA 혼합액으로 위와 동일한 방법으로 추출, 농축하여 soluble phenolic acid esters를 얻었다. Insoluble bound phenolic acid의 추출을 위하여 methanol로 추출한 잔사를 알칼리 가수분해하고 pH 2로 산성화시켜 원심분리한 상등액을 hexane으로 3회 추출하여 지질을 제거하였다. 수층을 DE/EA 혼합액으로 위와 같은 방법으로 농축하여 insoluble bound phenolic acid를 얻었으며, 이상의

<Table 1> Operating condition for the phenolic acid determination by capillary Gas chromatography

Gas chromatography	5790A, Hewlett-packard
Column	6ft/2mm i.d., glass
Packing	Acid-Washed and Silanixed diat. 10% DEGS on 100-120 mesh chromosorb WHP
Carrier gas	N ₂ , 40ml/min.
Column temperature	200°C
Injector temperature	230°C
Detector temperature	FID at 250°C

phenol성 성분들은 15ml로 조절하여 보관·사용하였다.

4) 탈지참깨박 추출물 중의 페놀산 함량 측정

탈지참깨박의 페놀산 함량은 Gas chromatography (GC)로 실시하였으며 페놀성 물질은 휘발이 잘 되지 않으므로 trimethylsilyl 유도체를 만들어 GC로 분석하였다. 페놀산의 분석 조건은 Table 1과 같았다.

5) 탈지참깨박 추출물의 항산화 효과 측정

페놀산 추출물의 항산화 효과를 측정하기 위한 반응계는 이²⁸⁾의 방법으로 다음과 같이 하였다. 50g의 탈지참깨박에서 얻어진 유리형, 에스터형 및 불용성 결합형 페놀산 추출물들 각 15ml 중에서 탈지참깨박 30g에 해당되는 각 9ml를 200g의 대두유에 첨가하여 완전히 혼합한 뒤 50±2°C 항온수조에서 가온하여 용매를 제거하였다. 합성시판 항산화제도 메탄올에 녹여 0.02% 농도로 200g의 유지에 첨가, 혼합한 후 같은 방법으로 용매를 제거하였다. 각 시료를 30g씩 뚜껑있는 플라스틱 병에 담아 60±3°C의 항온기내에서 25일간 저장하면서 산가, 과산화물가를 측정함으로써 항산화 효과를 비교하였다. 한편 유도기간은 각 기질의 저장중의 과산화물가가 20meq/kg oil에 도달할 때 까지의 시간으로 임의적으로 정한 다음 각 시료유에 따른 상대적 항산화 효과(Relative Antioxidant Effectiveness, RAE)^{29,30)}를 전보³¹⁾에서와 같은 방법으로 산출하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 참깨의 일반성분

참깨와 탈지 참깨박 중의 일반성분을 분석한 결과는 Table 2와 같다.

<Table 2> Proximate compositions of whole sesame and defatted sesame meal (%)

	Whole sesame	Defatted sesame meal
Moisture	6.9	4.6
Total ash	3.9	5.6
Crude protein	19.2	37.3
Crude fat	49.0	0.5

