

## 초임계 유체를 이용한 세시몰 고함유 참기름 추출 연구

주영운 · <sup>1</sup>손민호 · <sup>1</sup>이주석 · 이문영 · †변상요  
아주대학교 생명분자공학부 생명공학전공, <sup>1</sup>(주)유맥스  
(접수 : 2005. 5. 2., 게재승인 : 2005. 6. 24.)

### Supercritical Fluid Extraction of Sesame Oil with High Content of Sesamol

Young-Woon Ju, Min-Ho Son<sup>1</sup>, Ju-Suk Lee<sup>1</sup>, Moon-Young Lee, and Sang Yo Byunt  
Department of Biotechnology, College of Engineering, Ajou University, Suwon, Kyunggi 443-749, Korea  
<sup>1</sup>R&D team, U-max Co., Ltd.  
(Received : 2005. 5. 2., Accepted : 2005. 6. 24.)

Studies for the commercial production of sesame oil using th supercriticl carbon dioxide were made. Characteristics of sesame oil containing one of natural antioxidant 'sesamol', which only exist at sesame seed were also studied during the supercritical fluid extraction. Among the various factors influencing the sesamol contents in the sesame oil, the roasting time and temperature were checked, because sesamol can be converted from sesamol in through pyrolysis. We found that the sesamol content was increased rapidly under the condition of roasting temperature over 200°C with longer roasting time. The sesamol content was increased as the temperature and pressure increased, which was caused by increase of solubility of sesamol against sesame oil. And the sesamol content was increased also with lower speed of supercritical fluid, which increased the contact time with the raw material. The sesamol content was also increased using water increase up to 1% as the entrainer. When the extraction performance with the suprcritical fluid was compared to the conventional compressed extraction, the sesamol content was increased up to 11.5 times with the entrainer.

**Key Words** : Sesamun indicum L., supercritical fluid, lignan, sesamol

### 서 론

참깨 (*Sesamum indicum* L.)는 호마과 (Pedaliaceae) 호마속 (*Sesamum*)에 속하는 열대, 아열대 1년생 초본식물의 종자로 주성분은 지질 약 50%, 단백질 약 20%, 탄수화물 약 15%, 기타 미량성분 (리그난, 비타민 등)으로 구성되어 있는데, 참기름은 이를 배전 하여 압착 추출하여 채취한 기름으로서 영양가가 높고, 배전 과정에서 참깨 중에 풍부하게 함유되어 있는 당질과 아미노산이 축합반응과 같은 가열변화와 상호작용을 통하여 고유의 독특한 향과 맛을 갖게 되고 이로 인하여 우리나라와 인도 등 아시아에서 오래 전부터 음식 조리에 이용되는 식물성 유지이다. 참기름에는 필수지방산인 올렌산과 리놀산과 같은 다가 불포화 지방산을 다량 함유하고 있으며, 항산화 효과를 가진 리그

난계 화합물과 비타민계열인 토코페롤 등을 다량 함유하고 있어 장기간 보존이 가능할 뿐만 아니라 식품영양학적인 의의가 크다(1-3).

생체내 대사과정에서 발생하는 활성산소, 또는 자유기 (free radical)가 생성되어 축적되면 생체기능을 저하시킴과 동시에 노화 및 성인병의 원인으로 지적되고 있다. 이러한 활성산소에 의한 산화 스트레스는 노화, 암, 동맥경화 및 당뇨 등의 원인이라는 학설이 인정됨에 따라 오래 전부터 활성산소 및 free radical 등의 산화 스트레스를 억제할 수 있는, 즉 항산화 기능을 갖는 식품을 찾는 데 많은 노력을 기울여 왔다. 그 결과, 참깨로부터 리그난 화합물 (lignans) 또는 그의 배당체의 존재가 밝혀지고 임상 실험을 통하여 강한 항산화 효과를 발견하였고, 최근까지 항산화 물질인 이들 리그난 화합물의 생체 내에서의 생리활성에 대하여 많은 연구가 이루어지고 있다. 참깨의 리그난 화합물 (sesame lignans)로서 대표적으로 세사민, 세사몰린, 세사몰, 세사미놀 등은 식품 및 생체내 지질산화 방지작용, 고도불포화지방산 대사의 조절, 콜레스테롤 저하작용, 간기능 활성, 발암억제 등의 생체조절효과를 나타낸다(4). 특히

