

들깨의 발아가 들깨지방질의 특성에 미치는 영향

최은옥[†] · 황현숙
인하대학교 식품영양학과

Effects of Seed Germination on Characteristics of Perilla Seed Lipids

Eunok Choe[†] and Hyunsuk Hwang

Department of Food and Nutrition, Inha University.

Abstract

Color, lipid and fatty acid composition, and tocopherols and polyphenols contents of perilla seed lipids in response to seed germination were studied. Perilla seeds were germinated at 30°C in the dark for 12, 36, or 48 h, after which total lipids were extracted by the Folch method using chloroform and methanol (2:1, v/v). Seed germination resulted in a decrease in yellowness and greenness in perilla seed lipids, but there were no significant changes in composition of the lipids including major neutral lipids (>90%). Contents of phosphatidylcholine and phosphatidylethanolamine in the perilla seed lipids significantly increased in response to germination. Linolenic acid (>63%) was the most abundant fatty acid. Seed germination tended to decrease the relative content of linolenic acid and increase the contents of oleic and stearic acids. Contents of antioxidants, especially α -tocopherol and polyphenols, increased in response to seed germination. As the germination period was extended, the antioxidant content increased. Therefore, increases in useful components, phosphatidylcholine, phosphatidylethanolamine, α -tocopherol, and polyphenols contents by seed germination can contribute to the improvement of perilla seed utilization in food industry.

Key words : seed germination, perilla seed lipids, tocopherols, polyphenols

1. 서론

들깨(*Perilla frutescens* Britton var. japonica Hara)는 약 36.8~47.8%의 지방질을 포함하고 있으며 (Shin H와 Kim SW 1994), 구성 지방산 중 50% 이상이 필수지방산인 ω -3계의 리놀렌산으로, 리놀렌산은 체내 대사 시 세포막의 지방산

조성을 변화시키고, eicosanoids 생성에 영향을 미쳐 대장암 발생 억제, 동맥경화 예방, 콜레스테롤 감소 효과 등을 나타낸다고 보고되었다(Sheo HJ 등 1991). 따라서 식품 자원으로 서 들깨의 이용은 지방질에 집중되어 들기름 압착에 널리 이용되어 왔는데, 들기름의 주요 성분인 중성지방 외에 들깨에 함유된 다른 유용한 생리활성 물질에 대한 관심 등에 의해 다른 종자에서와 마찬가지로 들깨 발아에 대하여 관심이 증가하였다. 종자는 발아할 때 탄수화물, 단백질, 지방질을 사용하여 에너지를 소모하므로(Min YK와 Kim ZU 1992, Chung DS와 Kim HK 1998a) 종자의 구성성분이 변화하고, 종자의 생리활성 기능이 개선되는 경우가 많으므로 무, 브로콜리 등의 채소 씨앗은 물론 녹두, 콩, 참깨 등을 발아시킨 발아종실을 이용한 다양한 음식과 제품이 시장에 소개되

[†]Corresponding author: Eunok Choe (Department of Food and Nutrition, Inha University, 253 Younghyundong, Namku, Incheon 402-751, Korea
Tel : 82-32-860-8125
Fax : 82-32-873-8125
E-mail : eochoe@inha.ac.kr

었다. 이와 함께 대두와 유채씨는 발아 후 토코페롤과 식물스테롤 등의 함량이 증가하였음을 보고한 연구 (Zhang H 등 2007, Shi H 등 2010) 등 발아종실에 대한 연구도 활발히 보고되었다. 또한 Kim CK 등(1994)은 들깨를 28℃에서 3일 발아시켰을 때 인 지방질과 토코페롤 함량이 증가하였으며, 발아들깨에서 압착한 들기름의 자동산화안정성이 개선되었음을 보고하였다. 그러나 발아기간을 달리한 종자의 지방질 조성 및 변화, 이들로부터 추출한 기름의 산화안정성, 유용성분의 변화 등에 대한 연구는 많지 않다.