2. 탈지 참깨박 중의 페놀산 함량

탈지 참깨박에서 추출한 세가지 형태의 페놀산 화합물 중에 함유된 각종 페놀산의 함량을 Gas chromatography에 의하여 측정한 결과는 Table 3과 같았다. 유리형 페놀산의 형태로는 umbelliferone, protocatechuic acid, syringic acid, gallic acid 및 chlorogenic acid 가 각각 48.1, 47.2, 45.0, 50.1mg/100g 함유되어 있어 chlorogenic acid가 가장 많으나 거의 유사한 양이 함유되어 있었으며 catechol은 10.3mg/100g으로 가장 적었다. 또한 에스터형과 불용성 결합형 페놀산에는 함유되어 있지 않는 protocatechuic acid와 chlorogenic acid가 유리형에는 많은 양이 함유되어 있었다. 에스터형 페놀산의 형태로는 catechol, umbelliferone, ferulic acid가 각각 45.3, 40.1, 24.2mg/100g 함유되어 catechol의 함량이 가장 높았다. 불용성 결합형 페놀산의 형태로는 syringic acid, gallic acid, caffeic acid가 각각 36.8, 30.2, 18.8mg/100g 함유되어 있었으며 동정되지 않는 물질들도 많았다. 그러나 유리형 페놀산과 에스터형 페놀산에 함유되어 있지 않는 caffeic acid가 18.8mg/100g 함유되어 있었다. 특히 탈지 참깨박 중에는 chlorogenic acid, syringic acid, protocatechuic acid, catechol등과 같은 항산화 효력이 강한 성분들이 많이 함유되어 있었으므로^{18,19)} 식용 대두유 기질에서 매우 높은 항산화 효과를 나타낼 것으로 생각되었다. 탈지 참깨박 중의 유리형 페놀산, 에스터 페놀산 및 불용성 결합형 페놀산의 함량은

<Table 3> The content of phenolic acids in the extract from defatted sesame meal (mg/100g defatted meal)

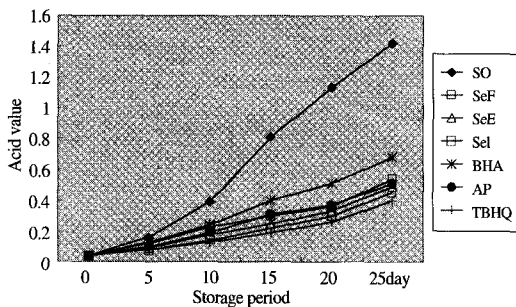
Phenolic acids	Free phenolic acids	Soluble phenolic acids	Insoluble phenolic acids	Total	phenolic acids/total phenolics(%)
Catechol	10.3	45.3		55.6	12.6
Vanillin					
Umbelliferone	48.1	40.1		88.2	19.9
Protocatechuic acid	47.2			47.2	10.7
Syringic acid	45.0		36.8	81.8	18.5
Gallic acid	46.1		30.2	76.3	17.3
Chlorogenic acid	50.1			50.1	11.3
Ferulic acid		242		24.2	5.5
Caffeic acid			188	18.8	4.3
Total	246.8	109.6	85.8	442.2	
Phenolic acids/total phenolics(%)	55.8	24.8	19.4		100

각각 246.8, 109.6 및 85.8mg/100g이었고 총 페놀산에 대한 각각의 비율은 55.8, 24.8, 19.4%로 유리형 페놀산의 함량이 에스터 페놀산 함량의 약 2.4배, 불용성 결합형 페놀산 함량의 약 3배 정도 더 많이 함유되어 있었다.

3. 항산화 효과

1) 산가의 변화

탈지참깨박 페놀산 추출물을 첨가한 대두유의 항산화 저장시 산가의 변화를 0.02%의 BHA, AP 및 TBHQ를 첨가한 경우와 비교한 결과는 Fig. 1과 같다. 저장 초기

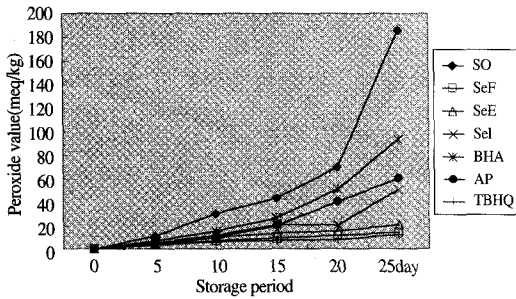


<Fig. 1> Changes of acid value in soybean oil samples added with various types of phenolic acids from defatted sesame meal during storage at 60°C for 25 days(SO: Soybean oil, SeF: Added with free phenolic acid of defatted sesame meal, SeE: Added with soluble phenolic acid esters of defatted sesame meal, Sel: Added with insoluble bound phenolic acid of defatted sesame meal)

