

참깨 탈지박을 첨가하여 제조한 청국장의 생리활성 및 리그난 성분 탐색

김태수¹ · 최미경² · 김진숙³ · 한재웅⁴ · 강명화^{1*}

¹호서대학교 식품영양학과, ²청운대학교 식품영양학과
³농업과학기술원 농촌자원개발연구소, ⁴성균관대학교 바이오메카트로닉스전공

Screening of Lignan Compounds and Antioxidant Activity of *Chungkukjang* Fermented with Defatted Sesame Flour

Tae-Su Kim¹, Mi-Kyeong Choi², Jin-Sook Kim³, Jae-Woong Han⁴, and Myung-Hwa Kang^{1*}

¹Dept. of Food Science & Nutrition, Hoseo University, Chungnam 336-795, Korea

²Dept. of Human Nutrition & Food Science, Chungwon University, Chungnam 350-701, Korea

³National Rural Resources Development Institute, RDA, Gyeonggi 441-853, Korea

⁴Dept. of Bio Mechatronics Eng, Sungkyunkwan University, Gyeonggi 440-746, Korea

Abstract

This study is on the effect of oil seed by-products added to *Chungkukjang*. For this, we designed three cases: *Chungkukjang* was added in with defatted sesame flour before fermented (DSFBBF), added with defatted sesame flour after fermented (DSFAF) and with no adding (control). In each case, the common ingredients and the active antioxidant ingredients were examined and compared and the effects were analyzed. According to microanalysis result, carbohydrate content *Chungkukjang* the DSFAF 24.97%, control 23.86%, DSFBBF *Chungkukjang* 20.21% as compared to control and *Chungkukjang* DSFAF relatively low carbohydrate content. The moisture contents in DSFBBF (55.98%) or DSFAF (52.83%) were higher than that in control (48.89%). *Chungkukjang* crude ashes in DSFBBF (1.48%) or DSFAF (2.41%) were much lower than in control (6.45%). The proportions of crude lipid in DSFBBF (3.30%) or DSFAF (3.93%) were higher than in control (1.77%) by about 2%. As for crude protein, the percentage in DSFAF (15.86%) was lower than that of DSFBBF (19.03%) or of control (19.03%). There was no meaningful difference in biological activity measurement as total phenolic contents were 1.26 mg/mL in DSFBBF, 1.14 mg/mL in DSFAF and 1.26 mg/mL in control. But electron donating ability was meaningfully more active in DSFBBF (21.30%) than in control (20.24%). The superoxide dismutase (SOD)-like activity in DSFBBF (68.48%) was twice higher than in control (34.01%), which may imply that DSFBBF contain some ingredients that can scavenge superoxide anion radically. In hydroxyl radical scavenging activity, DSFAF scores 96.87%, which is the highest with 96.40% in DSFBBF and 95.73% in control. Relative antioxidative effects in DSFBBF was 47.92%, which is comparable to 47.06% in control. As a result of extraction and quantitative HPLC analysis of sesamin and sesamol extracted from the samples, DSFBBF contained 3.04 ± 0.21 mg/g of sesamin, which is meaningfully higher than 2.41 ± 0.14 mg/g in DSFAF. Content of sesamol was higher in DSFBBF (1.36 ± 0.09 mg/g) than DSFAF (1.12 ± 0.07 mg/g) or in control. We can conclude that biologically active and effective ingredients could be found more in DSFBBF than in DSFAF or in control. This study conveys not only the meaning that oil seed by-products can be used as an ingredient for making *Chungkukjang* functional food, but also the possibility that oil seed by-products themselves could become excellent functional food.

Key words: sesame seed, sesamin, sesamol, lignan, antioxidant, *Sesamum indicum* L.

서 론

최근 참기름 제조 과정에서 생산되는 부산물인 참깨 탈지박은 50% 이상이 단백질이며(1), 이 참깨탈지박 중에는 다량의 리그난이 함유되어 있는 것으로 보고되어 있다(2). 또한 수용성 항산화물질인 세사미놀 배당체가 0.9%정도 함유되어 있는 것으로 나타났으며(3), 당과 단백질 등을 함유하

고 있어 미생물의 발효기질로서 적합하다고 볼 수 있다. 참깨의 특이한 성분인 세사민, 세사몰린 및 세사미놀과 같은 항산화 리그난 성분이 체내에서 간 해독 작용 촉진, 과산화 지질 생성억제, 저밀도 리포 단백질 산화억제(4,5), 장내 콜레스테롤 흡수 억제(3) 및 당뇨개선 작용 등 다양한 생체 조절능력이 인정되면서 기능성식품 소재로 주목되었다. 이미 일본에서는 참깨 리그난 물질을 이용한 영양보충제가 시

*Corresponding author. E-mail: mhkang@hoseo.edu
Phone: 82-41-540-5973, Fax: 82-41-548-0670

