

참깨 抗酸化物質의 機能과 含量 및 利用 展望

柳守魯* · 姜哲煥* · 李正日* · 李承宅* · 金寬洙* · 安炳玉*

Perspectives of Utilization and Function of Antioxidants in Sesame

Su Noh Ryu*, Chul Whan Kang*, Jung Il Lee*, Seung Tack Lee*,
Kwan Su Kim* and Byung Og Ahn*

目 次

- | | |
|-------------------------|---------|
| 1. 植物性 抗酸化 物質의 種類와 機能 | 4. 맺는 말 |
| 2. 참깨 抗酸化物質의 機能과 利用展望 | 參考文獻 |
| 3. 참깨의 抗酸化成分 含量의 品種間 差異 | |

ABSTRACT : Antioxidants of sesame have been reported to cure and prevent various diseases by means of diverse physiological activities, prevention of acidification in organisms, prevention of acidification and decay of lipids, cholesterol depression, preventive effects on chemical breast cancer, skin beauty and senescence inhibition, and so on. Recognizing their significance to health and disease prevention, researchers in Japan and America have given so much importance to study antioxidants in the last decade. In addition, they are actively pursuing studies on production, processing for food use and development of new varieties that have high antioxidant content. Recently, researchers in Korea have shown the same interest and have conducted similar studies, however, the importance of the following basic issues must be recognized to guide in future activities :

First, improvement of sesame quality must be done to raise the contents of not only the fat and fatty acid but also sesamin, sesamolin and sesaminol glucoside. For the use of these components it is necessary to study the gentic pattern and individual selections developed from minimum sample size and fast lipid analysis techniques.

Second, sesaminol of sesame has a remarkable function in preventing acidification and so sesame can be utilized as a food that prevents or delays aging caused by automatic acidification of fat. Therefore, for maximum medicinal benefit from sesame oil there is a need to develop food materials having new medicinal functions.

Third, the sesamin and sesamolin content of sesame germplasm collected in Korea showed lower ranges of 0.04~0.68 percent and 0.08~0.68 percent respectively, while Japanese germ-

* 作物試驗場(National Crop Experiment Station, RDA, Suwon 441-100, Korea.)

〈'96. 1. 15 接受〉

plasm showed 1.9 percent maximum content of sesamin. Thus, germplasm collection and analysis of worldwide genetic resources are urgently needed.

Key words : Sesame, Sesamin, Sesamolin, Sesaminol, Antioxidant.

참깨의 種實에는 50% 이상의 良質食用油와 25% 정도의 蛋白質을 含有하고 있으며, 참깨기름의 高소한 맛과 獨特한 香氣는 우리나라 國民의 嗜好에 알맞아 調味食用油로 널리 利用되고 있다²⁵⁾.

참깨기름은 oleic acid와 linoleic acid의 含有率이 높고 特有한 芳香成分으로 acetylpyrazine을 含有할 뿐만 아니라 強力한 抗酸化效果를 가진 lignan系 抗酸化成分을 多量 포함하고 있어서 그 品質은 매우 우수하다. 특히 최근에는 참깨에 含有되어 있는 抗酸化成分이 體脂肪의 過酸化脂質 移行을 防止 또는 遲延시킴으로써 老化를 억제하는 有效成分으로 알려지면서 食品으로서의 安定性이 있는 健康食品으로 各광을 받고 있다³⁰⁾.

최근 日本에서는 식품성분 중의 生理活性物質, 특히 老化抑制 및 癌 예방과 관련하여 천연식품성분에 존재하고 있는 抗酸化成分의 機能을 비롯하여 培養細胞에 의한 抗酸化物質의 대량생산에 대한 관심이 고조되고 있다.

일본 농림수산성은 바이오르네상스 계획으로 “新需要創出을 위한 生物機能開發·利用技術의 開發에 관한 總合研究”라는 대형프로젝트로 機能性 物質 高含有 品種의 探索 및 利用을 위한 研究를 1992년에 시작하였다. 미국에서도 1990년부터 200만 달러 예산으로 디자이너 후드계획(식물성 식품성분에 의한 암예방)이 시작되어 抗酸化物質에 많은 기대가 모아지고 있다.

이와 같은 배경에서 참깨종자가 다량의 지질 특히 불포화지방산을 많이 함유함에도 불구하고 저장성이 높으며 장기간의 저장에도 발아력을 갖는 특성 등의 생리적 기능을 지니고 있는 이유에 대한 해석연구를 최근 많이 진행하여 왔다. 그 결과 참깨로부터 sesaminol을 비롯해 지용성 및 수용성 리그난 형의 천연항산화물질을 발견하는데 성공하였다^{19,20,21,22)}.

또한, 日本의 바이오르네상스 計劃의 結果報告에 의하면³¹⁾ 참깨의 기능성 성분 함유량이 높고 농

업형질이 좋은 신품종의 육성을 목적으로 強抗酸化性 系統의 早期選拔을 위한 1/2립 분석용의 미량 시료마쇄 추출기를 개발하였으며, 환경에 의한 機能性 成分 含有量의 변동요인을 해명하는 등 함유량을 높이기 위한 연구에 박차를 가하고 있다.

本 論文에서는 抗酸化物質의 生體調節因子로서의 機能 특히 老化抑制의 기작을 명확히 하기 위하여 최근에 얻어진 결과들, 즉 酸化的인 生體傷害와 防禦機構, 老化抑制因子로서의 抗酸化成分의 응용개발 연구결과와 참깨 品質을 개량하기 위한 育種的인 측면에서의 抗酸化成分 關聯 研究에 대한 國內外 結果들을 고찰하였다.

1. 植物性 抗酸化物質의 種類와 機能

1) 抗酸化成分 含有植物 및 食品

人體에는 과적하게 생산된 「활성산소」에 의한 상해로부터 몸을 지키기 위하여 생체내에 존재하는 「항산화효소」 또는 「항산화물질」이 산화적 장해를 방어하지만 사람 몸속에 「활성산소」가 과적하게 생성하는 것과 같은 상황이 초래될 경우에는 생체내의 방어기구만으로는 불충분하게 되어 버린다. 따라서 일상 섭취하고 있는 식품중의 항산화물질이 우리들의 몸 안에서 산화적인 장해를 방어함으로써 어느 정도 노화를 막는 것도 가능한 것으로 보고 있다⁶⁾.

지금까지 보고된 항산화물질 고함유식물 및 식품에 들어가는 소재를 정리하면 표 1과 같다.

2) 酸化的 生體傷害와 防禦機構

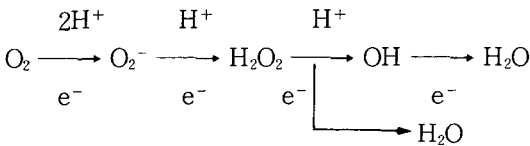
산소는 지구라는 호기성 환경중에 생활하는 대부분의 動植物에 있어 필요 불가결한 물질이지만 한편으로는 과다한 산소의 존재로부터 일어나는 酸消毒은 老化와 癌을 비롯한 여러가지 疾病에 큰 영향을 미칠 것으로 추정되어 이와 같은 酸消毒으로부터 우리의 몸을 지키기 위한 활성산소 및 항

Table 1. List of natural plant sources for the antioxidative assay.

Classification	Example
1. Plant	
1) Industrial crop	Sesame, Sunflower
2) Cereals	Color rice(Black, White), Wild rice, Leaf of barley
3) Soybeans	Black soybean, Peanut
4) Embryo bud	Rice, Wheat
5) Teas	Green tea, Black tea
6) Vegetables, fruit	
7) Plant leaf, wax	
8) Tree root	
9) Medicinal crops	
10) Seaweeds	
2. Fermentation	
1) Soybean fermentation	
3. Protein hydrolysis	

산화작용에 대한 연구에 관심이 증대되고 있다.