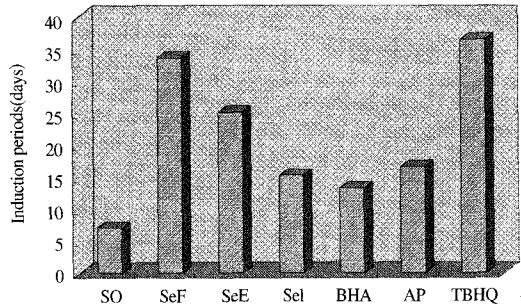
대두유 시료의 산가는 0.04였으나 60°C에서 25일 저장 후에는 TBHQ 첨가시료의 산가가 0.40으로 나타났고, 유리형 페놀산, 에스터 페놀산, AP, 불용성 페놀산, BHA, control 첨가시료들은 각각 0.45, 0.49, 0.51, 0.54, 0.68, 1.42로 나타나 유리형 및 에스터형 페놀산 첨가시료의 산가가 BHA나 AP보다 낮음을 알 수 있었고 유리지방산의 생성 억제 효과가 있음을 보여주었다. 특히 유리형 페놀산 첨가시료는 산패 지연 능력이 더 크게 나타났다. 이는 Fukuda 등²²⁾과 김 등²⁴⁾의 연구에서 폴리페놀물의 항산화 효과는 BHT 0.02%보다 우수하였다는 결과와도 유사하였다.

2) 과산화물가의 변화

탈지참깨박 페놀산 추출물을 첨가한 대두유의 항산화 저장시 과산화물가의 변화는 Fig. 2에 나타난 바와 같다. 항산화제 무첨가 시료인 control은 저장 초기의 과산화물가가 0.17meq/kg oil이던 것이 저장 기간이 길어질수록 급격하게 증가하여 저장 20일에는 70.13meq/kg oil, 25일 후에는 185.2meq/kg oil까지 증가하였다. 반면 유리형과 에스터형 페놀산 첨가시료는 저장기간 중에도 지속적으로 뚜렷한 항산화 효과를 보여주었고 저장 25일 경과후에도 각각 14.1, 20.3meq/kg oil을 나타내 유리형 및 에스터형 페놀산 첨가시료는 BHA, AP 첨가시료보다도 더 높은 항산화력을 보여주었다. 또한 유리 페놀산은 합성 항산화제 중 가장 우수한 것으로 나타난 TBHQ의 항산화력과 거의 유사할 정도로 높았으며 불용성 페놀산 첨가시료도 저장 10일 이후부터는 BHA 첨가시료보다 더 낮은 과산화물가를 나타내어 항산화 효과가 있음을 보여주었다. Fukuda 등²²⁾은 참



<Fig. 2> Changes of peroxide value in soybean oil samples added with various types of phenolic acids from defatted sesame meal during storage at 60°C for 25 days(SO: Soybean oil, SeF: Added with free phenolic acid of defatted sesame meal, SeE: Added with soluble phenolic acid esters of defatted sesame meal, SeI: Added with insoluble bound phenolic acid of defatted sesame meal)



<Fig. 3> Induction period of soybean oil samples added with various types of phenolic acids from defatted sesame meal during storage at 60°C for 25 days(SO: Soybean oil, SeF: Added with free phenolic acid of defatted sesame meal, SeE: Added with soluble phenolic acid esters of defatted sesame meal, SeI: Added with insoluble bound phenolic acid of defatted sesame meal)

깨중의 폴리페놀산이 0.02% BHT보다 유지에 대해 항산화 효과가 우수하였음을 보고하였고, 福田²³⁾은 참깨박중의 폴리페놀물질은 0.02% BHT보다 항산화 효과가 높았다고 한 것과 본 실험결과는 유사한 경향이였다.