† Corresponding Author : Department of Biotechnology, College of Engineering, Ajou University, Suwon, Kyunggi 443-749, Korea  
Tel : +82-31-219-2451, Fax : +82-31-219-2394  
E-mail : sybyun@ajou.ac.kr

Sesamol은 참깨에만 존재하는 천연 항산화제로(5), 참기름의 불포화도가 면실유나 옥수수기름과 같은 정도이면서 산화안정성이 현저하게 높은 것도 토코페롤 외에 세사몰의 존재 때문이라고 알려져 있다(6). 세사몰은 참깨 중에 배당체인 세사몰린의 형태로 존재하고, 원래 참깨에는 매우 적은 양이 존재하며 정제와 튀김과정 즉, 볶은 참깨로부터 정제유를 얻을 때 세사몰린으로부터 유리된다(7). 최근에 세사몰이 돌연변이를 억제하는 항돌연변이 효과가 항산화 효과와 병행되어 보고되었다(8). 또한 세사몰의 항산화 효과는 참깨에 같이 존재하는 토코페롤과 상승작용을 일으킨다는 연구보고도 있다(9). 세사몰의 구조식은 Fig. 1과 같다.

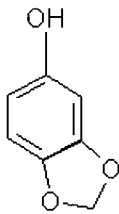


Figure 1. Structure of sesamol.

초임계 유체란 물질이 그의 임계점보다 높은 온도와 압력 조건에서 존재하는 유체로서 기체의 확산성과 액체의 용해성 등을 갖고 있어, BT, IT, NT 등 산업 전반적으로 이용하기에 적합한 특성을 갖고 있다. 식품의 경우, 1978년 카페인 제거 공정에 초임계 추출이 상용화 된 이후, 커피·홉·쌀 등 독성 유기용매를 이용하던 공정에 대한 청정 공정으로 초임계 공정이 도입되었다. 특히 2004년 5월 식품안전청 개정 고시 제2004-41호에 의해 국민에게 안전한 식품을 제공하고, 신기술의 도입을 통하여 식품산업발전의 향상에 기여하기 위해 식품에 초임계 추출 사용을 명문화 하였다. 불과 청량 음료 등에 이용되어온 이산화탄소의 경우, 초임계 유체 중 비교적 낮은 임계점 (31℃, 73.8 bar)을 갖고 있고, 추출 대상 물질과의 반응성과 부식성이 없을 뿐 아니라 회수가 용이하여 청정한 지용성 추출 용매로 널리 사용되고 있다.

최근까지 초임계 추출의 경우, 높은 장치 투자비로 인하여 의약품등과 같은 고부가가치 화합물에 연구가 집중되어 왔다. 그러나 원료의 수급과 그와 관련한 경제성에 대한 확신이 없고, 고압상태의 상평형이론 및 초임계 추출장치의 조작경험이 부족할 뿐 아니라, 상업용 플랜트 제작 및 조업 경험이 없어 플랜트 최적화를 위한 공정개발 기술 및 경험이 절대적으로 부족하여 SCF의 용해도나 상평형에 대한 기본 데이터는 있어도 상용공정으로서 공장화와 관련된 여러 요인에 의한 오차를 감안할 수 있는 설계 데이터가 거의 없는 것이 현실이다. 따라서 초임계 추출의 상용화를 위해서는 값비싼 장치 투자비의 최소화를 위해 프로세스 엔지니어링 노하우 및 기술 이전 추진, 국내고압장치 및 재료 관련 산업 발전이 병행되어야 하겠으나, 무엇보다도 초임계유체 추출효율이 높은 경제성 있는 아이템을 발굴하여 연구개발하고, 외국의 초임계 추출 상용화 제품

을 벤치마킹하여 국내 현실에 적합한 제품을 개발하는 것이 중요하다.