생물체의 호흡에 따른 산소의 대사과정 중 생체에 독성을 나타낼 수 있는 중간 대사산물이 생성되는데, 이들을 활성산소(oxygen free radical)^{8, 23, 35)}라 하며, superoxide radical(O₂⁻), hydroxyl radical, hydrogen peroxide(H₂O₂) 및 singlet oxygen(¹O₂) 등이 이에 속한다.



활성산소는 부분적으로 생체방어의 역할을 하고, 세포의 항산화적 작용에 의해 세포내에서 일정 농도를 유지한다. superoxide radical은 자발적 반응 또는 Superoxide dismutase(superoxide oxidoreductase, EC 1.15.1.1)에 의한 dismutation으로 정상 체내에 축적되지 않는다.

따라서 oxygen radical의 독성으로부터 생체를 보호하기 위한 SOD의 생화학적 방어기능에 대한 최근 SOD를 항산화제로서 식품에 첨가하거나 의약품으로서 이용하는 연구가 진행³⁴⁾중이다.

활성산소 및 각종 free radical에 의해 야기되는 과산화 반응과 각종 손상에 대한 생체내 방어

기구가 다각도로 연구되고 있다. 대표적인 것으로는 superoxide dismutase(SOD), catalase 및 glutathione peroxidase 등의 항산화 효소류를 비롯해서, tocopherol, ascorbic acid, riboflavin, uric acid, selenium 등의 항산화 물질, 그 밖의 항산화력을 갖는 철청단백질인 ceruloplasmin, transferrin, ferritin, lactoferrin, metallothionein 등이 밝혀져 있다^{1, 35)}. 이들의 방어능력이 free radical의 생성속도와 균형을 이루면 생체내 과산화 반응에 의한 손상이 없을지 모르나 균형이 깨어짐으로써 유해효과가 야기되며, 결국 노화가 진행될 것으로 생각된다.

사람들의 몸은 生命을 유지하고 生物로서 활동하기 위하여 굉장히 많은 에너지가 필요하다. 이 에너지를 획득하기 위하여 糖과 脂質 등의 영양소를 연소시키게 되는데 그때에 다량의 산소가 필요하다. 예를 들면 미국의 Cutler는 그림 1에서 보는 바와 같이 동물의 酸素消費量과 壽命에는 아주 높은 相關이 있다는 흥미있는 보고를 했다³⁴⁾. 예를 들면 쥐나 다람쥐와 같은 소동물이 말이나 코끼리와 같은 대동물 또는 사람에 비하여 최대수명이 짧은 것은 체중에 대한 酸素消費量이 높아 산화적 장해를 받는 빈도가 높아지기 때문인 것으로 보고 있다.

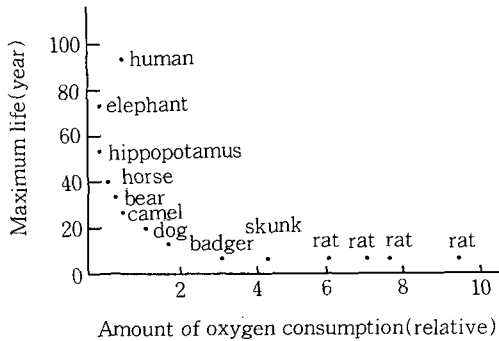


Fig. 1. Relationship between life and amount of oxygen consumption by weight in different animals(Cutler, R. C., 1982).

3) 抗酸化成分의 老化抑制 機能

인간의 몸은 왜 老化하는가에 대하여는 옛날부터 상당히 많은 연구자들이 이 문제에 노력하였다. 그 결과 여러가지 설이 제창되고 있다. 그것들은 대개 다음의 2가지 설로 요약할 수 있다⁷⁾.

하나는 老化프로그램설이고 다른 하나는 老化프리라디칼설(free radical)이다.

노화프로그램설은 유전자중에 노화의 정보가 조립되어 있고 그것에 의해 유전자의 수명이 미리 설정되어 있기 때문에 숙명적으로 일어나는 것으로 보는 설이며, 그 한 예가 早老症이라고 하는 것이다. 이 병은 열살의 어린이에게도 60~70세의 노인과 같은 몸이 되어 버리는 것으로서 유전자 질환의 일종이라 일컬어지고 있다.

한편, 노화프리라디칼설은 活性酸素 등이 細胞膜이나 遺傳子를 상하게 함으로서 노화를 불러 일으키는 것이다. 活性酸素는 프리라디칼이라고 하는 상당히 산화력이 강한 분자의 무리로서 植物油 등이 酸化할 때 생기는 過酸化脂質도 넓은 의미에서는 活性酸素의 하나로 계산하고 있다. 細胞膜에는 不飽和脂肪酸이 많이 함유되어 있다. 不飽和脂肪酸은 脂肪酸 중에서도 특히 酸化되기 쉬운 성질을 가지고 있기 때문에 活性酸素의 공격을 받으면 過酸化脂質로 변한다. 이 결과로 세포막 이외의 불포화 지방산을 공격하여 연쇄반응과 같이 세포막을 파괴하게 되는 것이다. 세포막

이나 DNA까지도 상처를 받게 되어 그것이 세포의 노화나 암까지도 일으키는 것이 아닌가 하는 설이 노화 프리라디칼설이다.

나이를 먹으면 活性酸素의 활동을 방지할 힘이 약화된다는 것이다. 점점 나이를 먹으면 抗酸化物質의 양이 감소되어 活性酸素를 무해화 하는 효소의 기능이 저하되기 때문에 過酸化脂質이 증가하여 細胞가 상하기 쉽게 되는 것이라고 생각한다. 따라서 抗酸化物質을 보충해 주면 老化의 진행을 예방할 수 있게 되는 것이다. 이런 점에서 주목되는 것은 식품에 함유되어 있는 抗酸化物質이다. 그 중에 중요한 하나가 참깨의 항산화물질인 것이다.

한편 식물은 강한 光線을 받으며 또한 심한 酸素스트레스하에서 생육하고 있다. 그 때문에 식물에는 여러가지의 抗酸化成分이 들어있으며 이들이 식물의 酸化의 障害로부터의 보호에도 중요한 역할을 하고 있는 抗酸化成分을 우리 인간이 섭취함으로써 산화적 障害로부터 예방되고 老化制御에의 길을 찾을 수 있지는 않을까 하는 생각으로 새로운 형의 抗酸化成分을 식물성분이 가진 라디칼 포착효과라는 점에 초점을 맞추어 연구가 진행되었으며 抗酸化物質의 주 기능으로서 라디칼 포착제로서의 기능이다. 活性酸素를 위시한 프리라디칼을 포착함으로써 自動酸化를 억제할 수 있으며 이밖에도 연쇄반응에서 생성되는 過酸化物質을 분해하여 안정한 비라디칼성 생성물을 만들게 하여 抗酸化作用을 보이는 경우라든가, 자동산화에서 개시반응의 커다란 요인의 하나인 일중항산소(1O_2)의 에너지를 소거하여 抗酸化性を 보이는 기능이 있으며 天然酸化劑로서는 베타카로틴(carotenes)이나 토코페롤(tocopherols)이 알려져 있다. 이외에도 최근에는 리포옥시게나제(lipoxygenase)나 사이클로옥시게나제(cyclooxygenase) 등의 효소제거 활성에도 흥미가 모아지고 있다. 또한 비타민 C나 옥산, 펩티드 등과 같이 자신은 그다지 抗酸化성이 인정되고 있지는 않으나 抗酸化劑와 공존함에 의해 酸化防止效果를 증강시키는 이른바 協力物質의 존재도 중요하게 다루어지고 있다. 그러나 종류와 수적인 면에서 보아 植物界 抗酸化劑로서 우선 떠오르는 것은 비타민 E 등의 식물페놀류가 갖는 라디칼 포착효과일

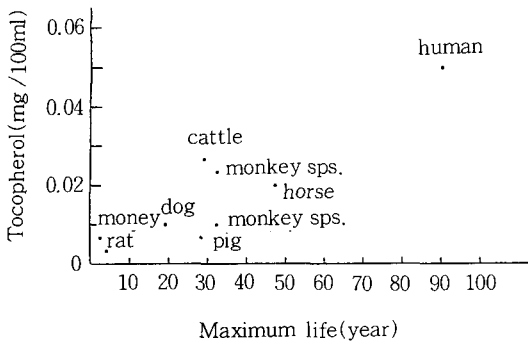


Fig. 2. Relationship of life long and tocopherol content in blood of different animals.