3) 유도기간과 상대적 항산화 효과

유도기간과 상대적 항산화 효과는 Table 4와 Fig. 3에서 보는 바와 같다. 유도기간은 항산화제 무첨가 시료인 control 대두유가 7.05일, BHA첨가시료가 13.26일, AP첨가시료가 16.56일 인데 비하여 에스터형 페놀산,

유리형 페놀산 첨가시료는 각각 25.12일, 33.59일로 나타나 매우 안정함을 보여주었다. TBHQ 첨가시료는 control의 5배 이상 유도기간이 연장되었고 유리형 페놀산 및 에스터형 페놀산 첨가시료는 4.7배, 3.5배를 나타내어 AP 첨가시료 2.3배, BHA 첨가시료 1.8배에 비하여 아주 우수한 항산화 능력을 나타내었다.

IV. 요약

본 연구에서는 탈지참깨박의 기능성을 검토하기 위하여 탈지참깨박으로부터 페놀산을 추출하여 이들 추출물의 항산화 효과를 합성항산화제인 BHA, AP 및 TBHQ의 항산화 효과와 비교하였다. 탈지참깨박 중 페놀산 추출물은 유리형, 에스터형, 불용성 페놀산이 각각 246.8, 109.6, 85.8mg/100g으로 유리형이 가장 높았으며, 유리형 페놀산에는 6종류의 페놀산이 다량 함유되어 있었고 에스터형과 불용성 페놀산에는 각각 3종류의 페놀산이 함유되어 있었다. 탈지참깨박 중의 3가지 형태의 페놀산의 항산화력은 유리형이 가장 컸고 에스터형, 불용성 순으로 나타났는데 이것은 유리형 페놀산 group의 종류와 함량이 가장 많은 것에 기인하는 것으로 생각된다. 탈지참깨박 페놀산 추출물의 항산화 효과는 BHA나 AP(0.02%)보다 강한 것으로 나타났으며, 유리형 페놀산의 경우는 합성 항산화제 중 가장 우수한 것으로 나타난 TBHQ의 항산화력과 거의 유사할 정도로 높았다.

<Table 4> Induction periods and relative antioxidant effectiveness(RAE) of soybean oil samples added with various types of phenolic acids from defatted sesame meal during storage at 60°C for 25 days(SO: Soybean oil, SeF: Added with free phenolic acid of defatted sesame meal, SeE: Added with soluble phenolic acid esters of defatted sesame meal, SeI: Added with insoluble bound phenolic acid of defatted sesame meal)

Samples	Induction periods (days)	RAE
SO	7.05	100
SeF	33.59	476.45
SeE	25.12	356.31
SeI	15.25	216.31
BHA	13.26	188.08
AP	16.56	234.89
TBHQ	36.43	516.74

