

## 밀 배아의 생리 활성 물질 및 항균 활성 분석에 관한 연구

최 봉 순<sup>1</sup> · 강 근 옥<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>경기대학교 의식조리관리학과, <sup>2</sup>국립한경대학교 영양조리학과

### Studies on the Analysis of Physiological and Antimicrobial Activity of Wheat Germ

Bong-Soon Choi<sup>1</sup> and Kun-Og Kang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Foodservice Culinary & Management, Kyonggi University, Seoul 120-702, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Nutrition and Culinary Science, Hankyong National University, Ansong 456-749, Korea

#### Abstract

The objectives of this study were to analyze the physiological and antimicrobial activities of wheat germ. The fatty acid components of the wheat germ included palmitic, stearic, oleic, linoleic, and linolenic acids. Furthermore, the acid value was 8.5, the peroxide value was 7.1, the iodine value was 126.8, the saponification value was 159.7, and the refractive index was 1.547. In the unsaponifiable matter, the total phenol concentration extracted by ethanol, along with physiological activity were 2.02% and 0.45%, respectively, and the amount of flavonoids and activity were 6.89% and 6.90%, respectively. The amount of flavonoids was larger than the phenol concentration in the wheat germ. In addition, the nitrite-scavenging ability of the wheat germ was lower than ascorbic acid but greater than BHT and tocopherol. The peroxide value in the linoleic acid changed over 5 days, presenting as 0.67, 22.70, 44.25, 5.81, and 91.17 meq/kg, and increases were also consistently shown as time passed for the ethanol extractions and unsaponifiable. Additional data showed that antimicrobial effects could not be detected in the wheat germ concentration or method of extraction.

Key words : Wheat germ, physiological activity, antimicrobial effect.

#### 서 론

밀 배아는 밀의 제분 과정에서 얻어지는 부산물로 제분 단계에서 순수한 배아만을 분리하여 얻어진다. 국내에서 생산되는 밀 배아는 밀의 2~3%를 차지하는데 예전에는 밀 배아를 이용하여 쿠키를 제조하기도 하였지만 지금은 대부분이 밀기울과 함께 섞여진 상태에서 저렴한 사료로 이용되고 있는 실정이다.

밀 배아의 주요 영양 성분으로는 천연 항산화제의 역할을 하는 비타민 E와 xanthophyll, xanthophyll ester, carotene으로 구성된 carotenoide 색소 등이 있다. 또한 밀 배아의 지방에는 토코페롤 함량이 많아 건강식품으로서 가치가 있으며, 지방산으로는 linoleic acid가 전체 지방산의 60% 정도를 차지하고 있다(Choe & Youn 2005).

이러한 밀 배아에 관하여 그 동안 이루어진 연구들을 살펴보면 Kim & Choi(1995)는 밀 배아 지방질의 산화 안정성과 카로티노이드 및 토코페롤의 변화 연구에서 밀 배아 저장 30일 경 triglyceride 함량이 66%에서 49%로, 유리지방산이

7%에서 2%로 감소하였다고 보고한 바 있으며, Pyo YH(1991)의 연구에서는 밀 배아에서 얻은 소맥 배아유의 산화 안정성을 측정하여 효과적으로 유도 기간을 연장하는 것을 알아보았는데, mixed tocopherol과 200 ppm의 유기산류를 첨가했을 때, 특히 500 ppm의 L-ascorbic acid 첨가 시 5배 정도 산화 안정성이 증진되었다고 하였다. Choi *et al*(2002)은 밀 배아에서 분리된 arabinoxylan의 면역세포 활성화를 *in vitro*에서 생후 7주된 쥐의 비장 림프구와 복강 대식세포를 대상으로 살펴본 결과 arabinoxylan의 면역 증진 효과로 인해 각종 세균의 침입을 방지하여 세균성 질환을 예방할 뿐 아니라 체내에서 돌연변이된 세포를 효율적으로 제거시킴으로써 암 등 각종 성인병을 예방할 수 있을 것으로 보고하였다.

밀 배아 외 다양한 곡류의 배아에 관한 연구도 이루어졌는데, Seog *et al*(2002)은 보리를 도정 처리할 때 발생하는 부산물을 천연 항산화제로 이용하는 방법에 대하여 연구하였고, Tamagawa *et al*(1997)은 보리에 함유되어 있는 폴리페놀성 물질은 외층부보다 배아 부위에 더 많이 있으며, 폴리페놀 추출물에는 항산화성과 활성산소 소거능이 있다고 하였다. 쌀 배아에 관한 연구로는 Ghoneum M(1998)이 미강에서 추출된 arabinoxylan이 NK(natural killer) cell의 암세포 독성 효과

\* Corresponding author : Kun-Og Kang, Tel : +82-31-670-5181, Fax : +82-31-670-5187, E-mail : cocco-9522@hanmail.net

를 증가시킨다고 보고하였고, 그 외에도 미강의 혈중 콜레스테롤 저하 효과(Kahlon *et al* 1989), 항산화 효과(Osawa *et al* 1985), 혈압 상승 효과(Muramoto & Kawamura 1991) 및 쌀 배아의 단백질, 비타민, 필수 지방산 함량 등에 대한 연구(Juliano BO 1985)가 보고되어 있다.