식품으로서의 발아 들깨의 이용도는 지방질, 단백질과 같은 주요성분의 화학적 변화는 물론 토코페롤과 같은 유용성분에 의해 좌우될 수 있으며 특히 들기름이 들깨의 가장 중요한 가공품 중의 하나임을 고려할 때 발아에 따른 들깨의 지방질 특성을 모니터링하는 것은 들깨 시장의 확대에 매우 중요한 일이다. 따라서 본 연구에서는 들깨의 이용 가치를 높이고 들깨 시장 확대를 위한 기초자료를 제공하고자 발아기간의 차이에 의해 발아 정도가 다른 들깨로부터 지방질을 추출한 후 이들의 조성, 산화방지성분 등의 특성을 평가하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료 및 시약

들깨는 전라남도 순천에서 재배된 것을 인천광역시 소재 시장에서 구입하여 12시간 동안 실온에서 물에 침지한 후 약 15분 동안 물빠짐을 하였다. 이 들깨를 발아틀(30 cm × 50 cm)에 약 2 cm 두께로 깔고 광목천으로 빛을 차단하여 30℃ 식물배양기(동양과학, 광주)에서 12, 36, 48시간 동안 발아시켰다. 예비실험에서 48시간의 발아 기간 이후에는 미생물의 번식이 증가하여 정상적인 발아들깨를 필요한 양만큼 얻을 수 없었으므로 들깨의 최대 발아시간을 48시간으로 설정하였다. 또한 발아 시작 후 12시간 마다 흐르는 물에 행구어 잡균이나 곰팡이의 성장을 최대한 억제시켰다. 12, 36, 48시간의 발아를 거친 발아들깨의 싹의 길이는 각각 < 50 mm, 50 ≤ < 100 mm, > 100 mm의 범위에 속하였으며, 발아된 들깨는 빛을 차단하고 40℃에서 8시간 동안 열풍건조하여 시료로 사용하였으며, 대조군으로는 발아시키지 않은

들깨를 사용하였다.

실험에 사용한 HPLC용 n-헥산과 아이소프로판올은 J.T. Baker 사(Phillipsburg, NJ, USA), 14% BF₃-메탄올, 카페산, 포스파티딜콜린, 포스파티딜에탄올아민, 스테아르산, 팔미트산, 올레산, 리놀레산, 리놀렌산 등의 지방산 표준물질, α-, γ-, 그리고 δ-토코페롤과 Folin's Ciocaltau 시약은 Sigma-Aldrich 사(St. Louis, MO, USA)의 제품이었다. 그 외의 모든 시약은 일급시약이었다.

2. 들깨 지방질 추출

들깨의 지방질은 Folch 법(Folch J 등 1957)을 이용하여 추출하였다. 즉, 비발아 또는 발아들깨 20 g에 클로로포름과 메탄올 (2:1, v/v)을 혼합한 용매 200 mL를 믹서(Blender 8420, Waring Commercial, Torrington, CT, USA)에 넣고 1분 동안 분쇄한 후 여과지(Whatman No. 42, Kent, UK)와 뷰흐너 깔때기를 사용하여 감압여과 하였다. 얻어진 여과물에 여과물 부피의 20%의 증류수를 넣고 분액깔때기에서 18시간 동안 정치시켜 침유질을 제거하였다. 얻어진 용액을 회전진공증발기(N-N series, Eyela, Tokyo, Japan)를 사용하여 40℃에서 용매를 완전히 제거하고 들깨의 총 지방질을 얻었다.

3. 들깨지방질의 이화학적 특성 분석

1) 색도

비발아 또는 발아들깨지방질의 색은 Hunter Lab Colorimeter(Σ90 Nippon Denshoku, Tokyo, Japan)를 사용하여 L값 (lightness), a값 (+red/-green), b값 (+yellow/-blue)으로 나타내었다. 각 실험은 5회 반복하여 얻은 평균값과 표준편차로 나타내었으며, 비발아 들깨지방질과 발아들깨지방질의 색 차이(ΔE)는 다음 식을 이용하여 구하였다 (Kilic K 등 2007).

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

ΔL; Lightness difference of germinated perilla seed oil from non-germinated one
 Δa; Redness difference of germinated perilla seed oil from non-germinated one
 Δb; Yellowness difference of germinated perilla seed oil from non-germinated one

색도와 함께 UV-Visible spectrophotometer(HP 8453, Hewlett Packard, Wilmington, DE, USA)를 이용하여 400~700 nm에서 들깨 지방질의 가시광선 스펙트럼을 구하여 들깨지방질에 함유된 색소를 추정하였다.