범용 참기름시장은 지난 90년 이후 메이커 참기름들이 판매를 본격화하기 시작하면서 93년 600억 시장에서 2,000년 약 1,500억 시장으로 급성장하였으며, 농림통계연보(2002, KOTIS)를 보면 2001년 119,488톤의 참깨가 생산·수입되었는데, 이를 환산하면 약4,0000억 이상의 시장인 것으로 예측된다. 이와 같은 참기름의 전통적인 제조방법은 참깨를 고온에서 볶은 후 압착하여 뽑아내고 있다. 그러나 이러한 전통적인 방법은 물리적인 압착을 통해서 참깨 속에 존재하는 모든 유지를 뽑아낼 수 없어 수율이 높지 못하고, 참깨 속에 존재하는 세사몰과 같은 생리활성 물질의 대부분이 빠져 나오지 않고 참깨박에 남아있어 아깝게 동물사료로 이용되는 문제점이 있다. 따라서 생리활성성분이 다량 함유된 참기름을 고수율로 제조하는 방법으로서 유기용매를 이용하는 화학적 추출방법이 있겠으나 유기 용매의 사용은 환경문제를 유발할 가능성이 많고 무엇보다도 유기 용매를 식품제조에 사용한다는 것에 대한 소비자들의 큰 부정적인 반응이 예상된다.

따라서 본 연구는 이와 같은 여러 문제점을 해결하고 환경 친화적 추출 기술로서 초임계 유체 (supercritical fluid) 공정을 이용한 참기름 생산에 대한 기초 연구로서 초임계 유체를 이용하여 세사몰을 고함유한 참기름 추출에 대하여 연구하였다.

## 재료 및 방법

### 재료 및 시약

본 연구에서 사용된 참깨는 수원시에 소재한 농협에서 국산 통참깨 (원산지: 경상남도 함양, 2002년산)를 구입하여 이물질을 제거 후 사용하였다. 초임계 유체 추출에 사용한 추출 용매로는 99.9%의 순도를 갖는 이산화탄소를 사용하였으며, 보조용매와 분석용매 등은 99.8% 이상의 순도를 갖는 HPLC Grade 용매 (TEDIA, USA)를 사용하였다. 또한 항산화 물질 분석에 이용한 sesamol은 Sigma 社의 assay 99%인 제품을 사용하였다.

### 초임계 유체 추출

초임계 추출장치는 'JASCO 초임계 유체 시스템'에서 한번 추출에 이용한 이산화탄소가 재순환 될 수 있도록 개조하였다(Fig. 2). 이때 이용한 고체 시료용 추출기는 95 cc (22 mm ID × 250 mm, Alltech, USA)의 용량을 가진 column을 이용하였고, BPR (Max 10000 psi., TESCOM, USA)이 막히거나 감압시 온도 저하로 인한 내부 seal의 파손 현상을 방지하기 위해 30℃ 이상을 유지하여 주었다. 보조용매는 HPLC펌프 (PU-980, JASCO Co., Japan)를 이용하여 공급되며 이산화탄소와 보조용매는 밸브에 의해 공급이 조절된다. 참기름 추출시 시료는 95 ml의 추출기에 충전 밀도는 0.4로 고정하였고, 추출물은 50 ml vial에 넣어 4℃ 냉장보관하였다.