이상에서 볼 때 밀 배아의 영양 및 기능적 특성과 그 가치성에도 불구하고 밀 배아에 대한 다양한 연구가 미흡한 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 밀 배아에 존재하는 생리 활성 물질을 분석하고 아울러 항균 활성을 측정하여 밀 배아를 이용한 다양한 식품가공에 대한 기초 자료를 제시하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료

본 실험에 사용된 밀 배아는 2008년 6월 동아제분에서 중력분용 밀가루(미국산) 제조 시 분리된 것을 받아 사용하였고, 분석용 시약은 Sigma Co.(Steinheim Germany) 것을 사용하였다.

### 2. 밀 배아의 일반 성분 및 지방산 측정

밀 배아의 일반 성분은 AOAC법(AOAC 1990)에 의하여 분석하였다. 즉, 수분은 105°C 상압건조법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조단백은 semi micro Kjeldahl법(N×6.25), 조회분은 550°C 회화법, 조섬유는 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-KOH법으로 정량하였다. 탄수화물은 100에서 수분, 조지방, 조단백, 조회분, 조섬유를 뺀 값으로 하였다. 그리고 인지질의 실험 방법은 아세톤법(기준유지분석시험 1984)으로 행하였다.

또한, 밀 배아의 지방산을 분석하기 위한 시료의 제조(AOCS 1990a)방법은 시료를 250 mL 삼각플라스크에 0.15~0.2 g 정도 취한 다음 0.5 N NaOH/methanol을 4 mL 가한 후 환류, 냉각하면서 10분간 가열하였다. 가열한 후 14% BF<sub>3</sub>/methanol 5 mL를 가하고 2분간 반응시킨 다음 hexane 5 mL를 가하고 1분간 가열하였다. 반응 후 삼각플라스크를 분리 냉각시키고, 이를 test tube에 옮겨 포화 식염수를 가하고 hexane층을 분취하여 Table 1의 조건으로 분석하였다.

### 3. 밀 배아 지방의 화학적 성질 측정

밀 배아 지방의 화학적 성질로 산가(AOCS 1990b), 과산화물가(AOCS 1990c), 요오드가(AOCS 1990d), 비누화값(AOCS 1990e), 굴절율(AOCS 1990f) 등을 측정하였다.

### 4. 밀 배아의 생리 활성 물질 측정

#### 1) 밀 배아의 에탄올 추출물 및 불검화물 제조

동결건조(Freeze dryer, TD-5075R, Seoul, Korea)된 밀 배

**Table 1. GC specification and operating conditions for analysis of fatty acids**

Specification	Condition
Instrument	Youglin M600D
Column	HP-INNO Wax (Crosslinked Polyethylene Glycol) 30 m×0.25 mm×0.25 μm film thickness
Split mode	Split ratio 1 : 100
Carrier gas	He, flow 1 mL/min
Column head pressure	25 psi
Injection port	220°C
Detection port	275°C
Oven temp. program	Initial temp. 50°C at 3 min Temp. gradient 10°C/min Final temp. 250°C at 5 min

아 100 g을 정확히 칭량하여 10배의 물 및 에탄올을 각각 첨가한 후, 환류냉각장치를 이용하여 5시간 동안 추출하였다. 추출물은 여과지(Whatman No. 2)로 여과한 후 감압 회전 증발기로 40±1°C에서 농축 건조한 후 다시 동결 건조하여 측정 시료로 사용하였다. 추출 수율의 측정은 추출에 사용한 시료의 건물에 대한 추출물의 총 고형분 함량의 백분비로 하였다. 제조된 밀 배아 에탄올 추출물들은 냉동실(-40°C)에서 보관하면서 실험에 사용하였다. 불검화물은 밀 배아 100 g을 취한 후 1 N KOH 1 L를 첨가하여 1시간 동안 환류 조작하여 검화하였다. 검화가 끝난 후, 온수와 에틸에테르를 넣고 혼합하고 상등액을 분액여두에 옮긴 후 에틸에테르로 3번 반복하여 추출하였다. 추출액은 감압 회전 증발기로 40±1°C에서 농축 건조한 후 다시 동결건조하여 불검화물 시료로 사용하였다.

#### 2) 총페놀 및 플라보노이드 함량 측정

밀 배아의 에탄올 추출물 및 불검화물의 총 페놀 함량은 Folin-Dennis법(Teresa-Satue *et al* 1995)에 의하여 분석하였다. 즉, 캡 튜브에 증류수 7 mL, 시료 1 mL씩 넣은 후 Folin-Dennis 시약 0.5 mL를 첨가하여, 3분 후에 sodium carbonate anhydrous 포화 용액 1 mL, 증류수 0.5 mL를 넣고 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준용액으로는 탄닌산(tannic acid, Sigma Co., St. Louis, USA)을 사용하였다.

총 플라보노이드 함량(Kang *et al* 1996)은 시료액 1 mL와 diethylene glycol 10 mL를 혼합하고 여기에 1 N-NaOH 용액 1 mL를 가하여 잘 혼합한 후 37°C에서 1시간 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준검량곡선은 나

린진(naringin, Sigma Co., St. Louis, USA)을 사용하여 작성하였다.

### 3) 아질산염 소거능 측정

밀 배아의 에탄올 추출물 및 불검화물의 아질산염 소거능은 Gray & Dugan(1975) 방법에 준하여 측정하였다. 즉, 1 mM NaNO<sub>2</sub> 용액 1 mL에 일정 농도의 시료 1 mL를 가하고 0.1 N HCl로 반응 용액의 pH를 1.2로 조정하여 다음 총량을 10 mL로 하였다. 이 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액을 1 mL씩 취하여 2% 초산 용액 5 mL와 Griess 시약(30% acetic acid로 조제한 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 혼합한 것, 사용 직전에 조제) 0.4 mL를 가하여 잘 혼합하였다.