것이다.

Cutler 등은 여러 동물의 血液中 抗酸化物質 즉 비타민 E의 量과 壽命의 길이에 관하여 연구한 결과 그림 2에서와 같이 직선적인 관련이 있음을 발표하였다.

이것은 수명이 긴 동물은 자기 자신을 酸化的 障害로부터 몸을 지키기 위하여 몸속에서부터 많은 抗酸化物質을 갖고 있다는 것이 된다.^{34,35)}

2. 참깨 抗酸化物質의 機能과 利用 展望

1) 참깨種子の 脂溶性, 水溶性 抗酸化 成分

식물성식품으로서 가장 흥미를 가지게 되는 것은 참깨이다. 참깨종자는 중국에서 옛날부터 『불로장수의 비약』이라고 알려져 왔지만 有效成分 등 과학적 근거는 불분명하였다. 한편 種子生理學의 입장에서부터 보아도 참깨종자는 다량의 지질 특히 불포화지방산을 많이 함유함에도 불구하고 장기간 저장종자의 발아력 등의 생리적 기능을 가지고 있는 것으로 잘 알려져 있다.

그러한 배경으로부터 항산화물질을 중심으로 한 생리활성 성분에 착안하여 연구를 진행하여 다양한 지용성, 수용성 리그난류의 새로운 천연 항산화물질을 추출, 분리하는데 성공하고 그림 3, 4와 같은 화학구조를 동정하였다. 리그난(lignan)이란 C₆-C₃ 단위 2개가 酸化結合(oxi-

dative coupling)한 化合物로 基本炭素骨格으로서 통상 C₁₈을 갖는다. 참깨에 함유되어 있는 중요한 lignan성분은 sesamin과 sesamol이며 이들 성분은 모든 재배종의 참깨에 함유되어 있으며 또 다른 sesangolin성분은 야생종(*Sesamum angolense*)에 함유되어 있음이 보고되었다^{30,31,32)}.

Sesamin은 1890년 Tocher에 의해 처음으로 분리되었으며 Boeseken, Cohen 등에 의해서 구조가 결정되었다. 이는 참깨뿐만 아니라 *Hydrocotyle sibthorpioides*, *Zanthoxylum piperirum* (초피나무, 운향과), *Asarum sieboldii* var. *seoulensis* Nakai (족두리풀, 쥐방울과), *Paulownia tomentosa* (참오동나무), *Acanthopanax senticosus* f. *inermis* (좀가시오갈피나무), *Fagara species*와 *Findersia pubescentis* 등 여러 식물에서 발견되고 있다^{3,4,5,6,39)}.

Adraiani에 의해 명명된 sesamol은 1903년 Kreis에 의해 처음으로 분리되었으며 이 성분은 오직 참깨에서만 있는 것으로 알려져 있다. 세사몰린은 산가수분해에 의해서 세사몰과 사민을 형성하고 세사몰이 강한 항산화성을 나타내는 것은 잘 알려져 있다. 그러나 세사몰은 최근의 HPLC에 의한 분석결과 정제유에는 거의 들어있지 않은 것으로 나타났다. 세사민과 세사몰린을 비롯한 주요 리그난 물질의 이화학적 성질과 함량에 대한 종래의 보고결과를 표 2에 나타내었다³⁰⁾. 리그난 함량은 品種을 비롯 土地, 氣候, 기타 栽培條件에 의해서 다른 것으로 알려져 있다.

한편 Sesangolin은 1962년 Becker 등에 의하여 처음으로 야생종참깨인 *Sesamum angolense*에 함유되어 있음이 보고되어 있다⁴¹⁾. 또한 과산

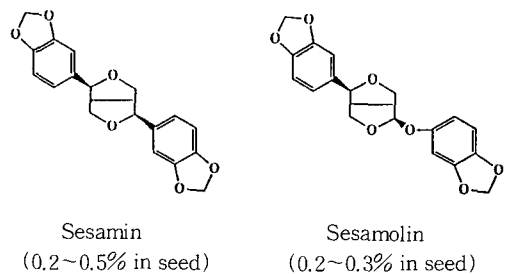
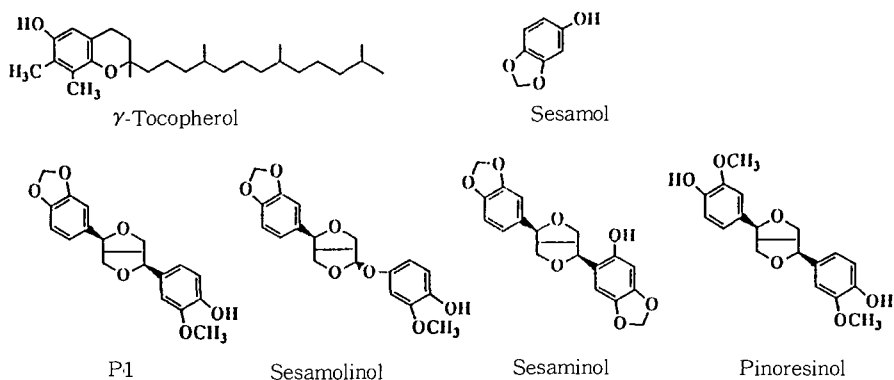


Fig. 3. Main lignan components in sesame seeds.

Lipid-soluble Antioxidants



Water-soluble Antioxidants

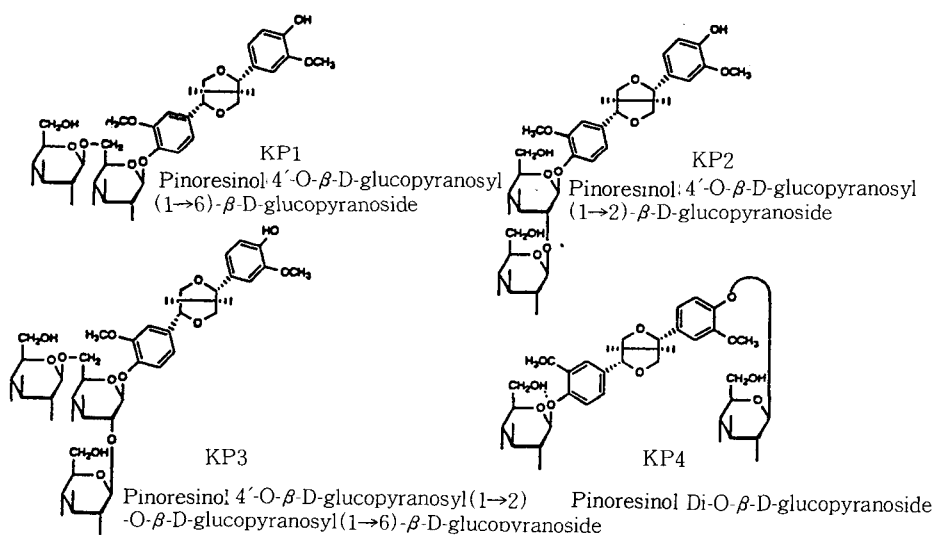


Fig. 4. Structures of lipid- and water-soluble lignan type antioxidants in sesame seeds.