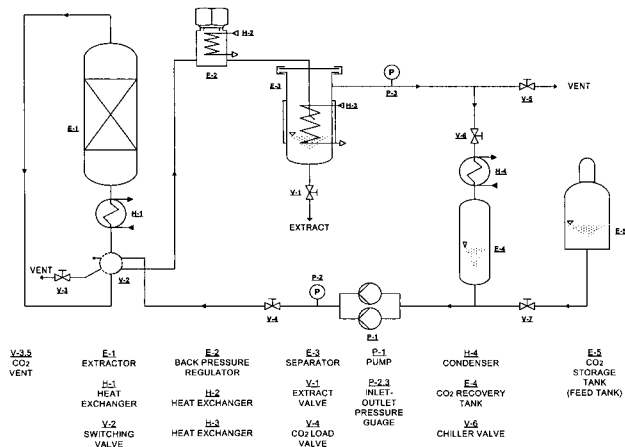


Figure 2. Process Flow Diagram for the Supercritical Extraction of Oil from Sesame Seeds.

기존방식의 착유

초임계 유체 추출 참기름의 대조군으로 사용하기 위해 시장에서 구입한 제품외에 착유기 (깨돌이, OED-3000, 신한일공업주식회사, 한국)를 사용하여 가열압출방법으로 참기름을 얻었다.

Sesamol 분석

Yen(10)의 방법에 따라 참기름 1 그램을 헥산 5 mL에 정용한후 13 mm Nylon Filter (0.2 μm, Alltech)를 사용하여 여과 후에 HPLC 분석하였다. 본 실험에 사용된 HPLC (TSP, USA)의 조건은 Column은 C18 (250 × 4.6 mm, VYDAC, USA)을 사용하였고, UV검출기 (UV3000, Spectra System, USA) 파장은 290 nm이고, 이동상은 Acetonitrile : ddH2O (30:70, v/v) ⇒ Acetonitrile : ddH2O (60:40, v/v) for 10 min ⇒ Acetonitrile : ddH2O (90:10, v/v) for 5 min으로 유속은 Spectra System P4000을 사용하여 1.0 mL/min의 속도로 하였다.

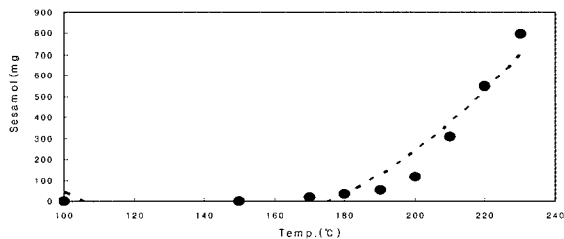


Figure 3. Sesamol contents in SFE sesame oil with different roasting temperature.

결과 및 고찰

참깨의 볶음 온도와 시간에 따른 세사몰 추출에 미치는 영향

볶음 온도에 따른 세사몰의 함량 변화를 알아보기 위해 100~230°C로 30분간 볶고, 분쇄기로 분쇄후 350 bar, 60°C, 액체 이산화탄소의 유속은 3 mL/min로 하여 참기름의 추출 효율이 98%에 이를 때까지 수행하였다. 그 결과 볶음 온도 100°C와 150°C에서 sesamol은 추출되지 않았으나 볶음

온도가 증가하여 sesamol 추출 함량은 증가하여 배전 온도가 200°C 이상에서 세사몰 함량이 급격하게 증가함을 알 수 있었다(Fig. 3).

이것은 Fig. 4와 같이 온도가 증가하면서 sesamolin이 열분해 되면서 생성된다(7)는 것을 증명하는 결과로 여겨진다. 따라서 볶음 온도가 sesamol 함량에 매우 큰 영향인자임을 알 수 있다.

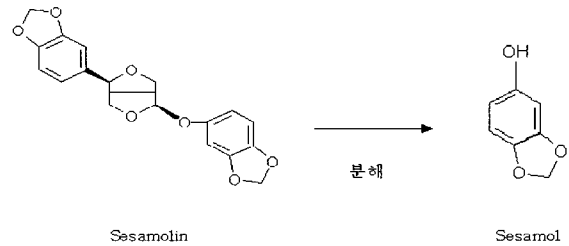


Figure 4. Mechanism of formation from sesamol to sesamol by heating.