이 혼합액을 실온에서 15분간 방치한 후 UV/Vis spectrophotometer(TU-1800, USA)를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정, 잔존하는 아질산염을 구하였다. Blank 시험은 Griess시약 대신 증류수를 0.4 mL 가하여 상기와 동일하게 행하였다. 아질산염 소거 작용은 시료를 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우의 아질산염 백분율로 나타내었다.

$$N(\%) = 1 - \frac{A-C}{B} \times 100$$

*N* : Nitrite scavenging ability

*A* : Absorbance of 1 mM NaNO<sub>2</sub> added sample after standing for 1 hour

*B* : Absorbance of 1 mM NaNO<sub>2</sub>

*C* : Absorbance of control

### 4) 리놀레산 기질에서의 항산화 효과 측정

밀 배아의 에탄올 추출물 및 불검화물의 리놀레산 기질에서의 항산화 효과는 실험군 이외에 대조군과 비교군을 두어 실험하였다. 대조군은 첨가물을 넣지 않은 리놀레산 50 g을 사용하였으며, 실험군은 리놀레산 50 g에 대하여 밀 배아의 에탄올 추출물 및 불검화물을 각각 200 ppm, 500 ppm 및 1,000 ppm의 농도로 첨가하였다. 비교군은 리놀레산 50 g에 천연항산화제  $\alpha$ -tocopherol, ascorbyl palmitate 및 합성항산화제 BHT를 각각 200 ppm 농도로 첨가하여 실험하였다. 조제된 시료는 37±1°C 항온기에 저장하면서 1일 간격으로 과산화물가를 측정, 비교하였다. 과산화물가는 일정량의 시료를 chloroform/acetic acid 용액(2:3, v/v) 30 mL에 녹인 후 포화 KI(potassium iodide) 용액을 가하고 I<sub>2</sub>를 유리시켜 I<sub>2</sub>의 농도를 알고 있는 Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(sodium thiosulfate) 표준용액으로 적정한 후 과산화물가의 양을 다음 식에 의하여 산출하였다.

$$POV(\text{meq/kg oil}) = \frac{(A-B) \times N}{S} \times 1000$$

*A* : Titration of sample(mL)

*B* : Titration of blank(mL)

*S* : Weight of sample(g)

*N* : Normality of sodium thiosulfate solution

### 5. Paper Disc 법에 의한 밀 배아의 항균 활성 측정

밀 배아의 에탄올 추출물 및 불검화물의 항균 효과 검색은 paper disc법(Kim *et al* 2000)을 이용하여 측정하였다. 항균 효과 측정에 사용된 균주는 Gram 양성균과 Gram 음성균 각각 2종류씩 사용하였고, 사용된 배지의 조건은 Table 2와 같았다. Gram 양성균으로는 *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*를, Gram 음성균으로는 *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*를 각각 사용하였다.

각 시험균주를 해당 액체 배지에 24시간 전배양하였고, 평판배지의 조제는 각각의 생육배지로 멸균된 1.5% agar를 petri dish에 20 mL씩 분주하여 응고시킨 후 각 시험 균액을 0.1 mL씩 첨가하여 멸균된 유리봉으로 배지위에 고르게 퍼지도록 도포하여 사용하였다. 밀 배아의 에탄올 추출물 및 불검화물을 각각 일정 농도로 주입한 paper disc(8 mm, Toyo Roshi Kaicha, Ltd. Japan)를 평판배지 위에 흡착시켜 멸균수 30  $\mu$ L를 주입 후 37°C에서 24시간 배양하여 paper disc 주변의 inhibition clear zone(8 mm : no inhibition, 8~9 mm : very slight inhibition, 9~10 mm : slight inhibition, 10~14 mm : moderate inhibition)의 직경(mm)을 측정하여 밀 배아의 에탄올 추출물 및 불검화물에 대한 항균 효과를 비교분석하였다.

### 6. 통계분석

실험 결과는 SAS package(release 8.01)(SAS 1997)를 이용하여 평균±표준편차로 표시하였고, 평균값의 통계적 유의성은  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test에 의해 검정하였다.

**Table 2. List of strains and media used for antimicrobial activity**

	Strain	Media
Gram positive bacteria	<i>Bacillus cereus</i> KCCM 40935	Nutrient agar(Difco)
	<i>Staphylococcus aureus</i> KCCM 11335	
Gram negative bacteria	<i>Escherichia coli</i> KCCM 11234	Nutrient agar(Difco)
	<i>Salmonella enteritidis</i> KCCM 12021	

## 결과 및 고찰

### 1. 밀 배아의 일반 성분 함량

본 연구에 사용한 밀 배아의 일반 성분은 Table 3과 같다. 밀 배아의 수분 함량은 11.4%였으며, 조단백 24.4%, 조지방 13.1%(조지방 중의 인지질의 함량은 1.70%), 당 46.7%, 조섬유 3.3% 그리고 조회분은 2.1%이었다. Choi *et al*(2000)의 연구에서 밀 배아의 수분 함량은 11.6%, 조단백 25.1%, 조지방 7.5%, 당 49.1%, 조섬유 2.8% 그리고 조회분은 4.0% 정도로 조지방 함량만 다소 차이가 낮을 뿐 본 연구와 비슷한 함량을 나타내었고, 쌀 배아는 수분 8.7%, 조지방 21.2%, 조단백 16.5%로 밀 배아와 차이를 보였다. 또한, Ho *et al*(1986)의 연구에서는 수분 함량 10.5%, 조단백 22.8%, 조지방 2.4%, 조섬유 1.5%, 그리고 조회분은 3.2%로 보고하여 조지방에서만 함량에 차이가 낮고 그 외 결과는 본 연구와 유사하였다. 사용한 중력분의 수분 함량은 12.7%이었고, 회분은 0.3%, 조단백질은 10.2%이었다.