관중이며, 우리나라에서도 기름 제조 후 부산물로 생성되는 참깨 탈지박 등의 단백질을 이용하여 식품을 개발하는 등 많은 연구가 진행 중에 있다(6,7). 하지만, 단백질의 기능성에 대하여는 전무한 실정이다. 현재까지 연구에 의하면 참깨 탈지박은 항산화 성분인 배당체 등이 다량 함유되어 있는데 이 배당체는 장내에서 β -glucosidase 라는 분해 효소에 의해 당이 가수분해 되어 아글리론인 세사민, 세사몰린 및 세사미놀 등으로 되어 생체 내에서 높은 생리활성을 나타낸다(4). 이처럼 좋은 효능을 나타내는 것으로 알려져 있는 참깨 탈지박이 청국장을 제조하는 과정 중 발효 과정에 의해 항산화 성분이 증가할 것으로 기대된다. 콩이 발효되면서 청국장이 되면 각종 영양 성분의 흡수율이 증가되고 기능성으로 혈중 콜레스테롤 저하(8), 고혈압 예방(9), 항암(10), 항산화(11), 혈전용해(12) 및 골다공증 예방(13) 등 다양한 기능적 효과가 알려지면서 새로운 건강기능성 식품으로 관심이 모아지고 있다. 또한 청국장 발효과정 중 콩 속에 함유된 isoflavine, phytic acid, saponin, trypsin inhibitor, tocopherol, 불포화지방산, 식이섬유 및 올리고당 등의 각종 생리활성물질과 항산화 물질 및 혈전용해 효소를 다량 함유하고 있기 때문에 기능성식품으로 그 중요성이 강조되고 있다(14,15). 이처럼 우수한 청국장장의 이용가치와 효율을 증대하고 심한 불쾌 취를 개선하기 위하여 다양한 기능성 소재를 첨가하여 청국장을 발효시키는 기술이 개발되어지고 있다(16). 청국장은 대두를 이용한 전통발효 식품으로 벗짚 위에 찢 콩을 담아 40°C에서 2~3일간 발효 숙성시키면 *Bacillus subtilis*가 생산하는 효소에 의하여 단백질과 당질이 분해되어 leaven form fructan과 polyglutamate로 구성된 끈끈한 점질물이 생성되면서 특유한 냄새와 고유한 맛을 띤다(17). 우리나라의 대표적인 자연식품인 청국장은 쌀을 주식으로 하여 단백질 섭취량이 비교적 적은 한국인에게는 예로부터 단백질과 지방의 중요한 공급원이 되어왔다(18). 현재까지 청국장장의 품질을 개선하기 위한 연구로는 청국장 발효미생물 개발(19-21) 및 키위와 무(22), 쪽(23), 유카(24,25), 알로에(26) 등 천연 식품 첨가물을 이용한 연구가 수행되어 문제 해결을 위한 가능성을 제시한 바 있으나, 산업적으로 활용되는 사례는 극히 드문 실정이다.

따라서 본 연구에서는 참깨 탈지박을 이용한 청국장 제조 시 첨가하여 박에 함유되어 있는 단백질 및 각종 항산화 성분이 발효균에 의해 저분자화 하여 기능성 성분을 함유하는 발효 식품을 제조함은 물론, 리그난을 함유하고 있는 청국장장을 이용한 새로운 기능성을 부여하는 소재로 개발하고자 한다.

재료 및 방법

시료

대두는 2006년 충남 광덕 소재에서 재배한 황금콩을 사용하였고 참깨 탈지박은 충북 음성 소재 (주)유맥스에서 유지

를 짜고 난 탈지박을 제공 받아 청국장 제조에 사용하였다.

청국장 제조

본 실험에서 사용한 청국장은 선별한 대두를 수세하여 25°C의 물에 24시간 동안 침지하고 121°C에서 40분간 증자하였다. 증자한 대두를 40°C로 냉각 시킨 후 참깨 탈지박의 첨가량을 증자한 대두에 중량대비 10%를 첨가하였다. 참깨 탈지박의 첨가시기에 따라 발효 전 첨가(added defatted sesame flour before fermented; DSFBF), 발효 후 첨가(added defatted sesame flour after fermented; DSFAF) 아무것도 첨가하지 않은 대조군(control)으로 나누어 제조하였다. 이후 50°C 건조기에서 24시간 1차 건조 후 유품능 벗짚을 깔고 황토 발효실(30°C)에서 10일 정도 2차 발효하였다. 그 후 다시 50°C의 건조기에서 건조시켜 청국장을 제조하여 동결건조 후 분쇄하여 각종 실험에 사용하였다.

시료제조 및 추출

본 실험에 사용된 청국장은 시료에 20배(w/v)의 80% MeOH을 첨가하여 shaking incubator(NB-205V, N-Biotek INC, Bucheon, Korea)에서 12시간씩 3반복 추출하였다. 시료는 40°C에서 추출하였고, 여과(Whatman No. 2)후 40°C에서 감압농축(Rotary evaporator N-1,000 EYELA, Tokyo, Japan)하였다. 농축된 시료를 MeOH을 사용하여 1 mg/mL로 조제 후 0.45 μ m membrane filter로 재 여과한 다음 각종 분석에 사용하였다.