2) 지방질 조성

비발아 또는 발아들깨지방질의 조성은 얇은막크로마토그래피법(thin layer chromatography, TLC)에 의해 평가하였다. 즉, Pre-coated Kieselgel 60F₂₅₄ TLC 판 (Merck Co., Darmstadt, Germany)을 사용하여 디에틸에테르-아세트산-메탄올 (90:1:1, v/v/v)의 혼합 용액으로 전개한 후 5% 황산용액에 담가 풍건하고 20 0℃에서 1분간 가열하여 확인 후 imaging densitometer(Model GS-700 Biorad, Hercules, Calif., USA)를 사용하여 밀도로 정량하였다.

또한 들깨 지방질의 대부분을 차지하는 중성지방질 외에 식품에서의 기능성 및 생리활성 기능이 널리 알려진 인지방질의 세부 조성은 Nzai JM과 Proctor A (1998)의 방법을 이용하여 TLC와 텐시토미터법을 사용하여 구하였다. 즉, 들깨의 총지방질을 클로로포름-메탄올(95:5, v/v)의 혼합용액에 완전히 녹이고 0.1 mL를 취하여 Pre-coated Kieselgel 60F₂₅₄ TLC 판 (Merck Co.)에 점적한 후, 클로로포름-메탄올-물 (75:25:3, v/v/v)의 혼합용액을 이용하여 전개시키고 5% 황산용액에 10초간 담근 후 풍건하여 100℃ 오븐에서 5분간 구워 발색시켰다. 들깨의 인지방질은 텐시토미터를 사용하여, 표준품인 포스파티딜콜린(밀도, density = 0.0839 × 농도 - 0.473, $r^2 = 0.994$)과 포스파티딜에탄올아민(밀도 = 0.1831 × 농도 + 0.075, $r^2 = 0.993$)의 검량곡선으로부터 정량하였다.

3) 들깨 지방질의 지방산 조성

비발아 또는 발아들깨지방질의 지방산 조성은 들깨지방질을 14% BF₃-메탄올로 에스테르화시킨 후 헥산으로 추출하여 가스크로마토그래피법(gas chromatography; GC)으로 분석하였다 (Lee J 등 2004). 이때 분석기기는 Supelcowax 10 capillary column(30 m × 0.53 mm, 1.0 μm thick; Bellefonte, Pa, USA)과 불꽃이온검출기가 장착된 Younglin M600L GC (Seoul, Korea)이었고, 오븐, 주입구, 검출기의 온도는 각각 230, 280, 280℃이었다. 운반기체인 질소의 속도는 분당 5 mL, split ratio는 33:1이었다. 들깨지방질의 지방산 동정 및

정량은 표준 지방산의 GC 크로마토그램의 머무름 시간과 피크면적을 이용하여 구하였다.

4) 토코페롤

비발아 또는 발아들깨의 토코페롤 함량은 고속액체크로마토그래피법(High performance liquid chromatography, HPLC)으로 구하였다 (Wang S 등 2010). 앞서 추출한 들깨지방질 0.1 g을 n-헥산 1 mL에 녹이고 polytetrafluoroethylene(PTFE) membrane filter(0.2 mm × 13 mm; National Scientific Co., Lawrenceville, GA, USA)로 여과한 후, 20 μL를 HPLC(Younglin 9100 HPLC System, Seoul)에 주입하였다. μ-Porasil™ 컬럼(3.9 × 300 mm, 10 μm ID, Waters, Milford, MA, USA)을 사용하였고, 이동상으로는 헥산-아이소프로판올의 혼합용액 (99.8:0.2, v/v)을 사용하여 분당 2.0 mL의 속도로 용출시켰다. 이때 형광검출기(G1321A, Agilent 110 series, Böblingen, Germany)의 파장은 excitation 290 nm, emission 330 nm이었다. 토코페롤 동정 및 정량은 표준 토코페롤을 이용하여 구하였으며 검량곡선은 α-토코페롤; $y(\text{피크면적, mFU.s}) = 1142.1 \times (\text{토코페롤 함량, mg/kg}) + 998.6$ ($r^2=0.998$), γ-토코페롤; $y = 1854.1x + 309.2$ ($r^2=0.999$), δ-토코페롤; $y = 3074.6x - 360.1$ ($r^2=0.999$)이었다.