### 2. 밀 배아의 지방산 함량

밀 배아의 지방산은 Fig. 1과 같이 palmitic acid(C<sub>16:0</sub>), stearic acid(C<sub>18:0</sub>), oleic acid(C<sub>18:1</sub>), linoleic acid(C<sub>18:2</sub>) 및 linolenic acid(C<sub>18:3</sub>) 등 5가지 종류의 지방산이 검출되었다. 이 중에서 linoleic acid 함량이 52.9%로 가장 높았고, 다음은 palmitic acid가 18.8%를 차지하였으며, stearic acid는 1.2%로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 이러한 경향은 밀 배아의 지방산을 분석한 연구(Barnes PJ 1983, Kim & Cheigh 1995)에서 주요 지방산은 linoleic, linolenic, palmitic, oleic acid이고, 지방산 조성은 linoleic acid 52~66%, palmitic acid 7~21%, oleic acid 12~23% 정도라는 결과와 유사한 것으로 배아부의 지질성분은 linoleic acid를 중심으로 하는 불포화지방산이 80% 이상을 차지하고 있었다.

옥수수 배아에 대한 연구(Cho *et al* 1986)에서는 palmitic acid 10~13.5%, oleic acid 20~22%, linoleic acid 60~62.5%

Table 3. Approximate composition of the wheat germ

Items	Wheat germ (%)
Moisture	11.4±0.2 <sup>1)</sup>
Crude protein	24.4±0.1
Crude lipid/phospholipid	12.1±0.3/1.70±0.2
Carbohydrate	46.7±0.1
Crude fiber	3.3±0.4
Crude ash	2.1±0.2

<sup>1)</sup> Values are Mean±S.D., n=3.

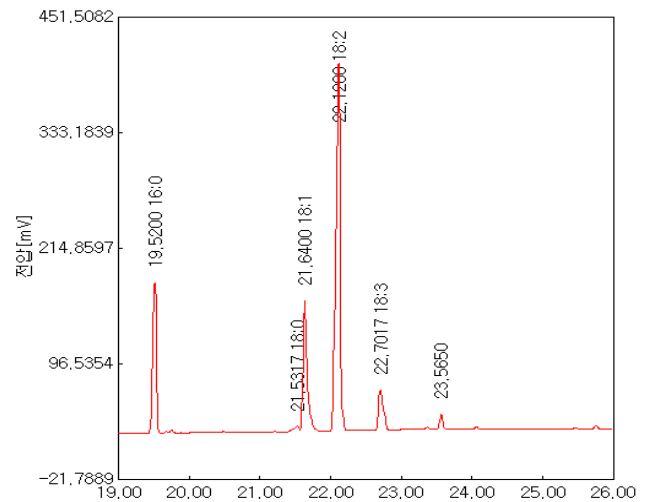


Fig. 1. Fatty acid compositions of the wheat germ oil.

등이 주종을 이루는 성분이며, stearic acid는 1.0~2.0%로 소량 함유되어 있다고 보고된 바 있다.

### 3. 밀 배아 지방의 화학적 성질

밀 배아 지방의 화학적 성질은 Table 4와 같이 산가(acid value) 8.5, 과산화물가(peroxide value) 7.1, 요오드가(iodine value) 126.8, 비누화값(saponification value) 159.7 및 굴절율(refractive index) 1.547로 측정되었다. 이와 유사한 연구로 Cho *et al*(1986)이 옥수수 배아에서 추출한 지방의 화학적 성질 측정에서 산가 1.5, 과산화물가 3.3, 요오드가 44.0 그리고 비누화값은 292.3로 보고하였고, Bernardini E(1983)가 분석한 옥수수 배아에서는 요오드가 110~125, 비누화값 180~195로 보고한 바 있다.

### 4. 밀 배아의 생리 활성 물질

#### 1) 총페놀 및 플라보노이드 함량

식물에 존재하는 많은 phytochemical 중 폴리페놀 화합물

Table 4. Some chemical characteristics of the wheat germ oil

Characteristics	Wheat germ oil
Acid value	8.5 ±0.1 <sup>1)</sup>
Peroxide value	7.1 ±0.3
Iodine value	126.8 ±0.2
Saponification value	159.7 ±0.4
Refractive index	1.547±0.2

<sup>1)</sup> Values are Mean±S.D., n=3.

은 여러 가지 식품에 널리 분포되어 있으며, 천연항산화제로써 작용할 수 있다는 연구들이 수행되었다(Choi *et al* 2001, Dzidzic & Hudson 1983, Miura & Nakatani 1989). 보리의 경우에도 폴리페놀성 물질이 함유되어 있고 특히 이들 페놀성 화합물은 보리 내부 배유조직보다는 겉질을 포함하는 외층부 및 배아 부위에 더 많이 집적되어 있으며(Seog *et al* 2002), 보리 폴리페놀 추출물이 우수한 항산화성 및 활성산소 소거능을 갖고 있다는 것이 보고된 바 있다(Tamagawa *et al* 1997).