일반성분 분석

청국장장의 수분, 조회분, 조단백질 및 조지방 함량은 AOAC방법(27)으로 정량하였다. 즉 수분은 상압가열 건조법, 조회분은 550°C에서 직접회화법, 조단백질 함량은 micro Kjeldahl 방법, 조지방질 함량은 Soxhlet 추출법을 사용하여 분석하였으며, 탄수화물은 수분, 단백질, 지방, 회분을 100에서 빼 값으로 분석하였다.

총 페놀성 화합물 측정

청국장 추출물 0.1 mL에 2% Na₂CO₃를 2.0 mL 가하고 혼합하여 실온에서 30분 정치한 후 750 nm에서 UV-visible spectrophotometer(Ultraspac 3000, Pharmaca Biotech, Cambridge, England)로 측정하였다. 0~1.0 mg/mL의 농도의 catechin을 이용하여 시료의 페놀성 화합물 정량을 위한 검량선을 작성하였으며, 모든 과정은 3회 반복 실험하였다(28).

Superoxide anion dismutase(SOD) 유사활성 측정

SOD 유사활성 측정은 청국장 각 추출물 0.2 mL에 tris-HCl buffer(pH 8.5) 3.0 mL와 0.2 mM pyrogallol 0.5 mL를 가하여 10분간 방치한 후 1 N-HCl로 반응을 정지시킨 후 420 nm에서 UV-visible spectrophotometer(Ultraspac 3000, Pharmaca Biotech)로 측정하였다(29).

$$\text{SOD-liked activity (\%)} = (1 - A/B) \times 100$$

- A: 시료 첨가군의 흡광도
B: 시료 무 첨가군의 흡광도

전자공여능 측정

청국장 각 추출물 0.5 mL에 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 시약 3.5 mL를 가하고, 실온에서 30분간 방치 후 UV-visible spectrophotometer(Ultraspex 3000, Pharmacia Biotech)를 이용하여 517 nm에서 측정하여 다음과 같이 계산하였다(30).

$$\text{Electron donating ability (EDA, \%)} = 100 - (A/B \times 100)$$

- A: 시료 첨가군의 흡광도
B: 시료 무 첨가군의 흡광도

Hydroxyl radical 소거능 측정

FeSO₄/EDTA 용액 0.2 mL, 10 mM 2-deoxyribose 0.2 mL, 청국장 각 추출물 0.1 mL와 0.1 M phosphate-buffer (pH 7.4) 1.3 mL, 10 mM H₂O₂ 0.2 mL를 가하고, 37°C 항온수조에서 2시간 동안 반응시킨 후 20% TCA(trichloroacetic acid)용액 1 mL, 0.67% TBA(thiobarbituric acid) 2 mL를 가하여 100°C에서 15분 가열한 후 급속히 냉각시켜 532 nm에서 흡광도를 측정하여 항산화 활성을 비교하였다(31).

$$\text{Hydroxyl radical scavenging activity (\%)} = \quad \times 100$$

- A: 시료 첨가군의 흡광도
B: 시료 무 첨가군의 흡광도

Lecithin oxidation 저해활성 측정

Chloroform 10 mL에 egg yolk lecithin 1 g을 녹인 후 각 시험관에 100 µL씩 주입시킨 후, 질소가스로 용매를 제거하였다. 청국장 추출물 0.1 mL와 Tris-KCl buffer(0.01 M Tris-HCl, 0.175 M KCl(pH 7.4))에 2 mM FeSO₄, 2 mM ascorbic acid를 녹여 만든 용액을 각 시험관에 2 mL를 가하여 37°C 항온수조에서 2시간 동안 반응시켰다. 0.7% TBA 1 mL, 1% phosphoric acid 3 mL, 5 mM EDTA 0.5 mL를 가하여 100°C에서 30분 동안 방치한 후, 냉각시켜 n-butanol: pyridine(14:1) 4 mL를 가한 후 원심분리(3000 rpm, 10 min)하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다(29).

$$\text{Relative antioxidative effect (\%)} = \quad \times 100$$

- A: 시료 첨가군의 흡광도
B: 시료 무 첨가군의 흡광도

리그난 성분 분석

리그난 함량은 각 추출물을 0.2 µm membrane filter로 여과하여 HPLC(high performance liquid chromatography)를 실시하였고, Young-Rin Associates, 칼럼 µ-C₁₈ bondapak(3.9 × 300 mm, Waters, Milford, USA), 이동상 MeOH: Water = 80:20(v/v), 유속 0.8 mL/min, 검출기 UV 290 nm의 기기 분석 조건으로 분석하였다. 리그난 화합물 표준정량 곡선을

작성하기 위해 세사민 농도와 세사몰린 농도는 25, 50, 75, 100 ppm이 되도록 희석하여 표준곡선을 작성한 후 계산하였으며, 모든 처리는 3회 반복하였다.

통계처리

본 연구의 결과는 SAS program을 이용하여 각 실험군당 평균과 표준편차를 계산하였고, 각 군별로 나누어 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 한(32) 후 Duncan's multiple range test에 의해 α=0.05의 수준에서 각 실험군 평균치 간에 유의성을 검정하였다(p<0.05).