5) 폴리페놀 화합물

비발아 또는 발아들깨의 총지방질에 함유된 폴리페놀 화합물 함량은 Lee J 등 (2007)의 방법을 변형하여 구하였다. 즉, 들깨지방질 3 g을 n-헥산 10 mL에 완전히 녹이고 메탄올과 물(60:40, v/v)의 혼합용매 6 mL를 넣어 30초 동안 섞어 준 후 원심분리기(Avanti J, Beckman, Fullerton, CA, USA)로 11,872 × g, 4℃ 에서 20분 동안 분리하였다. 하층액의 3 mL를 취하여 5 mL volumetric flask에 증류수로 희석하고, 희석액의 1 mL를 다시 5 mL volumetric flask에 취하였다. Folin's Ciocaltau 시약 0.3 mL를 넣고 3분간 정치시킨 후 Na₂CO₃ 포화 용액 0.5 mL를 넣고 증류수로 5 mL까지 맞추고 1시간 동안 정치시킨 후 UV-Visible spectrophotometer(HP 8453)로 725 nm에서의 흡광도를 측정하였다. 폴리페놀 화합물의 함량은 표준 카페산의 검량곡선($y = 22.816x - 0.0003$, $r^2=1.00$)을 이용하여 구하였다.

4. 자료의 통계처리

자료는 통계처리용 소프트웨어인 SAS/PC(SAS 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 사용하였으며 다중범위검정 (Duncan's multiple range test)의 유의수준은 5%로 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 들깨지방질의 수율과 색도

들깨를 12, 36, 48시간 동안 발아시킨 후 Folch법에 의해 추출한 총지방질의 함량은 각각 37.6, 37.2, 37.4%로 발아시키지 않은 대조군의 35.3%에 비해 높았으나, 발아 들깨 사이에서는 총지방질 함량이 비슷하였다. Chung DS와 Kim HK (1998b)은 발아 초기에는 종실 내의 저장단백질이 발아 에너지원으로 이용되어지고, 발아 중기 이후부터 지방을 에너지원으로 이용하기 때문에 들깨의 총 지방질 함량은 발아 기간 3일 이후부터 급격히 감소한다고 보고한 바 있다(Kim HK 1998). 따라서 발아기간이 최대 48시간인 본 연구에서는 들깨의 단백질이 에너지원으로 이용되기 위해 분해되어 전체 들깨 무게에서 차지하는 들깨 지방질의 비율이 증가하였으므로 들깨의 단위 무게 기준으로 지방질 함량이 증가된 것으로 사료된다.

비발아 또는 발아들깨지방질의 색도는 Table 1과 같다. 대조군인 비발아 들깨 지방질의 L, a, b 값은 각각 33.45, -0.16, 23.02로, 약간의 초록색을 띄었고 황색이 뚜렷하여 색소 함유 가능성을 보였다. 들깨 지방질의 가시광선 스펙트럼은 Figure 1과 같이 400~500 nm 에서 넓은 흡수띠를, 또한 660~680 nm 근처에서 최대 흡수띠를 보여 들깨 지방질에는 지용성 색소인 카로티노이드와 클로로필 등의 색소가 함유되어 있는 것으로 보인다. 클로로필 a와 b는 청색 흡수 파장인 428과 453 nm 근처와 붉은색 흡수 파장인 661과 642 nm 근처에서 좁은 최대 흡수 파장을 보이며, 카로티노이드는 400과 500 nm 사이에서 3개의 넓은 최대 흡수띠를 나타낸다(Lichtenthaler HK와 Buschmann C 2001).