본 연구에서는 밀 배아의 에탄올 추출물과 식물성 기름 등에 대하여 산화를 억제시키는 작용을 갖는다(Sims *et al* 1972)고 알려진 불검화물에서의 총 페놀 및 플라보노이드 성분 함량을 측정하였는데, 그 결과는 Fig. 2와 같다. 밀 배아의 에탄올 추출물과 불검화물의 총 페놀 함량은 2.02% 및 0.45%이었고, 플라보노이드 함량은 6.89% 및 6.90%로 밀 배아에서는 총 페놀보다 플라보노이드 함량이 더 많은 것으로 나타났다. 품종 및 도정도별 백미와 미강의 특성 및 페놀산 함량에 대한 연구(Kim *et al* 2004)에서는 도정한 백미 중 총 페놀 함량이 30.3~71.9 mg catechin eq/100 g 범위였으며, 미강에는 310.0~541.6 mg catechin eq/100 g으로써 다량의 총 페놀이 함유되어 있는데, 이들은 도정도가 증가함에 따라 백미 중에 함유된 페놀 함량은 유의적으로 감소하는 반면 미강의 페놀 함량은 증가한다고 보고한 바 있다.

2) 아질산염 소거능

아질산염은 질산염에 비해 반응성이 크기 때문에 산성 pH 영역에서 쉽게 nitrous acid로 전화되어 니트로소화 물질로 작용할 수 있다. 따라서 nitrosoamine은 식품 성분간의 상호 반응으로 식품 내에서 뿐만 아니라 인체에서 pH가 낮은 조

건인 위내에서도 니트로소화 반응이 쉽게 일어날 수 있다(Gray & Dugan 1975, Walker R 1975). Nitroso 반응을 억제하기 위해서는 nitrosoamine 생성 기질인 amine의 생성을 억제하거나 식품의 아질산염을 소거해야 하며 또한 아질산염 소거능이 우수한 식품을 아질산염과 아민이 존재할 수 있는 생식품 및 가공식품과 함께 섭취하면 니트로사민에 의한 암의 발생 등 유해한 물질의 생성을 예방할 수 있을 것이다. Mirvish *et al*(1972)가 ascorbic acid 첨가에 의한 NA 생성 억제를 최초로 보고한 이래 NaHSO<sub>3</sub>(Kubbcred *et al* 1974), sorbic acid(Tanaka *et al* 1978),  $\alpha$ -tocopherol(Reddy *et al* 1982) 등의 억제 효과도 보고되어 있다.

본 연구에서 행한 밀 배아 에탄올 추출액(pH 1.2) 100, 500 및 1,000 ppm에서의 아질산염 소거능(Fig. 3)은 80.21, 80.32 및 83.89%이었고, 불검화물 100, 500 및 1,000 ppm에서의 아질산염 소거능은 67.93, 77.38 및 80.32%로 에탄올 추출액에서의 효과가 더 높았다. 그리고 대조구로 사용한 BHT 및 tocopherol의 아질산염 소거능은 밀 배아와 유사한 반면 ascorbic acid는 더 높은 것으로 나타났다.

3) 리놀레산 기질에서의 항산화 효과

항산화제로 예전부터 많은 합성 물질이 개발되었으나, 그 효과와 경제성 및 안전성 때문에 실제 주로 사용되는 합성 산화제는 butylated hydroxyanisole(BHA)과 butylated hydroxytoluene(BHT)의 두 종류이다. 그러나 이들의 경우도 다량 섭취하게 되면 여러 가지 부작용을 나타낼 수 있는 것으로 알려져 있어 천연물로부터 항산화 활성이 높고 인체에 무해한 항산화 화합물을 찾으려는 시도가 활발히 진행 중이다. Malecka M(2002)은 밀 배아로부터 분리한 불검화물을 정제 채종

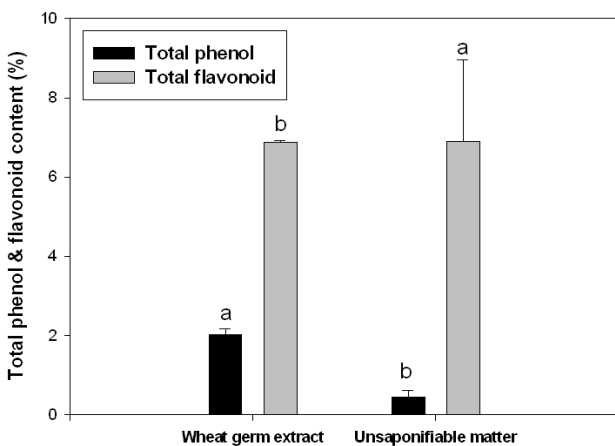


Fig. 2. Total phenol and flavonoid contents of wheat germ extract and unsaponifiable matter.

<sup>a~b</sup> Means with different letters in bars are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple test.

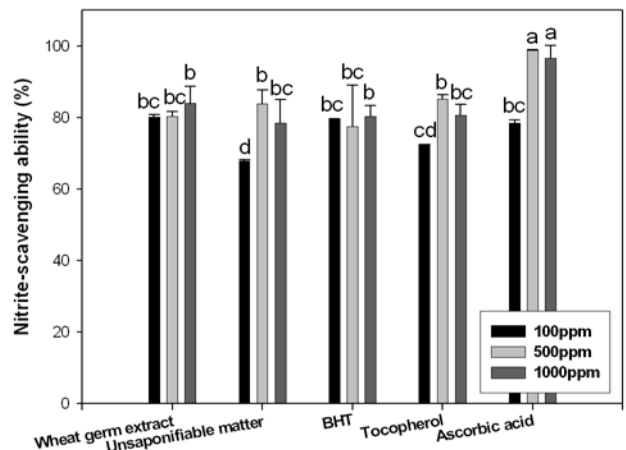


Fig. 3. Nitrite-scavenging abilities of wheat germ extract and unsaponifiable matter.