Table 2. Physiochemical characteristics of sesame lignans

Characteristics	Sesamin	Sesamol	Sesamolinol	Sesaminol	Pinoresinol
Molecular structure	C ₂₀ H ₁₈ O ₆	C ₂₀ H ₁₈ O ₇	C ₂₀ H ₁₈ O ₇	C ₂₀ H ₁₈ O ₇	C ₂₀ H ₂₂ O ₆
Molecular weight	354	370	372	370	358
Melting point	122.5 ~ 124	93.8		130 ~ 131	122
[α]	+52	+220	+184	+27.8	+84.4
UV max(nm)	236, 287	235, 289	231, 287	238, 295	—
Content(%)	0.4 ~ 1.13	0.13 ~ 0.59	—	—	—

화지질 억제에 가장 탁월한 것으로 알려진 sesaminol 配糖體의 구조와 기능 및 수용성 抗酸化物質 KP₁, KP₂, KP₄의 구조와 기능도 大澤 교수 등에 의해서 보고되었다^{19,20,21,22}). 그러나 지금까지 체계적인 定量分析이 가능한 성분은 sesamin, sesamolin, sesangolin 성분에 불과하며 sesaminol 配糖體나 수용성 抗酸化物質에 대한 體系의인 定量分析법이 確立되어 있지 않기 때문에 금후 계속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

2) 참깨 리그난류가 갖는 DNA 傷害 抑制效果

암을 위시한 노년병의 유전자마커(marker)로서 최근 주목을 받고 있는 것은 DNA의 산화적 상해의 마커인 8-hydroxydeoxyguanosin(8-OHdG)이다. 소변속의 8-OHdG량과 동물의 근육량의 지표인 크레아틴량과의 비는 DNA상해를 나타내고 있으며, 이 값이 큰 동물은 최대 잠재수명이 짧다는 것이 보고되었고 또한 사람이 나이듦에 따라 심근의 미토콘드리아내의 8-OHdG가 기하급수적으로 증가함이 보고되고 있다. 이들 결과는 소변의 8-OHdG량을 측정하는 것이 老年病 豫防의 중요한 바이오마커가 될 수 있음을 시사하고 있다 (그림 5).

일본 나고야대학과 노화제어연구소는 공동으로 8-OHdG량을 측정하는 기술로 모노클론항체를 이용한 특이적이고 간편한 방법을 개발하는데 성공하였다. 쥐를 이용한 酸化의 障害에 대한 세사미놀의 抑制效果를 조사한 결과 간장과 혈장에서 過酸化反應이 유효하게 抑制됨과 동시에 간의 미토콘드리아와 소변의 8-OHdG량이 유의하게

감소되었다는 흥미있는 결과를 얻었다.

그러나, 이와 같은 결과는 참깨 sesaminol성분 뿐만 아니라 리그난 配糖體에서도 억제효과가 명확히 나타났다. 실제적인 응용개발의 가능성에 대해서는 이제 시작 단계에 불과하나 2개월간 참깨의 탈지박을 쥐에 투여한 후에 같은 방법으로 산화적인 상해를 주어도 효과적인 抑制效果가 발견되었다. 특히 장기와 혈액에서의 과산화반응 억제와 함께 소변의 8-OHdG량이 유의하게 감소하고 있는 치료뿐만 아니라 老年病의 豫防에 큰 기대를 가지게 하고 있다. 食品成分으로서 섭취된 리그난 配糖體가 장내 세균이 갖는 베타-글루코시다제의 脂溶性인 세사미놀이 혈액을 거쳐 각종 장기에 이르러 生體膜 등의 산화적 상해를 방어하는 것으로 보고^{19,20,21}) 되었다.

3) 脂溶性 lignan, sesaminol의 機能性

참깨는 日本에서도 높은 油脂含量과 함께 그 기름이 高品質이기 때문에 귀하게 여겨졌고 또 참깨종자는 古來부터 『不老長壽의 秘藥』 등으로 傳承되어 왔으나 有效成分 등 實態에 대해서는 明確하지 않았다. 한편 種子生理學의 立場에서 보아도 참깨 종자는 다량의 脂質, 특히 不飽和脂肪酸을 많이 含有하고 있음에도 불구하고 저장성이 높고 장기 發芽力 維持 등의 生理的 機能을 가지고 있으나 그 이유는 분명치 않았다. 이와 같은 背景으로 참깨종자를 단순한 참기름의 抽出原料로서 把握하는 것이 아니라 抗酸化物質을 중심으로 하는 生理活性 成分에 着眼하여 연구를 진행시켜 왔다. 특히 興味를 가진 것은 sesaminol이다. Sesaminol은 최종적인 製品인 生으로 짠 참기름(셀러드油)중에 대량으로 존재하고 있고 그 生成機構의 解析結果는 그림 6에서 보는 바와 같다.

참기름 중의 sesaminol 含量은 많은 것에서는 γ-tocopherol의 4~5배에 達하여 지금까지 명확하지 않았던 참깨, 셀러드油의 酸化安定성은 sesaminol이 존재하기 때문인 것으로 설명할 수 있게 되었다.

그런데 최근에 와서 이 sesaminol이 참기름의 산화안정성 뿐만 아니라 인체내에서 생기는 過酸

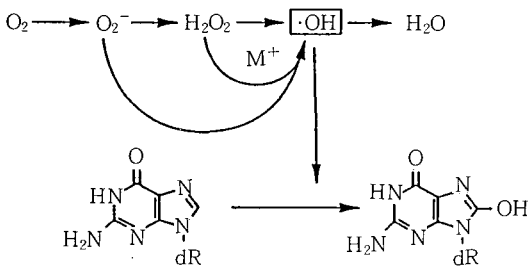


Fig. 5. Mechanism of O8-OHdG formation.

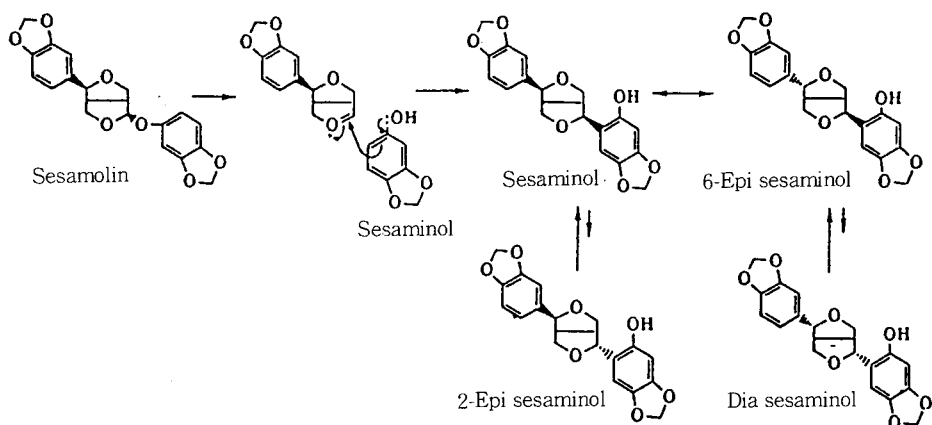


Fig. 6. Transformation of sesaminol during the refining process of sesame oil.

화反應을 抑制하고 있음이 밝혀져 『老化的 抑制』나 『癌의 豫防』에도 유익한 것으로 期待받게 되었다.

예컨대 東京大學 生理學部の Shima教授의 연구에서는 最大壽命 26%의 젊은 사람의 培養細胞와 최대수명 75%의 老人의 배양세포에 sesaminol을 添加하여 過酸化 反應을 살펴본 결과 酸化的인 傷害에 대해 젊은 사람의 세포에서는 別로 차이를 볼 수 없었으나 sesaminol이 老人의 細胞에서는 過酸化障害를 有效하게 抑制하였다. 또 實際의 動物레벨에서도 Sugiyama女學園大學의 Yamashita 등은 老化促進원취(SAM)에 함께食品을 投與하였더니 肝臟 및 腎臟에서 有意的으로 過酸化脂質의 生成이 억제되고 있으며 더욱이 四鹽化炭素에 의한 酸化的 障害에 대한 sesaminol의 억제효과를 조사한 바 肝臟과 血漿중에서 過酸化가 유효하게 억제되고 있었다.