결과 및 고찰

일반성분

참깨 탈지박을 첨가하여 제조한 청국장의 일반성분 분석 결과는 Table 1과 같다. 수분은 DSFBF 55.98%, DSFAF 52.83%, Control 48.89%로 나타났다. 조지방은 DSFBF 1.48%, DSFAF 2.41%, Control 6.45%였다. 조지방은 DSFBF 3.30%, DSFAF 3.93%, Control 1.77%로 나타났다. 조단백질은 DSFBF 19.03%, DSFAF 15.86%, Control 19.03%의 함량을 보였다. Jung 등(33)은 탈염 후 열처리한 다시마 분말을 0, 1, 2, 3%(w/w)가 되도록 첨가하여 발효시킨 청국장의 일반성분을 측정된 결과 수분함량은 1~2%, 단백질 함량도 다시마의 첨가량이 증가함에 따라 감소하였고, 탄수화물과 조 회분 함량은 증가하였다고 한다. Park 등(34)은 동결 건조시킨 청국장, 4%의 홍삼농축액을 첨가한 홍삼청국장, 4%의 홍삼농축액을 첨가하고 효소 분해한 청국장의 일반성분 함량을 분석한 결과 수분함량은 6.79%, 조단백질 50.45%, 조지방 23.47%, 조회분 4.66%, 탄수화물은 14.63%로 보고하여 홍삼청국장보다 효소 분해한 홍삼청국장은 조지방과 조회분 함량은 비슷한 결과를 나타냈으나, 조단백질과 탄수화물에서 홍삼청국장은 함량 차이를 나타내었다고 한다. 효소 분해한 홍삼청국장은 효소처리에도 불구하고 조단백 함량이 높게 나타났으며 홍삼청국장은 당질의 함량이 21.79%로 상대적으로 높았다고 한다. 이러한 결과, 참깨 탈지박을 첨가한 청국장 역시 기름 제조 후 생성되는 참깨 탈지박의 첨가량에 따라 일반성분의 변화에 영향을 끼친 것으로 사료된다.

총 페놀 함량

폴리페놀 화합물은 식품에 널리 분포되어 있으며, 항산화

Table 1. Proximate composition of *Chungkukjang* (%)

	Carbohydrate	Moisture	Crude fat	Crude ash	Crude protein
DSFBF ¹⁾	20.21	55.98	3.30	1.48	19.03
DSFAF ²⁾	24.97	52.83	3.93	2.41	15.86
Control ³⁾	23.86	48.89	1.77	6.45	19.03

¹⁾DSFBF: added defatted sesame flour before fermented.

²⁾DSFAF: added defatted sesame flour after fermented.

³⁾Control: no added of defatted sesame flour.



Fig. 1. Total phenolic acids contents of each *Chungkukjang* extracts. Values with different alphabets are significantly different among the groups by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$). DSFBF: added defatted sesame flour before fermented. DSFAF: added defatted sesame flour after fermented. Control: no added of defatted sesame flour.

효과와 같은 다양한 생리활성을 나타낸다(35). 참깨탈지박을 첨가한 청국장 추출물의 총 페놀 함량은 Fig. 1과 같다. DSFBF 청국장 1.26 ± 0.005 mg/mL, Control 1.20 ± 0.003 mg/mL, DSFAF 청국장 1.14 ± 0.005 mg/mL로 DSFBF 참깨탈지박을 첨가한 청국장에서 높았다. Lee 등(36)은 대두 삶은 물을 첨가하여 청국장을 발효시켰을 때 genistic acid의 함량이 157.59 mg%로 급격하게 증가되었고, chlorogenic acid도 21.85 mg%에서 35.37 mg%로 증가하였다고 한다. 뿐만 아니라 삶은 대두에는 존재하지 않았던 caffeic acid와 ferulic acid가 각각 8.57 mg%와 13.66 mg%의 농도로 존재하여 발효과정 중 항산화 활성이 높은 유리 phenolic acid의 함량이 증가하는 등 기존의 대두만으로 발효시켜 청국장을 제조하는 경우보다 대두 이외 생리활성 물질이 풍부한 물질을 추가로 첨가하였을 경우 유용한 성분이 증가됨을 알 수 있다. 이러한 결과와 비추어 볼 때, 참깨 탈지박(37,38) 중에는 chlorogenic acid, syringic acid, protocatechuic acid, catechol 등과 같은 항산화 효력이 강한 성분들이 많이 함유되어 있으므로 참깨 탈지박을 첨가한 청국장도 높은 항산화 효과를 나타낸 것으로 사료된다.

SOD 유사활성

Superoxide dismutase는 세포내 활성산소를 과산화수소로 전환시키는 반응을 촉매 하는 생체내의 항산화 효소 중 하나이며, SOD에 의하여 생성된 과산화수소는 catalase 또는 peroxidase에 의하여 쉽게 물 분자와 산소분자로 전환시키는 중요한 효소중의 하나이다(39). 이러한 SOD와 똑같은 않지만 유사활성 측정 방법으로 superoxide anion의 활성을 억제시키는 물질 즉 SOD 유사활성이 널리 이용되고 있어 이를 이용해 측정한 결과 Fig. 2와 같다. DSFBF 68.48%, DSFAF 64.21%, Control 34.10%로 DSFBF 청국장에서 가장 높은 활성을 나타내었다. Control보다 참깨탈지박을 첨가

Fig. 2. SOD-like activity of each *Chungkukjang* extracts. Values with different alphabets are significantly different among the groups by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$). DSFBF: added defatted sesame flour before fermented. DSFAF: added defatted sesame flour after fermented. Control: no added of defatted sesame flour.