<sup>a~d</sup> Means with different letters in bars are significantly different ( $p < 0.05$ ) by Duncan's multiple test.

유에 0.3% 첨가한 결과, BHA(0.02%)보다 효과적인 항산화 효과를 보였으며, 밀 배아 중에는 brasicasterol, camphesterol, stigmasterol,  $\beta$ -sitosterol,  $\delta$ -avenasterol 등의 식물성 sterols와 tocopherol이 다량 함유되어 있어 있음을 보고하였다.

본 연구에서는 리놀레산을 기질로 하여 시간 경과에 따른 밀 배아의 항산화성을 알아보았는데(Fig. 4), 우선 리놀레산의 5일 동안 항산화성 변화를 보면 0.67, 22.70, 44.25, 65.81 및 91.17 meq/kg으로 과산화물이 꾸준히 증가하였다. 밀 배아의 에탄올 추출물도 시간 경과에 따라 과산화물이 지속적으로 증가하였는데 최종 5일의 200, 500, 1,000 ppm 농도에 따른 항산화 정도는 46.59, 40.33 및 36.91 meq/kg으로 나타났다. 그리고 불검화물(Fig. 5)에서도 시간 경과에 따라 과산화물이 증가하였으며, 5일경에 70.09, 68.01 및 62.47 meq/kg

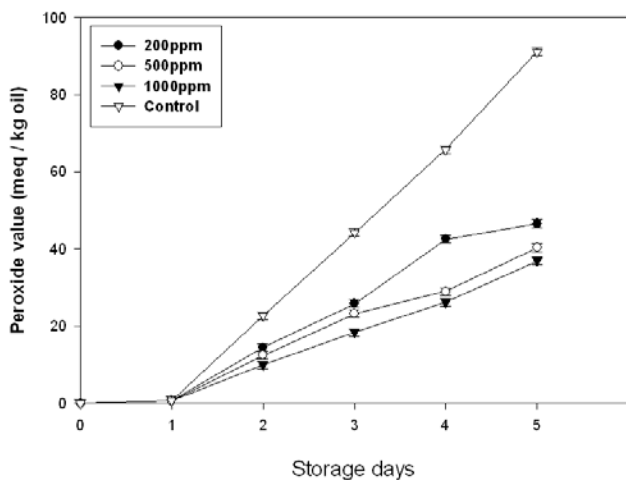


Fig. 4. Change of peroxide values of the linoleic acid substrate containing wheat germ extract.

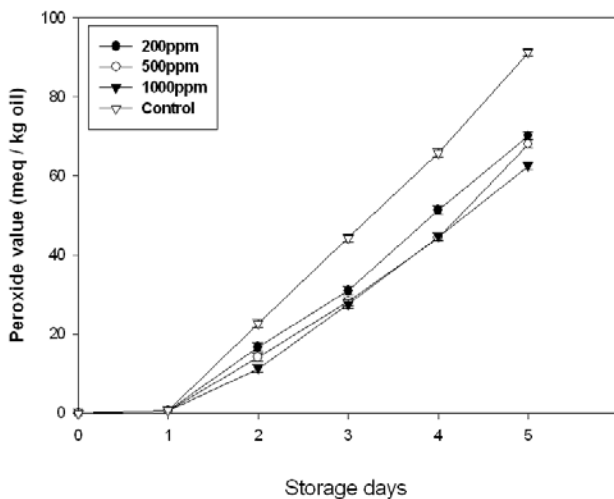


Fig. 5. Change of peroxide values of the linoleic acid substrate containing unsaponifiable matter.

을 나타내어 에탄올 추출물에서의 항산화성이 더 높았다. 또한, 비교군으로 상업적으로 판매되고 있는 합성항산화제 BHT와 천연항산화물질인 tocopherol, ascorbyl palmitate acid(ASP) 등 항산화제품에 대해서도 리놀레산 기질에서의 항산화 효과를 알아보았는데(Fig. 6), 5일경의 과산화물의 정도는 BHT 9.38, tocopherol 76.88, ASP 63.92 meq/kg으로 BHT의 효능이 가장 높았고, 밀 배아의 항산화성은 tocopherol과 ASP보다 좋은 것으로 나타났다.

### 5. Paper Disc 법에 의한 항균 활성

식품의 부패와 변질을 방지하고 식품의 저장과 유통기간을 연장하기 위하여 식품보존제의 사용이 증가하고 있으나, 대부분의 보존제는 인공합성품으로 그 안전성이 문제가 되고 있다. 따라서 인공합성 보존제 대신 천연물로부터 식품보존제를 개발하려는 연구가 많이 이루어진 바 있다(Park et al 1992, Lee & Lim 1998).

본 연구에서 paper disc 법에 의한 밀 배아의 항균 활성을 알아본 결과는 Table 5와 같았다. 2,500~20,000  $\mu$ g/disc의 농도에서 *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* 및 *Salmonella enteritidis*에 대한 에탄올 추출물과 불검화물의 항균 활성을 비교하였는데, 에탄올 추출물의 20,000  $\mu$ g/disc 농도에서 *Staphylococcus aureus* 및 *Salmonella enteritidis*만이 약간의 가능성을 보였을 뿐 농도 및 추출 방법 모두에서 항균성을 탐지해 낼 수가 없었다.