또한 볶음시간에 따른 세사몰 함량의 변화를 위해 200°C로 온도를 고정한 후 배전시간을 30-90분까지 10분 간격으로 증가시켜 상기와 동 조건으로 초임계 추출하였다. 그 결과 시간의 증가에 따라 세사몰의 함량이 증가하였는데(Fig. 5), 이와같은 결과는 앞서 Yen(10)과 Yoshida(11) 등이 보고와 일치하는 결과이기도 하다. 이상의 두 결과를 보면 200°C에서 30분과 90분에 생성된 세사몰의 증가량은 약 5배인 반면 200°C와 250°C에서 생성된 세사몰 양은 약 7배 증가하였는데, 세사몰의 함량을 높이기 위해서는 볶음 시간보다 볶음 온도를 높이는 게 효과적임을 알 수 있다.

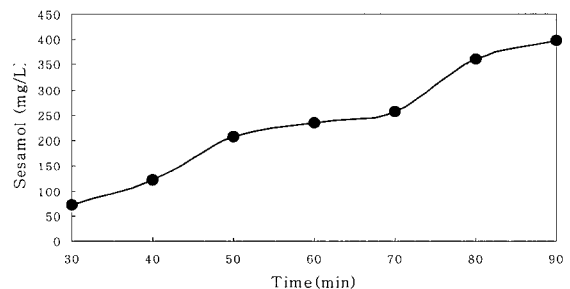


Figure 5. Sesamol contents in SFE sesame oil with different roasting time.

초임계 유체의 압력 변화에 따른 세사몰 추출에 미치는 영향

200°C에서 50분동안 볶은 참깨를 분쇄기로 분쇄하여 초임계유체의 온도를 60°C, 액체 이산화탄소의 유속을 3 mL/min로 하여 압력을 150 bar에서 450 bar까지 증가시켜 참기름 추출 효율이 98%될 때까지 추출하였다. 그 결과 압력 증가에 따라 세사몰의 함량이 증가하였는데(Fig. 6), 일반적으로 초임계 유체에 대한 용해력 (solubility)은 밀도와 밀접한 관계가 있는데, 60°C의 이산화탄소의 경우 150 bar에서 450 bar로 압력 증가시 밀도는 0.60409에서 0.91329 g/mL로 증가하므로 지용성 성분에 대한 용해도 증가는 쉽

게 예측할 수 있다. J. King(12)의 온도와 압력 증가에 따른 Triglycerides (TG)의 용해도 보고에서 그는 온도, 압력 증가에 따라 TG의 용해도가 증가하는데, 60°C 이후 급격히 증가하여 특히 70~80°C의 경우 700~900 bar 사이에서 거의 무한대의 용해력을 갖는다고 보고한 바 있다. 따라서 본 결과는 약간 극성을 띄고 있는 세사물의 함량 증가는 압력 증가에 따른 세사물의 용해력 증가 외에 참기름의 용해력 증가에 따른 참기름에 대한 세사물의 용해도 영향이 클 것으로 예상된다.

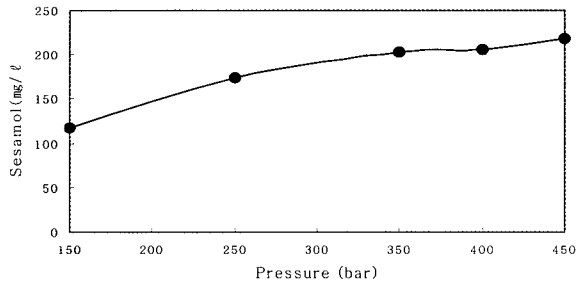


Figure 6. Sesamol contents in SFE sesame oil with different pressure.