한 DSFBF 청국장, DSFAF 청국장에서 활성이 우수하게 나타났는데 이는 참깨탈지박에 함유되어있는 세사민(sesamin), 세사몰린(sesamol), 세사미놀(sesaminol), 세사몰리놀(sesamolinal), 피노레지놀(pinoresinol) 등(40) 항산화 활성이 우수한 리그난(lignan) 성분 물질에 기인한 것으로 생각되어진다. 참깨에는 리그난 성분에 당이 결합되어 글리코사이드 형태로 존재하는 리그난 글리코사이드(lignan glycoside)가 여러 종 분리, 보고되어지고 있는데 이의 아글리콘(aglycon)은 피노레지놀 및 세사미놀 등 항산화활성에 효능이 좋은 물질로 밝혀져 있다(41). DSFBF 청국장의 경우 미생물이 생산하는 효소에 의해 참깨탈지박의 리그난 글리코사이드가 분해되어 항산화활성이 우수한 아글리콘으로 분리되어진 것으로 사료된다. 때문에 이들이 분리되어지지 않은 형태로 존재하는 DSFAF 청국장의 경우보다 활성이 우수하게 나타난 것으로 보인다.

전자공여능

인체 내의 free radical은 지질, 단백질 등과 결합하여 생체의 노화를 일으키는 물질이며 이러한 free radical을 제거할 수 있는 천연물에 대한 연구가 끊임없이 이루어지고 있다. 특히 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) radical 소거법은 항산화 물질의 전자공여능으로 인해 방향족 화합물 및 방향족 아민류에 의해 환원되어 자색이 탈색되는 정도를 나타내는 정도를 지표로 하여 항산화능을 측정하는 방법이다(42). 유지부산물을 첨가한 청국장의 항산화 작용을 DPPH법에 의해 측정한 결과 Fig. 3과 같다. DSFBF 청국장 21.30%, DSFAF 청국장 16.67%, Control 20.24%로 DSFBF 청국장이 가장 높았다. 이 실험 결과로 볼 때 각 청국장들이 시간이 경과함에 따라 활성이 증가하는 추세를 나타내고 있다. 본 결과에서도 Control보다 참깨탈지박을 첨가한 DSFBF 청국장이 유의적으로 높은 활성을 보여주고 참깨탈지박 첨

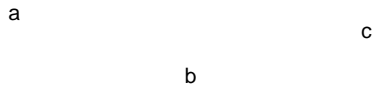


Fig. 3. Electron donating ability of extracts from *Chungkukjang*. Values with different alphabets are significantly different among the groups by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$). DSFBF: added defatted sesame flour before fermented. DSFAF: added defatted sesame flour after fermented. Control: no added of defatted sesame flour.

가군 내에서도 DSFAF 청국장보다 DSFBF 청국장의 활성이 높게 나타나 SOD 활성과 비슷한 경향을 보여주었다.

Hydroxyl radical 소거능

산소호흡으로 세포에너지를 획득하는 생물에 있어서 호흡과정의 부산물로 발생하는 유해 활성 산소종(ROS: reactive oxygen species)인 활성산소 라디칼이 생체 고분자의 산화를 통하여 노화나 암 발생 등 만성 질환의 원인이 된다는 사실이 알려져 있기 때문에(43) hydroxyl radical의 소거능을 살펴본 결과 Fig. 4와 같다. DSFAF 청국장 96.87%, DSFBF 청국장 96.40%, Control 95.73%로 DSFAF 청국장에서 높은 소거활성을 나타내었다. Park과 Cho(44)의 일반 대두 청국장과 서리태청국장은 각각 1.6%, 14.8%의 $\cdot\text{OH}$ 소거능을 보여 다소 낮은 효과를 나타내었고, 반면, 일반대두청국장과 서리태청국장에 비해 녹차를 첨가한 서리태청

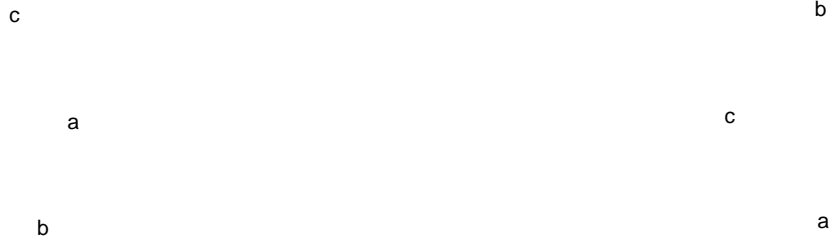


Fig. 4. Hydroxyl radical scavenging ability of extracts from *Chungkukjang*. Values with different alphabets are significantly different among the groups by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$). DSFBF: added defatted sesame flour before fermented. DSFAF: added defatted sesame flour after fermented. Control: no added of defatted sesame flour.