최근 遺傳子수준에서의 酸化的傷害의 유전 marker로서 8-hydroxydeoxyguanosine (8-OH dG)에 커다란 注目이 集中되고 있다. 四鹽化炭素를 원취(rat)에 投與했을 때 특히 肝mitochondria에서 8-OH dG의 생성을 볼 수 있었고 또 sesaminol을 四鹽化炭素와 동시에 투여하면 효과적으로 8-OH dG의 생성이 抑制되었다. 이와 같은 sesaminol에는 단기적인 傷害에 대한 보호적인 효과뿐만 아니라 앞에서 서술한 바와 같이

DNA수준에서도 효과적인 防禦效果가 발견되었으므로 將來에는 『癌의 豫防』과 『老化制御』라고 하는 機能성이 기대된다.

4) 참깨 脫脂粕 中の lignan 配糖體

이와 같은 실험을 통하여 더욱 흥미를 誘發하는 것은 참깨 脫脂粕중에서 존재하는 水溶性의 lignan 配糖體이다. 大澤 교수 등은 抗酸化性を 指標로 lignan 配糖體의 化學的 檢索을 하였더니 KP1에서 KP4의 4종류의 pinoresinol을 aglycone으로 하는 配糖體를 얻을 수 있었다(그림 4). 이들 lignan 配糖體는 특히 水性領域에서 강한 抗酸化性を 나타내고 있으며 지금까지의 tocopherol을 비롯한 脂溶性 抗酸化劑와 다른 특성을 나타내므로 이에 대한 利用 開發이 기대되고 있다. 그중 主活性物質인 KP1은 pinoresinol의 triglucoside이며 다른 2종류는 새로운 pinoresinol의 diglucoside이고 항산화성을 비롯한 生理的 機能에 대해서도 最近 연구를 進행시키고 있다.

그런데 lignan 配糖體의 또 하나의 특성으로서 이와 같은 배당체는 抗酸化 前驅物質로서 역할을 가지고 있는 것으로 기대를 모으고 있다. 즉 糖의 存在에 의해 抗酸化性を 보이는 官能基인 phenolic 水酸基은 食品중에서는 保護되어 있지만 食品 성분으로서 攝取한 후 특히 腸內細菌이 갖는 β -glucosidase의 작용으로서 加水分解된 후 腸管에

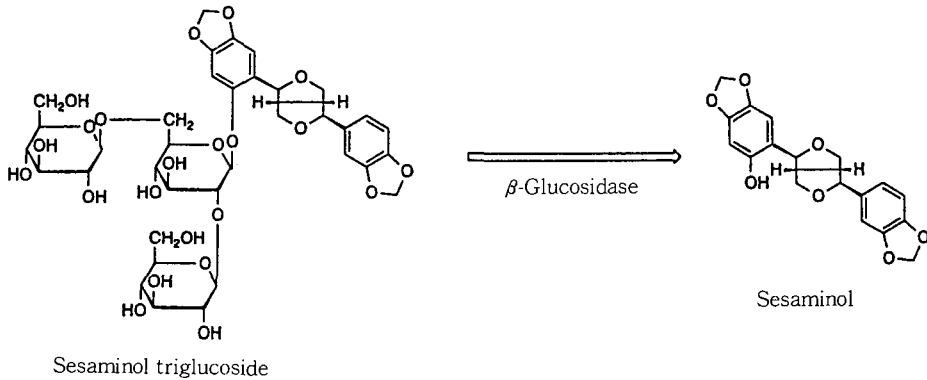


Fig. 7. Hydrolysis of sesaminol triglucoside by β -glucosidase.

서 吸收되어 최종적으로는 脂溶性인 aglycone이 血液을 거쳐 각종 臟器중에 도달하여 生體模 등의 酸化의 傷害를 방어한다는 것도 중요한 役割로 생각되고 있다.

실제로 sesaminol 配糖體의 單離, 構造解析을 한 결과 그림 7에 나타난 것과 같이 新規化合物인 sesaminol triglucoside를 大量으로 얻을 수 있었다. 이와 같은 sesaminol배당체는 糖의 존재로서 항산화성을 나타내는 官能基인 phenol性 水酸基가 보호되고 있으므로 참깨 종자중에 存在할 때에는 항산화성은 나타내지 않지만 食品성분으로서 섭취한 후에 腸內에 도달했을 때에 장내 세균이 β -glucosidase의 작용으로 aglycone이 加水分解를 받은 뒤부터 腸管에서 吸收되어 최종적으로는 지용성인 sesaminol이 血液을 거쳐 장기중에 도달하여 생체막 등의 산화적 傷害를 방어하는 것으로 보고 있다. 최근 lignan 배당체가 주로 함유된 참깨 탈지박을 2개월간 랫트에 투여한 후에 같이 四鹽化炭素로 過酸化誘導를 하고 尿中の 8-OH dG의 量을 모노클로날 抗體를 사용하여 定量하였다니 역시 尿중에서도 8-OH dG의 量은 減少되어 있었다. 이 방법은 간단하고 定量성이 뛰어나서 새로운 酸化傷害의 biomarker로서 금후부터 폭넓게 利用될 것으로 기대되고 있다. 따라서 體脂質의 自動酸化에 따른 老化를 방지 또는 지연시키는 藥品이나 食品의 산화방지제로 참깨의 sesaminol이 주목되고 있기 때문에 이러한 리그난成分을 많이 함유한 品種 育成을 위해서는 신속한

分析技術 開發과 食品소재로서의 研究도 병행되어야 할 것이다.

이상에서의 같이 이들 lignan系 抗酸化成分은 참깨 종자의 保存성과 참기름의 酸化安定성에 크게 기여하고 있어 금후 여러가지 機能性的 應用開發 등 研究進展이 기대되고 있다.

3. 참깨 抗酸化 成分 含量의 品種間 差異

1) 成分含量의 品種間 差異

참깨의 代表的 리그난 成分인 sesamin, sesamol, sesangolin의 분석법은 국내외적으로 이미 체계화 되어 있으며 품종간에도 차이가 있음이 밝혀져 있다²¹⁾. 그러나 수용성 抗酸化物質인 KP₁, KP₂, KP₃, KP₄와 脂溶性 抗酸化物質 P₁, sesamol, pinoresinol의 定量分析方法은 아직까지 보고된 바 없다. 다만 필자 등에 의해 sesaminol, sesaminol monoglucoside, sesaminol diglucoside, sesaminol triglucoside성분에 대한 定量分析方法이 발표된 바 있다²²⁾. 栽培種 참깨에 함유되어 있는 sesamin과 sesamol의 품종간 차이를 조사하기 위해 116품종을 공시하여 分析한 결과 그림 8에서의 같이 sesamin은 最低 0.04%에서 最高 0.68%까지로 0.64%의 品種間 큰 變異幅을 보였고 sesamol 역시 sesamin보다는 약간 含量이 낮으나 0.08~0.68%까지 品種間에

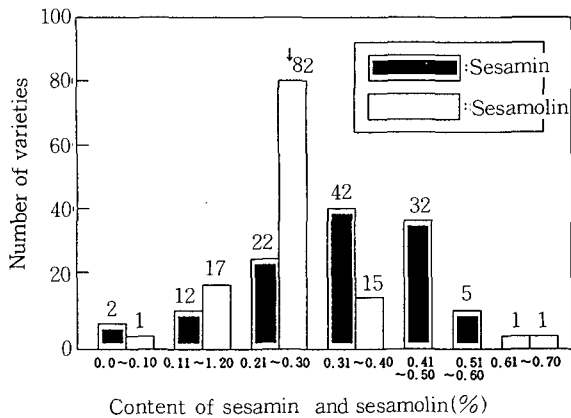


Fig. 8. Distribution of 116 sesame varieties for sesamin and sesamol content.