### 요 약

밀 제분 과정에서 부산물로 나오는 밀 배아의 활용 가능성을 제시하기 위하여 밀 배아의 생리 활성 물질 및 항균 활

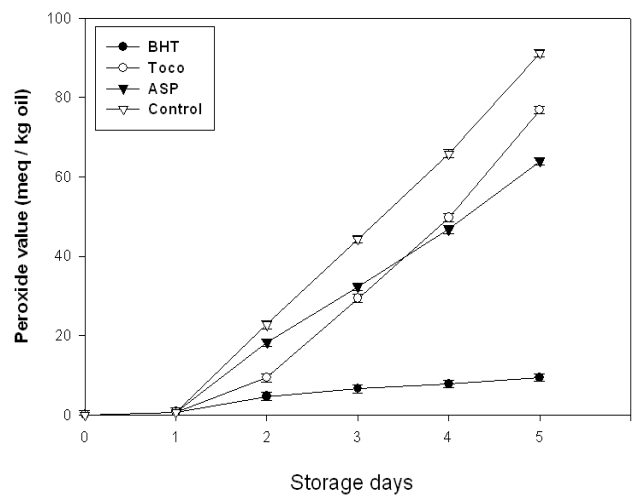


Fig. 6. Change of peroxide values of the linoleic acid substrate containing commercial antioxidant.

**Table 5. Antimicrobial effect of wheat germ extract and unsaponifiable matter**

Microorganisms tested	Conc. ( $\mu$ g/disc)	Wheat germ extract (mm)	Unsaponifiable matter(mm)
<i>Bacillus cereus</i> KCCM 40935	5,000	-	-
	10,000	-	-
	15,000	-	-
	20,000	-	-
<i>Staphylococcus aureus</i> KCCM 11335	5,000	-	-
	10,000	-	-
	15,000	-	-
	20,000	±	-
<i>Escherichia coli</i> KCCM 11234	5,000	-	-
	10,000	-	-
	15,000	-	-
	20,000	-	-
<i>Salmonella enteritidis</i> KCCM 12021	5,000	-	-
	10,000	-	-
	15,000	-	-
	20,000	±	-

- No inhibition (8 mm).

± Very slight inhibition (8~9 mm).

+ Slight inhibition (9~10 mm).

++ Moderate inhibition (10~14 mm).

성에 관하여 연구하였다. 그 결과 밀 배아의 지방산 조성은 linoleic acid, palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linolenic acid 등이었으며, 산가 8.5, 과산화물가 7.1, 요오드가 126.8, 비누화값은 159.7이었고, 굴절율은 1.547로 측정되었다. 생리 활성 작용을 갖는 페놀 및 플라보노이드 성분 함량은 2.02% 및 0.45%이었다. 불검화물의 플라보노이드 함량은 6.89% 및 6.90%로 밀 배아에서는 총 페놀보다 플라보노이드 함량이 더 많은 것으로 나타났다. 밀 배아 에탄올 추출물의 아질산염 소거능은 80.21, 80.32 및 83.89%이었는데, 이는 ascorbic acid 보다는 작지만 BHT 및 tocopherol 보다는 아질산염 소거능이 큰 것이다. 밀 배아의 항산화성은 리놀레산의 5일 동안 변화 정도를 보면 0.67, 22.70, 44.25, 65.81 및 91.17 meq/kg으로 증가하였고 에탄올 추출물도 지속적으로 증가하였으며, 불검화물도 시간 경과에 따라 항산화성이 증가하였다. 그리고 밀 배아의 항균 활성을 알아본 결과는 농도 및 추출 방법 모두에서 항균성을 탐지해 낼 수가 없었다. 이상에서 볼 때 밀

배아에는 인지질, 지방산 등 영양 성분이 풍부하고 특히 플라보노이드 등의 생리 활성 물질 및 항산화성이 있는 것으로 나타나 밀 배아를 첨가한 기능적인 제품 개발의 가능성을 확인하였다.

## 문헌

- 유화학회 (1984) 기준유지분석시험법. 2.2.8.3-71 일본유화학협회.
- AOAC (1990) *Official Methods of Analysis* 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington DC USA.
- AOCS (1990a) Official and Tentative Method 10th AOCS official method Ce 1-62 *Am Oil Chem Soc Chicago*.
- AOCS (1990b) Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society fourth edition. American Oil Chemists' Society Te 1a-64.
- AOCS (1990c) Official and tentative methods of the American Oil Chemists Society. American Oil Chemists' Society Cd 8-53.
- AOCS (1990d) Official and tentative methods of the American Oil Chemists Society. American Oil Chemists' Society Tg 1a-64.
- AOCS (1990e) Official and tentative methods of the American Oil Chemists Society. American Oil Chemists' Society Tl 1a-64.
- AOCS (1990f) Official and Tentative Methods of the American Oil Chemists Society. American Oil Chemists' Society Tp 1a-64.
- Barnes PJ (1983) Lipids in cereal technology. Academic Press, New York. p 389.
- Bernardini E (1983) Oil seeds, oils and fats. Vol. 1. Raw materials techniques. BE Oil, Rome. p 221.
- Cho SH, Kim ZU, Choi JD (1986) Chemical composition of maize germs separated in the manufacture of corn starch. *J Korean Soc Food Nutr* 15: 15-21.
- Choe JS, Youn JY (2005) The chemical composition of barley and wheat varieties. *Korean J Food Nutrition* 34: 223-229.
- Choi EM, Lim TS, Lee HL, Hwang JK (2002) Immune cell stimulating activity of wheat arabinoxylan. *Korean J Food Sci Technol* 34: 510-517.
- Choi OK, Yun SK, Hwang SY (2000) The chemical components of Korea rice germ. *Korean J Dietary Culture* 15: 253-258.
- Choi SY, Han YB, Shin KH (2001) Screening for antioxidants activity of edible plants. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30:

- 133-137.
- Dzidic SZ, Hudson BJB (1983) Hydroxy isoflavones as anti-oxidants for edible oils. *Food Chem* 11: 161-166.
- Ghoneum M (1998) Enhancement of human killer cell activity by modified arabinoxylan from rice bran(MGN-3). *Int J Immunother-apy* 14: 89-99.
- Gray JI, Dugan Jr LR (1975) Inhibition of N-nitrosamine formation in model food system. *J Food Sci* 40: 981-985.
- Ho JK, Kim DW, Shin DH, Cho KY (1986) Studies on the isolation of albumin and globulin from wheat germ protein. *J Korean Soc Food Nutr* 15: 128-135.
- Juliano BO (1985) In rice-chemistry and technology. AACC New York.
- Jung SO (1990) A study on the extraction of antioxidative materials from defatted rice bran. *MS Thesis* Korean University, Seoul.
- Kahlon TS, Saunders RM, Chow FL, Chiu MC, Betschart AA (1989) Effect of rice bran and oat bran on plasma cholesterol in hamsters. *Cereal Foods World* 34: 768.
- Kang YH, Park YK, Lee GD (1996) The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J Food Sci Technol* 28: 232-239.
- Kim HG, Cheigh HS (1995) Oxidative stability of wheat germ lipid and changes in the concentration of carotenoid and tocopherol during oxidation. *Korean J Food Sci Technol* 27: 478-482.
- Kim HK, Choi HS (1995) Oxidative stability of wheat germ lipid and changes in the concentration of carotenoid and tocopherol during oxidation. *Korean J Food Sci Technol* 27: 478-482.
- Kim MS, Lee DC, Hong JE, Chang KS, Cho HY, Kwon YK, Kim HY (2000) Antimicrobial effects of ethanol extracts from Korean and Indonesian plants. *Korean J Food Sci Technol* 32: 949-958.
- Kim SR, Ahn JY, Lee HY, Ha TY (2004) Various properties and phenolic acid contents of rices and rice brans with different milling fractions. *Korean J Food Sci Technol* 36: 930-936.
- Kubberod G, Cassens RG, Greaser ML (1974) Reaction of nitrite with sulfhydryl groups of myosin. *J Food Sci* 39: 1228.
- Lee Sh, Lim YS (1998) Antimicrobial effects of *Schizandra chinensis* extract on pathogenic microorganism. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 239-243.
- Malecka M (2002) Antioxidant properties of the unsaponifiable matter isolated from tomato seeds, oat grains and wheat germ oil. *Food Chemistry* 79: 327-330.
- Mirvish SS, Wallcave L, Eagen M, Shubik P (1972) Ascorbate-nitrite reaction; Possible means of blocking the formation of cacinogenic N-nitroso compounds. *Science* 177: 65.
- Miura K, Nakatani N (1989) Antioxidative activity of flavonoids from thyme. *Agri Biol Chem* 53: 3043-3045.
- Muramoto G, Kawamura S (1991) Rice protein and anti-hypertensive peptide(angiotensin converting enzyme inhibitor) from rice. *Nippon Shokuhin Kougyo* 34: 18-26.
- Osawa T, Narasimha R, Kawakishi S, Namaki M, Tashiro T (1985) Oxygen radicals. *Agric Biol Chem* 49: 3085-3087.
- Park UY, Chang DS, Cho HR (1992) Screening of antimicrobial activity for medicinal herb extract. *J Korean Soc Food Nutr* 21: 91-96.
- Pyo YH (1991) Oxidative stability of crude wheat germ oil. *J Korean Home Economics* 29: 37-43.
- Reddy Sk, Gray JJ, Prie JF, Wklken WF (1982) Inhibition of N-nitrosopyrrolidine in dry cured bacon by  $\alpha$ -tocopherol coated salt systems. *J Food Sci* 47: 1598.
- SAS (1997) SAS/STAT guide for personal computer. version 6th ed. SAS Institute Inc North Carolina p 60.
- Seog HM, Seo MS, Kim SR, Park YK, Lee YT (2002) Characteristics of barley polyphenol extract(BPE) separated from pearling by-products. *Korean J Food Sci Technol* 34: 775-779.
- Sims RJ, Fioriti JA, Kanuk MJ (1972) Sterols additives as polymerisation inhibitors for frying oils. *J American Oil Chem Soc* 49: 298.
- Tamagawa K, Iizuka S, Fukushima S, Endo Y, Komiyama Y (1997) Antioxidative activity of polyphenol extracts from barley bran. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 44: 512-515.
- Tanaka K, Chung KC, Hayatsu K, Kada T (1978) Inhibition of nitrosamine formation *in vitro* by sorbic acid. *Food Cosmet Toxicol* 16: 209.
- Teresa-Satue M, Huang SW, Frankel EN (1995) Effect of natural antioxidants in virgin olive oil on oxidative stability of refined, bleached and deodorized olive oil. *J Am Oil Chem Soc* 72: 1131-1137.
- Walker R (1975) Naturally occurring nitrate nitrite in food. *J Sci Food Agric* 26: 1735.

(2009년 7월 1일 접수, 2009년 8월 5일 채택)