■ 참고문헌

- 1) 김지영 · 맹영선 · 이기영 · 이성택. 에탄올-물과 메탄올-물 혼합 용매를 이용한 대두 추출물의 항산화 효과, 한국조리과학회지, 12: 493, 1996
- 2) Shahi, F. and Wanasundara, P. Phenolic antioxidants, *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 32:67, 1992
- 3) Kasuga, A., Aoyagi, Y. and Sugahara, T. Antioxidant activities of edible plants, *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 35: 828, 1988
- 4) Branen, A.L. Toxicology and biochemistry of Butylated Hydroxyanisole and Butylated Hydroxytoluene, *JAOCS*, 1975
- 5) Chang, S.S., Matijasevic, B.O., Heis, O.A.L. and Hwang, C.H. Natural antioxidants rosemary and sage, *J. Food Sci.* 42: 1102, 1977
- 6) 이서래 · 신효선 · 최신. 식품화학, 신광출판사, 1995
- 7) Marshall, W.E.. Health foods, organic food, natural foods, *Food Tech.*, 28: 50, 1974
- 8) 김동훈 · 식품화학, 탐구당, 1990
- 9) Labuza, T. P. Kinetics of Lipid Oxidation in Foods. *CRC critical Rev. Food Technol.*, 335, 1973
- 10) Emanuel, N. M. and Lyaskovskaya, Y. N. The Inhibition of Fat Oxidation Process translated by Allen, K. A., Pergamon press Ltd., London, 13, 1967
- 11) Pratt, D.E. and Birac, P.M.. Source of antioxidant activity of soybeans and soy products, *J. Food Sci.*, 44: 1720, 1979
- 12) Daniels, D.G.H., et al Antioxidants in oats: Effects of phenolic acids. *J. Sci. Fd. Agi*, 14: 385, 1963
- 13) Taga, M.S., Miller, E.E. and Pratt, D.E. Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants, *JAOCS*, 61: 928, 1984.
- 14) Farag, R.S., Badei, A.Z.M.A., Hawe, F.M. and Elbaroty, G.S.A. Antioxidant activity of some spice essential oils on linoleic acid oxidation in aqueous media. *JAOCS*, 66: 792, 1989
- 15) Farag, R.S., et al. Influence of thyme and clove essential oils on cottonseed oil oxidation, *JAOCS*, 66: 800, 1989
- 16) 최웅 · 신동화 · 장영상 · 신재익. 식용유지에 대한 붉나무 추출물의 항산화효과. 한국식품과학회지, 24: 320, 1992
- 17) 임대관 · 최웅 · 신동화. 소목 추출물의 항산화효과, 한국식품과학회지, 28(1): 77, 1996
- 18) 조순영 · 유병진 · 장미화 · 이수정 · 성낙주 · 이응호. 수산 미이용 자원중에 존재하는 항산화물질의 검색. 한국식품과학회지, 26(4): 417, 1994
- 19) 우나리아 · 안명수 · 이기영. Aloe 추출물의 유지에 대한 항산화효과, 한국조리과학회지, 11(5): 536, 1995
- 20) 장은희 · 표영희 · 안명수 · 오미자. 추출물의 항산화 효과, 한국조리과학회지, 12(3): 372, 1996
- 21) Hwang, S.Z. and Ko, Y.S. Studies on the constituents of Korean edible oils and fats(part 4): A studies of the natural antioxidants of sesame and perilla seed, *Korean J. Natu.*, 15: 30, 1982
- 22) Fukuda, Y., Osawa, T. and Namiki, M. Antioxidant in sesame seed, *Nippon Shokuhin Kogo Gakkaishi*, 28: 462, 1981
- 23) 福田靖子. ゴマの 調理, 調理科學, 20(1), 1987
- 24) Kim, E.H. and Kim, D.H. Antioxidant activity of ethanol-extracts of defatted soybean, sesame, and perilla flours in a soybean oil-water emulsion system, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 13: 238, 1981
- 25) A.O.A.C. Official Methods of Analysis, 15th ed., Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C., p 994, 1990
- 26) Krygier, K., Sosulski, F. and Hogge. Free, esterified and insoluble bound phenolic acids, I. Extraction and purification procedure, *J. Agr. Food Chem.*, 30: 2, 1982
- 27) Kozłowska, H., Rotkiewicz, D.A., Zadernowski, R. and Sosulski, F.W. Phenolic acids in rape seed and mustard, *JAOCS*, 60(6): 1983
- 28) 이기영. 탈지들깨박에서 분리한 페놀화합물의 항산화 효과, 한국식품과학회지, 25(1): 9, 1993
- 29) 안명수. Caramel형 갈색화 반응 중간 생성물의 항산화 효과에 미치는 반응온도와 유기산 및 그 염의 영향에 대하여, 고려대학교 대학원 박사학위논문 1984
- 30) 손종연. 마이알 반응 생성물의 항산화 작용에 미치는 카페인산의 효과, 고려대학교 대학원 박사학위논문 1992
- 31) 조희숙 · 안명수. 탈지들깨박 중 페놀산의 대두유에 대한 항산화 효과 (I), 한국조리과학회지, 15(1): 1999.