국장이 높은 $\cdot\text{OH}$ 소거능을 나타내었다고 한다. 특히 녹차 첨가량이 증가할수록 $\cdot\text{OH}$ 소거능은 우수하였다고 한다. 위 결과와 비교하여 볼 때 유지부산물을 첨가한 청국장은 높은 수준의 hydroxyl radical 소거활성을 보이는 것으로 보아 이미 참깨탈지박에 함유되어 있는 것으로 알려진 세사민, 세사몰린, 세사미놀, 세사몰리놀, 피노레지놀 등(40)에 의한 것으로 사료되어지며 기능성식품으로서의 가능성이 시사된다.

Lecithin oxidation 저해활성

H_2O_2 는 과산화지질의 생성을 촉진하는 것으로 알려져 있으며, 과산화지질은 동맥경화, 뇌졸중 등과 같은 성인병의 원인이 되고, 간장의 세포막에 과산화지질을 증가시켜 세포의 기능이 저하되어 염증이 유발되며, 그 결과 간경화, 간염 등을 초래한다(45). Lecithin oxidation 저해활성은 SOD에 의해 생성된 과산화수소를 peroxidase를 첨가하여 물과 산소분자로 환원시켜 최종적으로 산패를 억제시켜주는 능력을 측정하는 것으로 본 실험결과 Fig. 5와 같다. DSFBF 청국장 47.92, Control 47.06%, DSFAF 청국장 36.64%로 DSFBF 청국장에서 높은 활성을 나타내었다.

리그난 함량

DSFBF, DSFAF 청국장의 리그난 성분을 분석한 결과는 Table 2와 같다. DSFAF 청국장의 세사민 함량은 2.41 ± 0.14 mg/g, DSFBF 청국장의 세사민 함량은 3.04 ± 0.21 mg/g로 나타났다. 세사몰린은 DSFBF 청국장 1.12 ± 0.07 mg/g, DSFAF 청국장 1.36 ± 0.09 mg/g의 함량으로 DSFBF 청국장이 높은 함량을 나타내었다. 위 실험 결과 참깨의 이용방법에 따라서 리그난 함량에 차이를 보이고 있다. 또한 청국장에 참깨 탈지박을 첨가하는 시점에 따라 세사민, 세사몰린 함량에 차이가 나타났다. 참깨는 다른 작물에 비하여 종자수명이 매우 길다. 특히 저온조건에서 저장한 것은 30년 이상 발아율을 유지하는 것으로 알려져 있으며, 그 이유는 참깨중

Fig. 5. Relative anti-oxidative effects of extracts from *Chungkukjang*. Values with different alphabets are significantly different among the groups by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$). DSFBF: added defatted sesame flour before fermented. DSFAF: added defatted sesame flour after fermented. Control: no added of defatted sesame flour.

Table 2. Lignan contents of *Chungkukjang* (mg/g)

	Sesamin	Sesamolin	Total
DSFBF ¹⁾	3.04±0.21	1.36±0.09	4.40±1.18
DSFAF ²⁾	2.41±0.14	1.12±0.07	3.53±0.91

¹⁾DSFBF: added defatted sesame flour before fermented.

²⁾DSFAF: added defatted sesame flour after fermented.

자가 가지고 있는 리그난 성분과 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다(41).

따라서 세사민, 세사몰린은 중요한 생리적 활성을 나타내는 참깨의 유효 성분이므로 DSFBF 하는 것이 생리적인 측면이나 영양학적인 측면에서 우수할 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 청국장에 유지부산물을 첨가하여 일반성분, 항산화활성에 미치는 영향 및 유효성분을 분석하였다. 일반성분 분석 결과 탄수화물 함량은 DSFAF 청국장 24.97%, Control 23.86%, DSFBF 청국장 20.21%로 Control과 DSFAF 청국장에 비해 탄수화물 함량이 비교적 낮았다. 수분함량은 DSFBF 청국장 55.98%, DSFAF 청국장 52.83%, Control 48.89%로 Control에 비해 DSFBF 청국장이 높게 나타났고, 회분함량은 DSFBF 청국장 1.48%, DSFAF 청국장 2.41%, Control 6.45%로 DSFBF, DSFAF 청국장 모두 Control보다 낮게 나타났다. 조지방 함량은 DSFBF 청국장 3.30%, DSFAF 청국장 3.93%, Control 1.77%로 Control보다 DSFAF 청국장이 2%정도 함량이 많았으며, 조단백질 함량의 경우 DSFBF 청국장 19.03%, DSFAF 청국장 15.86%, Control 19.03%로 Control과 비슷하거나 낮은 경향을 보였다. 생리활성 측정에서 총 페놀 함량은 DSFBF 청국장 1.26 mg/mL, Control 1.20 mg/mL, DSFAF 청국장 1.14 mg/mL로 Control과 유의적인 차이를 나타내었으며, 전자공여능은 DSFBF 청국장 21.30%로 Control 20.24%에 비해 유의적으로 높은 활성을 나타냈다. SOD 유사활성에서는 DSFBF 청국장 68.48%로 Control 34.01%에 비해 2배 이상의 superoxide anion 제거능이 높은 물질을 함유하고 있음을 예상할 수 있다. Hydroxyl radical 소거능에서는 DSFAF 청국장 96.87%, DSFBF 청국장 96.40%, Control 95.73%로 90% 이상의 높은 hydroxyl radical 소거능을 보였다. Relative antioxidative effects 저해활성은 DSFBF 청국장 47.92%, Control 47.06%로 비슷한 결과를 나타내었다. 본 시료 추출물에서의 sesamin, sesamolin을 HPLC를 통해 정량한 결과 sesamin은 DSFAF 청국장 2.41±0.14 mg/g, DSFBF 청국장 3.04±0.21 mg/g로 DSFBF 청국장이 비교적 높은 함량을 보였다. Sesamolin 또한 DSFAF 청국장 1.12±0.07 mg/g, DSFBF 청국장 1.36±0.09 mg/g으로 Control과 DSFAF 청국장에 비해 DSFBF 청국장이 생리활성 및 유효성분에서 더 높은 함량을 나타냈다. 기름 제조 후 부산물로 생성되는 참깨탈지박은 청국장에 새