비발아들깨인 대조군과 비교하여 발아에 따른 들깨 지방질의 색도 변화는 일정한 경향을 보이지는 않았으나, 발아 들깨 총지방질 사이에서는 들깨의 발아 기간에 따라 색도의

차이를 보여, 12시간 발아시킨 들깨를 제외하고는 발아기간이 길수록 L값과 b값은 감소하고 a값은 증가하였다. 이것은 들깨의 발아 기간이 길수록 발아들깨의 지방질에서 황색이 얼어지고 녹색은 사라졌음을 의미하는데, 발아 중 카로티노이드와 클로로필의 변화와 관련있을 것으로 생각되며, 앞으로 연구가 필요한 것으로 보인다. 다른 발아들깨와는 달리 12시간 발아시킨 들깨 지방질은 비발아들깨에 비하여 L값과 b값은 증가하고 a값은 감소하였다. 비발아들깨 지방질의 색을 기준으로 한 발아들깨의 색차는 들깨의 발아기간에 따라 일정한 경향을 보이지는 않았으며, 12시간 발아시킨 들깨의 총지방질이 비발아들깨의 지방질과 가장 높은 색차를 나타냈다. 이에 대한 후속 연구 또한 필요할 것으로 보인다.

Table 1. Colors of perilla seed lipids affected by germination

Color attribute ¹⁾	Germination period (h)			
	0	12	36	48
L	33.45±0.31 ²³⁾	50.51±1.21 ^a	37.49±0.29 ^b	27.61±0.11 ^d
a	-0.16±0.02 ^c	-1.10±0.27 ^d	3.23±0.05 ^b	6.24±0.07 ^a
b	23.02±0.21 ^c	34.44±0.81 ^a	25.94±0.20 ^b	19.20±0.07 ^d
ΔE ²⁾	0	20.55	6.03	9.48

¹⁾ L : lightness; a : redness; b : yellowness

²⁾ ΔE : color difference between germinated perilla seed oil and non-germinated perilla seed oil

³⁾ Different superscripts mean significant differences in each color attribute among samples with different germination periods at $\alpha=5\%$.

2. 들깨의 지방질 조성

비발아 또는 발아들깨의 지방질 조성과 포스파티딜콜린과 포스파티딜에탄올아민 함량은 Table 2와 같다. 비발아 또는 발아들깨의 중성지방질은 총지방질의 89.5~95.0%로 들깨지방질의 대부분을 차지하고 있었으며, 48시간 발아시킨 들깨에서 추출한 들깨지방질의 중성지방질의 비중(89.5%)이 약간 감소한 것을 제외하고 발아에 의해 큰 차이를 보이지 않았다. 48시간 발아시킨 들깨에서의 중성지방질의 비중 감소는 인지지방질 또는 당지방질의 비중 증가에 따른 결과에 의한 것으로 보인다. 다른 비발아들깨 지방질의 당지방질 비중은 0.02%로 매우 작았으나 발아에 의해 약간 증가하여 12, 36, 48시간 발아시킨 들깨의 총지방질중 당지방질 비중은 각각 1.5, 2.1, 2.9%의 값을 나타냈다. 발아들깨 총지방질 중 인지지방질 비중은 48시간 발아시킨 들깨의 총지방질의 7.7%로 비

Table 2. Composition of perilla seeds lipids affected by germination

	Germination period (h)			
	0	12	36	48
Neutral lipids	117.3(94.4) ¹⁾	93.6(95.0)	94.2(94.0)	93.9(89.5)
Glycolipids	0.02(0.02)	1.52(1.54)	2.12(2.12)	3.02(2.88)
Phospholipids	7.01(5.64)	3.37(3.42)	3.88(3.87)	8.03(7.65)
Phosphatidylcholine (mg/kg)	105.3±1.2 ^{2b)}	168.1±3.1 ^c	206.5±4.8 ^b	237.8±2.6 ^a
Phosphatidylethanol amine(mg/kg)	112.0±3.3 ^c	128.2±6.5 ^c	192.1±5.3 ^b	321.3±2.4 ^a

¹⁾ Density (relative %)

²⁾ Different superscripts mean significant differences in phospholipid content among samples with different germination periods at $\alpha=5\%$.

발아들깨 (5.6%)에 비해 높은 값을 나타냈으며, 12, 36시간 발아시킨 들깨는 총지방질의 각각 3.4, 3.9%가 인지지방질로 비발아들깨에 비해 총지방질 중 인지지방질 비중이 낮았다. 인지지방질의 감소는 품종에 따라 다르지만 종자 발아 후 에너지원으로 사용되는 것(Chung DS와 Kim HK 1998b)에서 일부 기인하는 것으로 보인다.