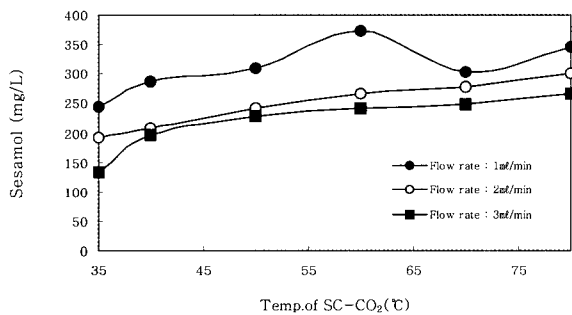


Figure 7. Sesamol contents in SFE sesame oil with different temperature and flow rate of Supercritical Carbon dioxide.

**초임계 유체의 온도와 유속 변화에 따른 세사물 추출에 미치는 영향**

상기 추출 공정에서 초임계 이산화탄소의 온도를 35, 40, 50, 60, 70, 80°C로 변화시키면서 초임계 유체의 유속을 1~3 ml/L로 변화시켜 주었다. 이때 압력은 350 bar로 유지하여 주었고, 참기름 추출 효율이 98%될 때까지 추출하고 세사물 함량을 측정하였다. 그 결과 초임계 유체의 온도 증가에 따라 초임계 유체의 밀도가 0.95229에서 0.78897로 감소함에도 불구하고 세사물의 함량이 증가하였는데(Fig. 7), 이와 같은 결과는 Hawthorne 등(13)은 용해도에 의한 용리 (adsorption) 과정에 의해 지배되는 추출공정에서 시료의 추출수율은 초임계 유체의 유속과 직접적인 관계를 보이는 반면, 초기의 탈착 (desorption) 단계에 지배되는 추출공정에서 시료의 추출 수율은 유속에 따른 변화가 거의 없다고 한 바 있는데, 참깨에서 리그난의 추출은 유속의 증가에 따라 용리되기보다, 초기의 탈착 단계에 지배되는 추출양상을 보이므로 이는 추출기간에서의 머무름 시간이 증가할수록 시료와의 접촉 시간이 길어져 용해도가 증가 하였는데, 이는 Sesamol이 원료 입자로부터 확산에

의하여 추출되는 메카니즘을 가지고 있기 때문이라 여겨진다.

**보조용매 첨가에 따른 세사물 추출에 미치는 영향**

초임계유체 추출에서 보조용매로서 주로 알콜류가 많이 사용되지만, 참기름 추출에서는 보조용매로 사용된 알콜류는 후처리 제거 과정에서 많은 문제를 일으키기 때문에 본 연구에서는 물을 보조용매로 사용하였다. Taylor(14)의 보고에 의하면 초임계 이산화탄소에 보조용매로서 물은 0.1% 이하의 용해도를 보이는 것으로 알려져 있으나 미세 입자 형태로 참깨원료가 충전된 추출기에 초임계 이산화탄소에 물을 0~1%(w/w) 보조용매로 첨가하여 추출하고, 추출된 참기름에 함유된 세사물 함량을 측정하였다. 이때 초임계 유체의 온도는 60°C, 압력은 300 bar로 유지하였으며, 참기름 추출 효율이 98%에 이를 때까지 추출하였다. 그 결과 첨가된 보조용매의 양이 과포화 조건이었지만 그 양이 증가할수록 세사물의 함량이 증가함을 확인할 수 있었다(Fig. 7). 상압조건에서 물은 참기름과 거의 섞이지 않을 뿐 아니라 세사물 역시 녹이지 못한다. 분쇄한 볶은 참깨가루의 경우 약 50%의 지방과 약 20%의 단백질이 있는데 이 단백질 (protein bodies)은 물에 불용성인 11S (60-70%)와 7S글로블린과 물에 가용성인 2S 알부민 (약 25%)으로 구성되어 있어(15, 16). 온도에 따른 용해도 차이로 인해 실제와는 상당한 차이가 발생하겠지만 이를 산술적으로 계산하면 보조 용매로 첨가된 물에 가용성인 단백질은 지질 대비 약10%이다. 전자 현미경 사진을 보면 참깨중 단백질(protein body)과 지질(oil body)은 인지질 막으로 둘러싸여 있는데(17), 보조용매로 투여된 물에 의해 단백질이 용해되면서 볶은 참깨가루의 매트릭스 구조가 변형되면서 세사물의 용해가 용이해져 그 양이 증가하였을 것으로 생각된다. 다만 참기름과 수용성 단백질이 같은 초임계추출장치의 같은 라인을 거쳐 배출됨으로서 보조 용매의 양을 증가하였을 때 용해도 차이로 인한 병목 현상이 심하게 발생하기도 한다(unpublished data).