0.56%의 큰 變異幅을 갖는 正規分布를 나타내는 바 抗酸化成分 品種改良은 可能한 것으로 評價되었다. 供試品種들의 品種 由來別 세사민, 세사몰린 含量을 檢討한 結果는 표 3과 같은데 sesamin은 美國種 0.40%, 韓國育成種들이 0.39%로 가장 높았으며 sesamol도 美國種의 平均含量이 0.30%, 韓國 育成種 0.29%로 높아서 두 成分 모두 美國種과 韓國育成 品種들이 많이 含有하고 있었다.

특히 美國의 PI 200110 品種은 세사민 含量 0.68%로 高含有 세사민 遺傳資源源이었으며 Kumashi II는 세사몰린 0.68%로 高세사몰린 遺傳資源源으로 認定되었다. 그러나 최근 日本 農林성에서 바이오르네상스 計劃으로 선발한 고세사민 遺傳

Table 3. Frequency distribution of sesamin content among the sources of sesame varieties

Sources	Sesamin content (%)							No. of vars	Mean	Min	Max
	0~0.1	0.11~0.2	0.21~0.3	0.31~0.4	0.41~0.5	0.51~0.6	0.61~0.7				
Korea bred		2	6	22	19			44	0.39	0.21	0.47
Korea local		3	4	13	6			26	0.33	0.19	0.36
Japan				3	2	1		6	0.38	0.21	0.45
USA		1	1	3	4	2	1*	12	0.40	0.25	0.68
India	1	1	5	1				8	0.32	0.23	0.38
China			2	3		1		6	0.33	0.24	0.43
Italy			1	2		1		4	0.36	0.26	0.41
Myanmar		2	2					4	0.25	0.21	0.26
Uganda		3	1					4	0.14	0.11	0.23
Others	1							2	0.36	0.04	0.68

* PI 200110(0.68%)

Table 4. Frequency distribution of sesamol content among the sources of sesame varieties

Sources	Sesamol content (%)							No. of vars	Mean	Min	Max
	0~0.1	0.11~0.2	0.21~0.3	0.31~0.4	0.41~0.5	0.51~0.6	0.61~0.7				
Korea bred		3	36	5				44	0.29	0.17	0.33
Korea local		4	20	2				26	0.23	0.13	0.26
Japan		1	4	1				6	0.24	0.16	0.30
USA		1	8	3				12	0.30	0.19	0.34
India		1	7					8	0.25	0.14	0.29
China		2	2	2				6	0.24	0.14	0.30
Italy			3	1				4	0.24	0.21	0.32
Myanmar		2	1	1				4	0.21	0.13	0.30
Uganda	1	2	1					4	0.18	0.08	0.23
Others		1					1*	2	0.30	0.15	0.68

* Kumashi II (0.68%)

Table 5. Differences of sesamin and sesamol content by seed coat color of sesame varieties

Seed coat color	No. of vars	Sesamin content (%)			Sesamol content (%)		
		Mean	Min	Max	Mean	Min	Max
White	56	0.38	0.12	0.60	0.24	0.16	0.40
Brown	50	0.37	0.22	0.68a	0.26	0.19	0.34
Black	10	0.19	0.04	0.36	0.26	0.12	0.68b
Total	116	0.36			0.25		
(LSD, 0.05)		(0.02)	-	-	(0.02)	-	-

a : PI 200110(0.68%), b : Kumashi II (0.68%)

Table 6. Differences of sesamin and sesamol content by the capsule type of sesame

Capsule type	No. of vars	Contents (%)		
		Sesamin	Sesamol	Total
TBQ	15	0.34	0.25	0.59
MBQ	60	0.40	0.26	0.66
MQO	15	0.36	0.25	0.61
Mean	90	0.36	0.26	0.60

TBQ : Tricapsule, Bicarpels, Quadri loculi

MBQ : Monocapsule, Bicarpels, Quadri loculi

MQO : Monocapsule, Quadri carpels, Octo loculi

Table 7. Frequency distribution for sesamin and sesamol content by 1,000 grain weight of sesame varieties

1,000 grain weight (g)	No. of vars.	Sesamin content (%)			Sesamol content (%)		
		Mean	Min	Max	Mean	Min	Max
Above 2.5	43	0.35	0.18	0.60	0.25	0.16	0.32
2.0~2.49	58	0.38	0.12	0.68	0.29	0.16	0.68
1.5~1.99	7	0.26	0.16	0.44	0.24	0.18	0.54
1.0~1.49	4	0.21	0.13	0.30	0.19	0.16	0.24
Lower 1.0	4	0.13	0.04	0.21	0.18	0.08	0.28
Total	116	0.35	-	-	0.27	-	-

자원(1.9%)에 비하면 그 함량이 매우 낮은 것으로 나타나서 금후 다양한 世界的인 遺傳資源의 수집 및 분석이 시급한 실정이다²⁶⁾. 따라서 금후 참깨의 품개계량육종은 기름함량 및 脂肪酸 組成뿐만 아니라 sesamin, sesamol의 함량을 높이는 것도 중요한 目標가 되어야 할 것이다.

또한 참깨종피색에 따른 抗酸化成分 差異에서는 sesamin은 흰깨가, sesamol은褐色깨, 검은깨가 平均함량이 높았으며 두 成分에 있어 가장 함량이 높았던 품종은 sesamin에서褐色인 PI 200110이었고, sesamol에서는 검은깨인 Ku-

mashi II로서 이들은 有望 遺傳資源으로 選拔하였다. 한편, 참깨 꼬투리의 果, 室房數別 sesamin, sesamol의 함량은 1果性 2室 4房 > 1果性 4室 8房 > 3果性 2室 4房의 順으로 差異를 보여 sink/source 關係의 均형이론 側面에서 草型의 物質生産能力과 收容 能力의 不均衡 順位와 抗酸化成分 함량과 一致되는 傾向을 보여 sink容량이 적은 1果性 2室 4房의 품종에서 함량이 높고 source보다 sink가 큰 3果性 2室 4房은 낮았다.

종실중과 성분함량과의 관계는 표 7에서와 같이 小粒보다 大粒으로 갈수록 sesamin 함량은

Table 8. Differences of sesamin and sesamol content by plant type of sesame varieties.

Plant type	No. of vars.	Sesamin(%)		Sesamol(%)		Total
		Mean	SD	Mean	SD	
Non-branch	15	0.37	0.70	0.26	0.45	0.63
Few branches	24	0.36	0.87	0.26	0.41	0.62
Branches	20	0.45	0.94	0.29	0.34	0.74

Table 9. Changes of sesamin content by grain filling and temperature in sesame

Days after flowering	Temperature		
	20℃	30℃	40℃
20	7.0(15)	8.7(15)	7.0(18)
40	3.1(18)	2.9(15)	0.2(18)

(unit : mg /g, () : capsul position from down to up)

높았고 sesamol도 대체로 같은 傾向이었다. 두 성분 모두 2.0~2.4g의 中大粒 水準에서 그 성분의 含量이 共に 가장 높았다.

또한 分枝性에 따른 抗酸化 성분 含量은 多分枝 形보다 光合成 收容能力이 적은 無分枝性일수록 sesamin, sesamol의 含量이 낮은 傾向을 보여 앞에서의 果室房數에서 보였던 傾向과 一致하였다.

登熟溫度에 따른 sesamin 含量변이는 표 9에서와 같이 登熟중의 低溫條件에서 含量이 높고 종자의 성숙에 따라 일정시기가 지나면 감소하는 것으로 나타났다.²⁶⁾

한편 作物試驗場에서 確保하고 있는 *S. alatum*, *S. radiatum*, Gana wild sesame 등 3種의 野生種에는 표 10에서와 같이 sesamol 대신 sesangolin이 含有되어 있었으며 세사민도 栽培種의 0.35%보다 낮은 0.14%인데 대해서 sesan-

golin은 栽培種의 平均 sesamol 含量보다 많은 0.42%를 含有하고 있어서 sesangolin은 野生種에서 特이적으로 生合成되고 있음을 알 수 있었다.