로운 기능성을 부여하는 기초 자료는 물론, 앞으로 우수한 기능성식품으로서의 가능성이 시사된다.

감사의 글

본 연구는 2006년도 호서대학교 학술연구조성비 지원에 의하여 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Kang MH, Park SJ. 2004. Functional properties of sesame seed. *Food Industry and Nutrition* 9: 31-40.
2. Namiki M. 1995. The chemistry and physiological functions of sesame. *Food Rev Int* 11: 281-329.
3. Hirata F, Fujita K, Ishikura Y, Hosoda K, Ishikawa T, Nakamura H. 1996. Hypocholesterolemic effect of sesame lignan in humans. *Atherosclerosis* 122: 135-136.
4. Kang MH, Naito M, Tsujihara N, Osawa T. 1998. Sesamol inhibits lipid peroxidation in rat liver and kidney. *J Nutr* 128: 1018-1022.
5. Kang MH, Naito M, Sakai K, Uchida K, Osawa T. 2000. Action of mode sesame lignans in protecting low density lipoprotein against oxidative damage in vitro. *Life Sci* 66: 161-171.
6. Kim DH, Lee GY, Kim NM, Lee JS. 2003. Physiological functionality of various from danmemil and legumes. *Korean J Food Nutr* 16: 347-352.
7. Park SJ, Kang MH. 2004. Functional properties of sesame seed. *Food Industry and Nutrition* 9: 31-40.
8. Yoo JY. 1997. Present status of industries and research activities of Korean fermented soybean products. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol* 23: 13-30.
9. Okamoto A, Hanagata H, Matsumoto E, Kawamura T, Koizumi Y, Yanagida F. 1995. Angiotensin I converting enzyme inhibitory activities of various fermented foods. *Biosci Biotechnol Biochem* 59: 1147-1149.
10. Takahashi C, Kikuchi N, Katou N, Miki T, Yanagida F, Umeda M. 1995. Possible antitumor promoting activity of components in Japanese soybean fermented foods natto: Effect on gap junctional intercellular communication. *Carcinogenesis* 16: 471-476.
11. Iwai K, Nakaya N, Kawasaki Y, Matsue H. 2002. Antioxidative functions of natto, a kind of fermented soybeans: Effect on LDL oxidation and lipid metabolism in cholesterol fed rats. *Agric Food Chem* 50: 3597-3601.
12. Yoo CK, Seo WS, Lee CS, Kang SM. 1998. Purification and characterization of fibrinolytic enzyme exerted by *Bacillus subtilis* K54 isolated from chungkukjang. *Korean J Appl Microbiol Biotechnol* 26: 507-514.
13. Hosoi T. 1996. Recent progress in treatment of osteoporosis. *Nippon Romen Igakkai* 33: 240-244.
14. Kim JS. 1996. Current research trends on bioactive function of soybean. *Korea Soybean Digest* 13: 17-24.
15. Kim WK, Choi KH, Kim YT, Park HH, Choi JY, Lee YS, Oh HI, Kwon IB, Lee SY. 1996. Purification and characterization of a fibrinolytic enzyme produced from *Bacillus* sp. strain CK 11-4 screened from chungkookjang. *Appl Environ Microbiol* 62: 2482-2488.
16. Gu YA, Jang SY, Park NY, Mun CR, Kim OM, Jeong YJ. 2006. Property changes of mung bean depending on hydrolysis conditions. *Korean J Food Preserv* 13: 563-568.