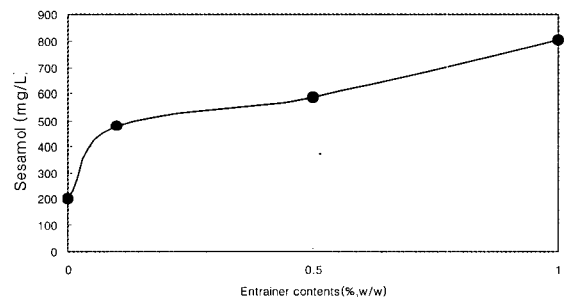


Figure 8. Sesamol contents in SFE sesame oil with different entrainer contents.

**압출방법 (expeller)과 초임계유체추출의 비교**

볶음참깨가루내의 세사물을 추출하기 위해 기존 대량 생산 방법으로 쓰이고 있는 압출방법과 초임계 유체 추출 방법 그리고 보조용매 쓰는 방법을 비교하였다. 참깨는 식용 가능한 풍미를 갖고 평균적으로 많이 이용되는 온도인

220℃에서 40분간 볶아 주었다. 이때 압출장치는 추출 중 온도를 180℃로 유지하여 주었고, 초임계 장치는 300 bar, 60℃로 하였고, 보조 용매로는 물 1%를 사용하여 추출하였다. 그 결과 기존방식인 압출방식 추출에 비해 초임계 유체를 이용한 추출방식이 항산화물인 세사몰 함량을 6.6배, 보조용매 사용시 11.5배 증가시켰다(Fig. 9). 이와 같은 결과는 세사몰이 종피부위보다는 떡잎 및 잔존 배유부위에 약 7배나 고 농도로 존재함으로써, 볶음 참깨를 180℃ 이상의 열로 가열하면서 스크류로 눌러서 짜는 기존 방식에 비해 초임계 유체가 갖는 침투성과 용해성을 이용해 참깨의 미세구조로 쉽게 확산됨으로서 종피 내부에 존재하는 세사몰을 고농도로 추출하여 세사몰 고함유 참기름을 만들 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

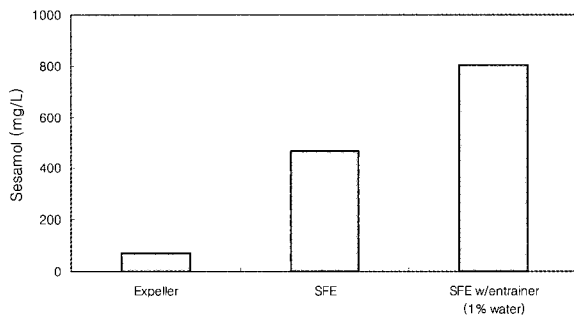


Figure 9. Comparison of the SFE and the SFE with entrainer with the conventional Expeller extraction.