또한 日本의 富山大學에서는 sesamin 高含有 참깨 育成을 위해 交雜育種, 細胞融合技術, 化분

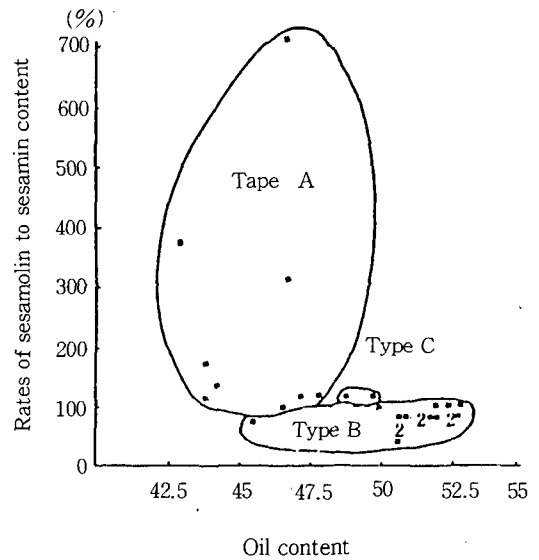


Fig. 9. Relationship between the oil content and the ratio of sesamol to sesamin content in the 40 tested varieties.

Type A : Black-seeded varieties

Type B : White and brown-seeded varieties

Type C : White-seeded varieties (determinate plant types)

Table 10. Differences of sesamin, sesamol and sesangolin content in wild sesame

(Unit : %)

Species	Sesamin	Sesangolin	Sesamol	Total
<i>S. alatum</i>	0.16	0.47	trace	0.63
<i>S. radiatum</i>	0.13	0.51	trace	0.64
Gana wild	0.14	0.29	trace	0.43
Mean	0.14	0.42	-	0.56

Table 11. Relationships between sesamin, sesamol, oil, protein and some seed characteristics in different seed coat color of sesame

Relationships	Correlation coefficients			
	White	Brown	Black	Mean
Sesamin and oil content	0.124	0.475*	0.237	0.548**
Sesamin and protein content	-0.071	0.449*	-0.259	-0.419**
Sesamin and seed weight	-0.051	-0.190*	0.611**	0.544**
Sesamin and percent seed coat	-0.084	0.190	-0.579**	-0.536**
Sesamol and oil content	0.174	0.463*	-0.341	0.295
Sesamol and protein content	0.160	0.223	-0.339	0.133
Sesamol and seed weight	0.266	-0.620	0.346	0.041
Sesamol and percent seed coat	-0.341	0.239	0.182	0.306

* : Significant at the 5% level

** : Significant at the 1% level

Table 12. Correlation coefficients among the content of sesamin, sesamol, oil, fatty acids, in sesame

Variables	Oil content	Palmitic acid	Stearic acid	Oleic acid	Linoleic acid	Saturated ^{a)}	Unsaturated ^{b)}	Sesamin
Palmitic acid	-0.0711							
Stearic acid	0.0098	0.1596						
Oleic acid	-0.1678	-0.2793	0.2151					
Linoleic acid	0.0871	-0.3054*	-0.4178*	-0.3873*				
Saturated	-0.1983	0.7950**	0.7208**	-0.0638	-0.5068**			
Unsaturated	-0.2286	-0.8072**	-0.6401	0.1499	0.4525**	-0.9613**		
Sesamin	0.5481**	-0.3088	-0.1838	0.2393	0.1627	-0.3175	0.3376*	
Sesamol	0.2952	-0.1865	-0.2297	0.0691	-0.0701	-0.2828	0.2245	0.5249**

a) Saturated fatty acid : Palmitic acid + stearic acid,

b) Unsaturated fatty acid : Oleic acid + linoleic acid

* ** : Significant at the 5 and 1 percent levels, respectively.

배양 및 칼루스세포로부터의 植物體 再生條件 등을 검토하고 있다.

2) 참깨 抗酸化成分 含量과 種實特性間的 相互關係

참깨의 種皮色에 따라 抗酸化性物質과 主要成分 및 種實特性間的 關係는 표 11과 같은데 참깨의 sesamin成分含量을 볼 때 기름含量과 유의한 正相關이 인정되었으나 品種別로는 褐色참깨에서만 유의하였다. 또한 sesamin成分은 蛋白質含量 및 種皮率과는 負의 相關關係, 種實의 무게와는 正의 相關關係가 認定되었으나 그정도는 品種에 따라 달랐다. 일반적으로 기름含量이 增加되면

sesamol含量도 增加되는 경향이었으나 有意性은 없었다.

참깨 品種들의 抗酸化性物質과 脂肪酸 및 脂肪酸間的 相關關係를 보면 표 12에서 보는 바와 같이 대체로 良質 不飽和脂肪酸이 增加하면 飽和脂肪酸이 減少하는 傾向을 보였다. 이는 李 等의 報告과 一致하였다. Sesamin成分은 不飽和脂肪酸과 有意한 正相關이 認定되었는데, 이것은 sesamin성분이 飽和脂肪酸보다 不安全한 不飽和脂肪酸의 酸化防止에 매우 有利할 것으로 보인다.

참깨종자의 기름含量과 sesamin, sesamol 比率을 기준으로 40개 公試品種을 분류한 結果는 그림 9와 같이 3개 group으로 구분되었다.

즉, 흰참깨는 기름함량이 많으면서 sesamol인 함량보다 sesamin함량이 많은 type(B type)에 속하였고, 검은참깨는 기름함량은 적고 sesamol인함량이 sesamin함량보다 많은 type(A type)에 속하였으며, 最近 作物試驗場에서 突然 變異 育種을 통하여 育成된 참깨의 새로운 草型인 有限分枝型 品種은 sesamol인함량이 既存 흰참깨 品種보다 높은 type(C type)에 속하였다. 특히 突然變異 계통은 今後의 高抗酸化 良質品種 育成 재료로 유망한 것으로 기대된다.

4. 맺는 말

참깨의 抗酸化物質은 生體內의 酸化防止, 油脂의 酸敗防止, 콜레스테롤 강하작용, 化學的 誘發 유방암 豫防效果, 皮膚美容 및 老化防止 등 다양한 生理疾病의 치료와 豫防效果를 지니고 있는 것으로 보고되고 있다. 이와 같이 健康과 疾病에 있어서 참깨의 중요성이 점차 인식됨에 따라 지난 10여년에 걸쳐 일본과 미국 등에서 중점적으로 연구되기에 이르렀으며, 이에 따라 국민적인 關心과 더불어 食品製造 加工뿐만 아니라 그 함량이 높은 新品種 開發을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

우리나라에서도 최근 다양한 關心과 學問的 研究가 되고 있으나 아직도 다음과 같은 근본적인 문제점이 해결과제로 지적되고 있다.

첫째, 참깨의 品質 改良은 기름함량 및 脂肪酸 조성 뿐만 아니라 sesamin, sesamol인, sesaminol 配糖體의 함량을 높이기 위한 育種도 중요한 目標가 되어야 한다. 따라서 이러한 성분들의 育種的 利用을 위한 分析試料 微量化和 迅速分析技術의 개발로 遺傳樣式의 究明과 더불어 選拔이 이루어져야 할 것이다.

둘째, 體脂質의 自動酸化에 따른 老化를 防止 또는 지연시키는 藥品이나 食品의 산화방지제로 참깨의 sesaminol이 주목되는 바 이러한 리그난 성분을 많이 함유한 품종 육성을 위한 分析技術 및 성분을 유효하게 작용시키기 위한 食品加工 技術과 새로운 기능을 가진 食品素材로 개발될 수

있을 것이다.

셋째, 현재 蒐集된 참깨 遺傳資源의 sesamin 함량 變異幅은 0.04~0.68%, sesamol인 함량 變異幅은 0.08~0.68%로 커서 成分育種의 可能性은 있을 것으로 보인다. 그러나, 일본에서 선발된 高含有 세사민 함량 참깨 (1.9%)에 비하여 그 함량이 적은 점을 감안할 때 世界的인 遺傳資源의 다양한 蒐集 및 評價가 시급한 실정이다.