17. Ko HS, Cho DH, Hwang SY, Kim YM. 1999. The effect of quality improvement by *chungkukjang* processing methods. *Korean J Food Nutr* 12: 1-6.
18. Hong SW, Kim JY, Lee BK, Chung KS. 2006. The bacterial biological response modifier enriched *Chungkookjang* fermentation. *Korean Food Sci Technol* 38: 548-553.
19. Youn KC, Kim DH, Kim JO, Park BJ, Yook HS, Cho JM, Byun MW. 2002. Quality characteristics of the *Chungkookjang* fermented by the mixed culture of *Bacillus natto* and *Bacillus licheniformis*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 204-210.
20. Kim YS, Jung HJ, Park YS. 2003. Characteristics of flavor and functionality of *Bacillus subtilis* K-20 *Chungkookjang*. *Korean J Food Sci Technol* 35: 475-478.
21. Suh JS, Lee SG, Ryu MK. 1982. Effect of *Bacillus* strains on the *Chungkookjang* processing. *Korean J Food Sci Technol* 14: 309-314.
22. Shon MY, Kim MH, Park SK, Park JR, Sung NJ. 2002. Taste components and palatability of black *Chungkookjang* added with kiwi and radish. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 39-44.
23. Park WJ, Park HY, Yoo JH, Rhee MS. 2001. Effect of *Artemisia asiatica* Nakai extract on the flavor *Chungkookjang*. *Food Eng Prog* 5: 115-124.
24. In JP, Lee SK, Ahn BK, Chung IM, Jang CH. 2002. Flavor improvement of *Chungkookjang* by addition of yucca (*Yucca shidigera*) extract. *Korean J Food Sci Technol* 34: 57-64.
25. In JP, Lee SK. 2004. Effect of Yucca (*Yucca shidigera*) extract on quality characteristics of *Chungkookjang* using *Bacillus subtilis*. *J Kor Soc Appl Biol Chem* 47: 176-181.
26. Yun SH, Lee SS, Jang JE, Noh GW. 2004. Sensory evaluation of *Chungkookjangs* with herbal extracts and clinical evaluation in atopy dermatitis patients. *Korean J Nutr* 37: 669-674.
27. AOAC. 1980. *Official Methods of Analysis*. 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 876.
28. AOAC. 2003. *Official Methods of Analysis*. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 35.
29. Tsuda T, Oshinori YF, Katsumi O, Yamamoto A, Kawakishi S, Osawa T. 1995. Antioxidative activity of tamarind extract prepared from the seed coat. *Nippon Shokuhin Kaishi* 42: 430-435.
30. Kang MH, Park CG, Cha MS, Seong ES, Chung HK, Lee JB. 2001. Component characteristics of each extract prepared by different extract methods from by-products of *Glycrrhizia uralensis*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 138-142.
31. Chung SK. 1997. Hydroxy radical scavenging effects of species and scavengers from brown mustard. *Biosci Biotech Biochem* 61: 118-123.
32. SAS. 2000. *User's guide*. SAS Institute, Cary, NC, USA. p 633.
33. Jung YK, Lee HK, Kim SD. 2006. Effect of sea tangle on fermentation and quality characteristics of *Cheongbukjang*. *Korean J Food Preserv* 13: 95-101.
34. Park NY, Seong JH, Choi MS, Moon KD, Kwon JH, Jeong YJ. 2008. Comparison of functional properties of *Cheonggukjang* by using red ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 261-268.
35. Kang MH, Choi CS, Kim JS, Chung HK, Min KS, Park CK, Park HW. 2002. Antioxidative activities of ethanol extract prepared from leaves, seed, branch and aerial part of *Crotalaria sessiliflora* L. *Korean J Food Sci Technol* 34: 1098-1102.
36. Lee KH, Ryu SH, Lee YS, Kim YM, Moon GS. 2005. Changes of antioxidative activity and related compounds on the *Chungkookjang* preparation by adding drained boiling water. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 163-170.
37. Cho SY, You BJ, Chang MH, Lee SJ, Sung NJ, Lee EH. 1994. Screening for the antioxidants in unused marine resources by the polarographic method. *Korean J Food Sci Technol* 26: 417-421.
38. Woo NRY, Ahn MS, Lee KY. 1995. Antioxidative effect of aloe (*Aloe arborescences*) extracts on linoleic acid and soybean oil. *Korean J Soc Food Sci* 11: 536-541.
39. Marklund S, Marklund G. 1974. Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47: 469-474.
40. Lee JI, Kang CH, Bang JK, Kim KJ. 1991. Sesame breeding for oil quality improvement. IV. Variety differences of oil content and fatty acid composition. *Kor J Crop Sci Quality Res* 3: 20-32.
41. Ryu SN, Lee EJ, Yoon HS, Kang SS. 2003. Chemical structure and physiological activity of lignan component in sesame. *Korean J Crop Sci* 48: 65-71.
42. Choi CS, Song ES, Kim JS, Kang MH. 2003. Antioxidative activities of *Castanea Crenata Flos* methanol extracts. *Korean J Food Sci Technol* 35: 1216-1220.
43. Droge W. 2002. Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiol Rev* 82: 47-95.
44. Park HY, Cho EJ. 2008. Radical scavenging effects and physicochemical properties of *Seolitae Chungkookjang* added with green tea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 401-404.
45. 美濃眞. 1967. 老化. 化学人, 東京, 日本. p 27.

(2009년 7월 29일 접수; 2009년 8월 26일 채택)