## 요 약

초임계 유체를 이용하여 참기름을 생산하기 위한 기초 연구로 참깨에만 존재하는 천연항산화제인 세사몰을 고함유한 참기름의 특성에 대해 연구하였다. 참깨의 볶음온도와 시간, 초임계 유체의 압력과 온도 그리고 초임계 유체의 유속 그리고 보조용매로 물을 사용시 세사몰의 함량에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 그 결과 참깨를 200℃ 이상 배전시 급격히 세사몰 양이 증가하였고, 배전시간을 늘림으로써 그 양을 더욱 증가시킬 수 있었다. 초임계 유체 추출시 세사몰 함량은 온도와 압력 증가에 따라 증가하였다. 그리고 초임계 유체의 유속의 경우 유속을 오히려 낮췄을 때 세사몰의 함량이 증가하였는데 이는 유속이 낮아짐으로서 시료와의 접촉시간이 증가하므로 세사몰의 추출 메카니즘이 확산에 의해 이뤄짐을 알 수 있었다. 보조용매로 물을 0~1%로 증가함으로써 세사몰의 함량이 증가되었다. 이상의 결과를 토대로 기존 압출추출방법과 초임계 추출 방법을 비교한 결과 기존 방법 대비 세사몰 함량이 6.6배, 보조 용매 사용시 11.5배 증가함을 확인할 수 있었다.

## 감 사

본 연구는 한국과학재단지정 초정밀생물분리기술연구센터의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## REFERENCES

1. Manley, C. H., Vallon P. P., and R. E. Erickson (1974), Some aroma compounds fo roasted sesame seed (*Sesamum Indicum L.*), *J. Food Sci.* **39**, 73.
2. Hilditch, T. P. (1956), The chemical constitution of natural fats, p.370, Chapman & Hall.
3. Budowski, P. (1984), Recent research on sesamine, sesamol, and related compound, *J. Food Sci. Technol.* **16**, 348-352.
4. Fukuda, Y. (1996), History and science of sesame, *Study of Traditional Food* **17**, p.9-14.
5. Florence, T. M. (1983), Cancer and aging, the free radical connection, *Chemistry in Australia* **50**, 66-174.
6. Kikugawa, M. Arai and T. Kurechi (1983), Participation of Sesamol in Stability of Sesame oil, *J. Am. Oil Chem.* **60(8)**, 1528.
7. Fukuda, Y., Nagata, M., Osawa, T., and Namiki, M. (1986), Contribution of lignan analogues to antioxidative activity of refined unroasted sesame seed oil, *JAOCs*, **63(8)**, 1027-1031.
8. I. P. Kaur and A. Saini (2000), Sesamol exhibits antimutagenic activity against oxygen species mediated mutagenicity, *Mutation Research* **470**, 71-76.
9. H. Yoshida and S. Takagi (1999) Antioxidative effects of sesamol and tocopherols at various concentrations in oils during microwave heating, *Journal of the Science of Food and Agriculture* **79**, 220-226.
10. Yen, G. C. (1990), Influence of seed roasting process on the changes in composition and quality of sesame (*sesame indicum*) oil, *J. Sci. Food Agric.* **50**, 563.
11. H. Yoshida and S. Takagi (1997), Effects of seed roasting temperature and time on the quality characteristics of sesame (*Sesamum indicum*) oil, *Journal of the Science of Food and Agriculture* **75**, 19-26.
12. J. W. King (1989), Fundamentals and applications of supercritical fluid extraction in chromatographic science, *J. Chromatographic science* **27**, 355-364.
13. S. B. Hawthorne, J. W. King (1999), Practical supercritical fluid chromatography and extraction, M.Caude, D.Thiebaut, Eds., p219, Harwood academic publishers, Amsterdam.
14. Larry T. Taylor (1996), *Supercritical Fluid Extraction*, Wiley- Interscience Publication, New York, p.23.
15. K. Hasegawa, M. Murata, and S. Fujino (1978), Characterization of subunits and temperature-dependent dissociation of 13S globulin of sesame seed, *Agric.Biol.Chem.* **42**, 2291-2297.
16. S. Rajendran and V. Prakash (1988), Isolation and characterization of  $\beta$ -globulin low molecular weight protein fraction from sesame seeds (*Sesamum indicum L.*), *J. Agric. Food Chem.* **36**, 269-275.
17. Sorgan S. K. Tai etc (2001), Expression pattern and deposition of three storage proteins, 11S globulin, 2S albumin and 7S globulin in maturing sesame seeds, **39**, 981-992.