비발아들깨인 대조군의 포스파티딜콜린과 포스파티딜에탄올아민의 함량은 각각 105.3, 112.0 mg/kg으로 발아들깨에 비해 낮았으며, 발아기간이 증가함에 따라 이들 인지지방질 함량은 비발아들깨에 비해 각각 1.6~2.4배, 1.1~2.9배로 모두 유의하게 증가하였다 ($p<0.05$). 그러나 이 결과는 햇들깨를 28°C에서 2~3일 발아시켰을 때 포스파티딜에탄올아민의 함량은 증가했으나 포스파티딜콜린의 함량은 감소했다는 Kim CK 등(1994)의 보고와 차이를 나타냈다. El-Sebaiy LA와 El-Mahdy AR(1983)은 호로파씨를 발아한 후 이들 두 인지질 함량이 감소함을 보고하였다. 따라서 이러한 차이는 들깨를 비롯한 종자의 품종, 종자에 저장된 영양성분이 발아 후 에너지원으로 이용되는 시점 등 특성 차이에서 비롯된(Chung DS와 Kim HK 1998b) 것으로 생각된다. 한편, 들깨의 인지지방질은 포스파티딜콜린과 포스파티딜에탄올아민 외에도 포스파티딜글리세롤, 포스파티딜이노시톨, 라이소포스파티딜콜린 등이 존재하므로(Min YK와 Kim ZU 1992), 발아에 의한 인지지방질 함량 감소에도 불구하고 포스파티딜콜린과 포스파티딜에탄올아민 함량 증가를 보인 것으로 생각된다. 이들 발아에 의해 들깨에서 포스파티딜콜린과 포스파티딜에탄올아민 함량의 증가는 이들 인지지방질의 유화제 및 산화방지제

등 식품산업에서의 이용도와 관련하여 들깨의 이용을 더욱 확장할 수 있는 좋은 점으로 생각된다.

3. 들깨지방질의 지방산 조성

비발아 또는 발아들깨 총지방질의 지방산 조성은 Table 3 과 같다. 들깨 지방질에는 리놀렌산이 약 63.1~66.8%로 가장 많이 함유되어 있었고 올레산과 리놀레산이 비슷한 정도로(11~14%), 포화지방산인 팔미트산과 스테아르산은 10% 미만으로 함유되어 있었다. 발아들깨의 지방질은 비발아들깨 지방질에 비해 스테아르산과 올레산을 많이 함유한 경향을 보였으며, 리놀렌산의 함량은 유의하게 낮았으나($p<0.05$) 그 차이는 6% 미만으로 크지 않았다. 불포화지방산과 포화지방산의 함량비인 U/S 비율은 발아 여부에 따른 차이를 나타내지 않았다. Chung DS와 Kim HK(1998b)은 20일 동안 들깨를 발아시킬 때 발아기간이 증가함에 따라 포화지방산의 구성 비율은 증가하고, 리놀레산과 리놀렌산 비율은 감소한다고 하였다. 그러나 참깨에서는 발아가 진행됨에 따라 스테아르산, 리놀렌산의 비율은 증가하고, 올레산과 리놀레산의 비율이 감소하였다 (Kim HK 1998). 이와 같이 유지종자의 발아 시 지방산의 조성은 일정한 경향을 나타내지 않는데 이것 역시 종자의 품종, 지방질이 발아 후 에너지원으로 이용되는 시점 등의 특성에 따른 차이에서 기인하였을 것 (Chung DS와 Kim HK 1998a)으로 생각된다.

Table 3. Fatty acid composition (%) of perilla seed lipids affected by germination

Fatty acid	Germination period (h)			
	0	12	36	48
C16:0	7.2±0.1 ^{a1)}	6.8±0.0 ^a	7.0±0.1 ^a	7.2±0.1 ^a
C18:0	1.5±0.1 ^b	1.5±0.03 ^b	1.6±0.1 ^{ab}	1.7±0.0 ^a
C18:1	12.8±0.1 ^b	13.4±0.61 ^{ab}	13.6±0.1 ^{ab}	14.5±0.1 ^a
C18:2	11.8±0.0 ^c	13.7±0.1 ^a	13.1±0.2 ^b	13.4±0.1 ^{ab}
C18:3	66.8±0.2 ^a	64.7±0.3 ^b	64.7±0.4 ^b	63.1±0.1 ^c
Saturated fatty acids	8.7	8.3	8.6	8.9
Unsaturated fatty acids	91.4	91.8	91.4	91.0
U/S ratio	10.5±0.4 ^a	11.1±0.9 ^a	10.6±0.8 ^a	10.2±0.3 ^a

¹⁾ Different superscripts mean significant differences in each fatty acid among samples with different germination periods at $\alpha=5\%$.