參考文獻

1. 안찬영, 현규환, 박규형. 1992. 검은깨의 항산화 활성물질, 한국식품과학회지 24, : 31.
2. Ariga, T. and M. Hamano. 1990. Radical scavenging action and its mode in procyanidines B-1 and B-3 from Azuki beans to peroxy radicals, *Agrc. Biol. Chem.*, 54, 2499.
3. Beroza, M. 1955. The structure of sesamol and its stereochemical relation to sesamin, asarinin and pinoretinol, *J. Am. Chem. Soc* 77:3332-3334.
4. Budowski, P. 1964. Recent research on sesamin, sesamol, and related compounds. *J. Am. Oil Chem. Soc* 41:280-285.
5. _____, and K. S. Markley. 1951. The chemical and physiological properties of sesame oil. *Chemical Review* 48:125-151.
6. Casida, J. E. 1970. Mixed function oxidase involvement of the biochemistry of insecticide synergists. *J. Agric. Chem.* 18:753-70.
7. 二木銳雄, 島崎弘辛, 美濃眞. 1995. 抗酸化物質. 學會出版 センター. 107-116
8. Fridovich, I. 1978. The biology of oxygen radicals, *Science*. 201:875.
9. 福田靖子. 1988. 國産ゴマ品種間のセサモリンおよびリグナン抗酸化性物質の比較. *日本食工誌* 35:483-486.

10. Fukuda, Y., T. Osawa, M. Namiki and T. Ozaki. 1985. Studies on antioxidative substances in sesame seed. *Agric. Biol. Chem.* 49:301-306.
11. _____, M. Isobe, M. Nagata, T. Osawa and M. Namiki. 1986. Acidic transformation of sesamolin, the sesame-oil constituent, into an antioxidant bisepoxylignan, sesaminol. *Heterocycles*, 24:924-926.
12. _____, M. Nagata, T. Osawa and M. Namiki. 1986. Contribution of lignan analogues to antioxidative activity of refined unroasted sesame seed oil. *J. Am. Oil. Chem. Soc.* 63:1027-1031.
13. Ghosal, S. 1980. Chemical constituents of *Justica* II. New furofuranolignans from *Justica simplex*. *Phytochemistry*, 19:332-4 : ibid., 19:503
14. 황금희, 김현구. 1995. 기능성 식품소재로서 생물활성 천연물의 국내연구 동향. *식품과학과 산업* 28(3):75-105.
15. Iio, M., A. Moriyama., Y. Matsumoto., N. Takaki., and M. Fukmoto. 1985. Inhibition of xanthine oxidase by flavonoides, *Agric. Biol. Chem.* 49:2173.
16. 정희진, 이서래. 1991. 붉은 보리 및 참깨의 갈색도와 돌연변이 유발성, *한국식품과학회지* 23:280.
17. Jones, W. A. 1962. Isolation and structure of sesangolin, a constituent of *sesamum angolense*. *J. Org. Chem.* 27:3232-5.
18. 種子生理 生化學 研究會. 1995. 種子のバイオサイエンス. 學會出版センター. pp304-309.
19. Katsuzaki, H., M. Kawasumi, S. Kawakishi and T. Osawa. 1992. Structure of novel antioxidative lignan glucosides isolated from sesame seed. *Biosci. Biotech. Biochem.* 56:2087-2088.
20. _____, S. Kawakishi and T. Osawa. 1993. Structure of novel antioxidative lignan triglucoside isolated from sesame seed. *Heterocycles*, 36:933-936.
21. _____, _____ and _____. 1994. Sesaminol glucoside in sesame seed. *Phytochemistry*, 35, 773-776.
22. _____, T. Osawa and S. Kawakishi, 1994. Chemistry and antioxidative activity of lignan glucosides in sesame seed. *Ame. Che. Soc.* 28. 276-280.
23. 倉本隆志. 1992. 植物からの SOD 様活性食材の開発と應用. *食品と開発*, 27(3):22.
24. Lavelle, F., A. M. Michelson and L. Dimitrijevi. 1973. Biological protection by superoxide dismutase, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 55:350.
25. 李正日. 1995. 참깨品質關聯 主要成分의品種間 差異와 品質改良 戰略. *農業論文集* 37(2):169-185.
26. _____, 柳守魯, 姜三植, 姜哲煥, 崔彰烈. 1992. 참깨種實 抗酸化成分 物質의 品種間 差異. *韓育誌* 24(3):214-222.
27. _____, _____, 崔彰烈, 李孝承. 1993. 참깨의 착색위치에 따른 抗酸化成分 含量의 變化. *韓育誌* 25(1):59-64.
28. Macrae, W. D. and G. H. N. Towers. 1984. Biological activities of lignans. *Phytochemistry* 33:1207-20.
29. McCredie, R. S. et al. 1969. Constituents of *Epomatia* species, structure and synthesis of eupomatene, a lignan of novel type from *Eupomatia laurina*. *Aust. J. Chem.* 22:1011.
30. 竝木滿夫, 小林貞作. 1989. *ゴマの科學*. 朝倉書店, pp53-64, 91-126, 155-179.
31. 農林水産省. 1995. *Bio-Renaissance Program*, pp252-259.
32. 梶本五郎. 1985. 抗酸化劑の理論と實際. 抗酸化劑の種類. 三秀書房. 東京. pp14-25.
33. Osawa, T. 1987. 食品中の抗酸化物質と生理活性. *食品と客器*, 28:69-78.
34. 大澤俊彦. 1991. 細胞の老化お抑制する食品

- 成分. 化學と生物, 29:593.
35. 大柳善彦. 1989. SODと活性酸素調節劑. 日本醫學館, 東京.
 36. 朴來敬. 1994. 作物品質改良育種. 農村振興廳. pp429-507.
 37. Ramaswamy, A. S. 1957. Antituberclous activity of sesamin and related compound. *Naturwissenschaften* 44:380.
 38. 柳守魯. 1995. 食品의 抗酸化 成分과 老化抑制. 研究와 指導 36(4). 農村振興廳. 7-10.
 39. _____, 李正日, 姜三植, 崔彰烈. 1992. 참깨 種實의 抗酸化成分 定量 分析 研究. 韓作誌 37(4) 377-382.
 40. _____, 姜三植, 崔彰烈, 1992. 참깨의 抗酸化 性物質 含量과 主要成分 및 種實特性間 相互 關係. 韓育誌 24(4):303-307.
 41. _____, _____, 李正日, 崔彰烈, 1993. 野生 참깨 Sesangolin 成分의 分離 및 定量 分析. 韓育誌 25(1):55-58.
 42. _____, 李正日, 金寬洙. 1995. 10. 28. 韓作誌. 40(2). 학술연구발표요지 :16-17.
 43. Shimizu, S., K. Akimoto, H. Kawashima and H. Yamada. 1989. Production of dihomono- γ -linolenic acid by *Mortierella alpina* IS-4. *JAOCS*. 66(2):237-241.
 44. Tandon, S. and R. P. Rastogi. 1976. Wikstromol, a new lignan from *Wikstroemia viridiflora*. *Phytochemistry* 15: 1789-1791.
 45. Taniguchi, E. and Y. Oshima. 1972. Phrymarolin II, A novel lignan from *Phryma leptostachya*. *Agric. Biol. Chem.* 36:1013, 1497.
 46. Weiss, S. G. et al. 1975. Potential anticancer agent II Antitumor and cytotoxic lignans from *Linum album* (Linaceae). *Ibid.* 64:95-98.
 47. Whiting, D. A. 1985. Lignans and neolignans. *Natural Product Reports*, 191-211.
 48. _____. 1987. Lignins, neolignins, and related compounds. *Ibid.*, 499-525.