4. 들깨지방질의 산화방지제

Table 4는 비발아 또는 발아들깨의 총지방질에 함유된 토코페롤과 폴리페놀 화합물 함량을 보여준다. 들깨지방질에는 토코페롤 이성질체 중 γ -토코페롤이 가장 많이 함유되어 있었으며(총 토코페롤의 78~92%), δ -토코페롤의 함량이 가장 적었다(1~2%). 비발아들깨 지방질의 총 토코페롤 함량은 732.0 mg/kg이었으나 12, 36, 48시간 발아시킨 들깨의 총지방질 중 토코페롤 함량은 각각 831.2, 838.6, 874.3 mg/kg으로, 발아에 의해서 또한 발아기간이 증가함에 따라 들깨의 토코페롤 함량은 유의하게 증가하였다($p < 0.05$). 토코페롤 중 α -토코페롤의 함량은 비발아들깨 지방질에서 43.7 mg/kg이었으나 발아기간이 12, 36, 48시간으로 증가함에 따라 각각 116.6, 138.6, 171.0 mg/kg으로 증가하여 발아들깨 지방질이 비발아들깨 지방질보다 약 3~4배 이상 높은 양의 α -토코페롤을 함유하였다. 이 결과는 Kim CK 등(1994)이 햇들깨를 28°C에서 2~3일 발아시켰을 때 α -토코페롤의 함량이 3배 증가했다는 보고와 일치했다. γ -와 δ -토코페롤의 함량은 발아들깨 지방질과 비발아들깨 지방질 사이에 유의한 차이가 없었으나, 발아에 의해 α -토코페롤 함량이 증가하는 경향을 보였다. 이와 같이 γ -와 δ -토코페롤에 비해 α -토코페롤 함량이 유의하게 증가한 결과는 들깨 발아 중 토코페롤 이성질체 간의 상호전환(interconversion)이 있었을 가능성을 암시한다. 즉, Zhang H 등(2007)은 카놀라유를 10일 발아시키는 동안 α -토코페롤과 다른 토코페롤 이성질체의 상호전환에 의해 α -토코페롤이 다른 토코페롤 이성질체보다 유의하게 증가하였다고 보고한 바 있다.

들깨 지방질에 함유된 폴리페놀 화합물 함량은 토코페롤에 비해 매우 적었는데 이것은 토코페롤에 비해 극성이 큰 폴리페놀 화합물이(Wang S 등 2010) 비극성인 들깨 지방질에 함께 추출되기가 어려웠던 것에서 일부 기인할 것으로 생각된다. 비발아들깨 지방질의 폴리페놀 화합물 함량은 3.09 mg/kg이었으나 12, 36, 48시간 발아시킨 들깨의 총지방질 중 폴리페놀 화합물 함량은 각각 3.69, 4.24, 4.69 mg/kg으로, 발아에 의해서 또한 발아기간이 증가함에 따라 들깨 지방질에 함께 추출된 폴리페놀 화합물 함량은 유의하게 증가하였다($p < 0.05$).

들깨의 발아에 의해서 또한 발아기간이 증가함에 따라 토

코페롤과 폴리페놀 화합물 함량이 증가하는 것은 이들 화합물의 식품 및 세포내에서의 산화방지 작용과 관련하여(Choe E와 Min DB 2009), 들기름의 산화안정성 개선은 물론 발아들깨를 통한 유용한 산화방지제 섭취 등 들깨의 부가가치 증대에 크게 기여할 것으로 생각된다.

IV. 요약 및 결론

들깨를 어두운 곳에서 12, 36, 48시간 발아시킨 후 지방질을 추출하여 발아에 따른 들깨지방질의 색도, 지방질 및 지방산 조성, 토코페롤, 폴리페놀 화합물 함량 등을 측정하였다. 발아들깨 지방질은 발아기간이 길수록 황색이 옅어지고 녹색은 사라졌으며, 발아에 의해 들깨지방질의 대부분(>90%)을 차지하는 중성지방질을 비롯한 지방질 조성 변화는 유의하지 않았으나, 포스파티딜콜린과 포스파티딜에탄올 함량은 유의하게 증가하였다. 들깨지방질은 리놀렌산을 가장 많이(>63%) 함유하였으며, 발아에 의해 리놀렌산 함량은 감소하는 경향을, 올레산과 스테아르산은 증가하였다. 토코페롤 특히 α -토코페롤과 폴리페놀 화합물 등의 산화방지제 함량이 발아에 의해 또한 발아기간이 증가함에 따라 유의하게 증가하여 들깨를 발아시킴으로써 들깨의 유용성 개선에 기여할 것으로 기대된다.

V. 감사의 글

본 연구는 울촌재단에 의해 지원된 연구 결과의 일부로 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Choe E, Min DB. 2009. Mechanisms of antioxidants in the oxidation of foods. *Comp Rev Food Sci Food Saf* 8(4):345-358
- Chung DS, Kim HK. 1998a. Changes of major component during germination of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds. *Korean J Life Sci* 8(2):137-144

- Chung DS, Kim HK. 1998b. Changes of protein and lipid composition during germination of *perilla frutescens* seeds. Korean J Life Sci 8(3):318-325
- El-Sebaiy LA, El-Mahdy AR. 1983. Lipid changes during germination of fenugreek seeds (*Trigonellafoenum-graecum*). Food Chem 10(4):309-319
- Folch J, Lees M, Sloane-Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. J Biochem 226:497-502
- Kiic K, Onal-Ulusoy B, Boyaci IH. 2007. A novel method for color determination of edible oils in L*a*b* format. Eur J Lipid Sci Tech 109(2):157-164
- Kim CK, Song GS, Kwon YJ, Kim IS, Lee TK. 1994. The effect of germination of perilla seed on the oxidative stability of the oil. Korean J Food Sci Technol 26(2):178-183
- Kim HK. 1998. Studies of changes of major components during development and germination of sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds. Doctorate thesis. Dong-A University. pp 1-95
- Lee J, Kim M, Choe E. 2004. Effects of carrot powder in dough on the lipid oxidation and carotene content of fried dough during storage in the dark. J Food Sci 69:411-414
- Lee J, Lee Y, Choe E. 2007. Temperature dependence of the autoxidation and antioxidants of soybean, sunflower, and olive oil. Eur Food Res Technol A 226:239-246
- Lichtenthaler HK, Buschmann C. 2001. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. In: Current Protocols in Food Analytical Chemistry. Supplement 1, F4.3.1-F4.3.8. John Wiley & Sons, Inc.
- Min YK, Kim ZU. 1992. Changes of glycolipids and phospholipids during maturation of perilla seed (*perilla frutescens*). J Korean Agric Chem Soc 35(3):146-151
- Nzai JM, Proctor A. 1998. Phospholipids determination in vegetable oil by thin layer chromatography and imaging densitometry. Food Chem 63:571-576
- Sheo HJ, Kim SH, Jung DL. 1991. The effect of the unsaturated oil on the normal liver and lipid metabolism of rats fed several plant oils. J Korean Soc Food Nutr 20(5):426-432
- Shi H, Nam PK, Ma Y. 2010. Comprehensive profiling of isoflavones, phytosterols, tocopherols, minerals, crude protein, lipid, and sugar during soybean (*Glycine max*) germination. J Agric Food Chem 58(8):4970-4976
- Shin HS, Kim SW. 1994. Lipid composition of perilla seed. J Am Oil Chem Soc 71(6):619-622
- Wang S, Hwang H, Yoon S, Choe E. 2010. Temperature dependence of autoxidation of perilla oil and tocopherol degradation. J Food Sci 75(6):C498-505
- Zhang H, Vasanthan T, Wettasinghe M. 2007. Enrichment of tocopherols and phytosterols in canola oil during seed germination. J Agric Food Chem 55:355-359