



Variation in the quality characteristics of different rice bran cultivar extracts upon hexane or supercritical fluid extraction

Jung-Min Kim¹, Yul-Ri Gu¹, Bo-Yeon Park¹, Joo-Heon Hong¹, Kwang-Sup Youn^{1,2*}

¹Department of Food Science and Technology, Daegu Catholic University, Gyeongsan 38430, Korea

²Institute of Food Science and Technology, Daegu Catholic University, Gyeongsan 38430, Korea

품종에 따른 쌀 미강의 헥산 및 초임계 유체 추출물의 품질특성

김정민¹ · 구율리¹ · 박보연¹ · 홍주현¹ · 윤광섭^{1,2*}

¹대구가톨릭대학교 식품공학과, ²대구가톨릭대학교 식품과학연구소

Abstract

The quality characteristic properties of rice bran extracts from a range of cultivars (i.e., Bukkyeong 2012-2, Hanahreum, and Jasmin 85) that had been prepared using different extraction methods (i.e., supercritical fluid or hexane) were investigated. The pH values of the hexane rice bran extracts were higher than those of the supercritical fluid extracts, while the L values, a values, and b values were found to be 43.70-56.51, -1.73-0.80, and -0.08-9.97, respectively. In addition, the iodine values of the supercritical fluid rice bran extracts (58.46-59.30 g) were higher than those of the hexane extracts (41.30-42.80 g), while the acid values of the Jasmin 85 cultivars obtained from the supercritical fluid and hexane rice bran extracts were 23.66 and 2.15 mg/g, respectively, which were lower values than those obtained for the other extracts. Furthermore, the peroxide values of the bran extracts were 3.33-70.06 meq/kg, where the values obtained for the supercritical fluid rice bran extracts (44.71-70.06 meq/kg) were higher than those of the hexane extracts (3.33-35.67 meq/kg). In the case of the TBA value, the supercritical fluid rice bran extracts gave higher values (68.23-124.55 mg/kg) than the hexane extracts (5.33-97.16 mg/kg). Moreover, the total tocopherol contents of the supercritical fluid and hexane rice bran extracts were 10.20 and 10.63 g/100 g for the Bukkyeong 2012-2 cultivar, 8.30 and 7.35 g/100 g for the Hanahreum cultivar, and 4.85 and 6.94 g/100 g for the Jasmin 85 cultivar. The fatty acid contents of the rice bran extracts decreased in the order of oleic acid, linoleic acid, then palmitic acid, and the unsaturated fatty acid contents of the Hanahreum rice bran extracts (81.21 and 80.60%) were higher than those of the Bukkyeong 2012-2 and Jasmin 85 rice bran extracts. Our results therefore indicate that the quality characteristics of the supercritical fluid Bukkyeong 2012-2 and Hanahreum rice bran extracts render them useful for application in the food industry.

Key words : rice bran, supercritical fluid extraction, hexane extraction, cultivars, quality characteristics

서 론

미강(rice bran)은 현미에서 정백미로 도정하는 과정에서 생기는 과피, 종피, 호분층 등의 분쇄혼합물로, 미강의 구성

성분은 단백질 12-16%, 지방 16-22% 및 섬유소 8-12% 등으로 구성되어 있다(1). 지방산의 70% 이상이 올레인산, 리놀렌산, 리놀렌산의 불포화 지방산으로 이루어져 있을 뿐만 아니라, 비타민E, 식이섬유 등 다양한 유효성분들이 함유되어 있다(2). 또한 미강은 vitamin B군, vitamin E, Ca, P, Mg, Fe와 같은 미네랄과 γ -oryzanol, α -tocotrienol, β -tocopherol, γ -tocopherol, δ -tocopherol와 같은 항산화 물질이 다량 함유되어 천연 항산화제로 작용하며(3), 염증 반응 억제 활성(4), 혈압상승 억제 작용(5) 및 혈중 콜레스테롤 저하(6) 인슐린 개선효과(7), 항스트레스 효과(8), 항암효과(9), 종양억제

*Corresponding author. E-mail : ksyoun@cu.ac.kr

Phone : 82-53-850-3209, Fax : 82-53-850-3209

Received 20 September 2019; Revised 03 October 2019;

Accepted 07 October 2019.

Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

(10) 등 다양한 생리활성을 나타내고 있어 건강 유지와 질병 예방을 위해 이들 성분을 활용하고자 하는 연구가 진행되고 있다.

식생활의 다양화와 고급화로 인한 쌀 소비량 감소로 과잉 생산의 문제, 식품의 기호성 증진을 위해 과거보다 더욱 정교해지는 곡류의 도정과정으로 인해 미강의 발생량은 계속 증가될 것으로 예측되고 있어 미강을 이용한 식품소재로서의 연구 개발이 지속적으로 이루어지고 있다(11,12). 하지만 우수한 영양과 기능적 가치를 함유하고 있음에도 불구하고 미강은 식품의 식미를 떨어뜨리고 저장성이 매우 낮아 연간 40만 톤의 미강 생산량 중 약 20-30% 정도만이 미강 추출물 추출의 원료로 쓰이고 나머지는 사료나 유기질 비료로 이용되고 있어 효과적인 활용에는 어려움이 있는 실정이다(13,14). 반면 국외에서는 미강의 영양학적, 기능적 특성을 고려한 식품 개발을 꾸준히 하여 고섬유질 빵, 머핀, 쿠키, 크래커 등 구운 제품에 많이 활용하고 있으며(15), 일본, 미국 등의 나라에서는 영양보충용 식품, 제과제빵용 소재 등으로 개발해 왔으며, 미강을 활용한 제품들 중에서 최근 관심을 받고 있는 분야는 숙취해소, 혈중 콜레스테롤 감소, 간기능 개선, 영양보충용 보조식품 등이 있다(16). 최근 국내에서는 미강을 이용한 식품 연구에는 제과제빵 특성연구(17), 발효쌀겨를 이용한 반죽의 제빵 특성(18)이 연구되고 있다.

핵산을 이용한 용매 추출법은 용제를 사용하기 때문에 물질의 품질변화가 일어나지 않으며, 식품공업에서 널리 이용되고 있는 방법이나 독성을 나타내는 핵산을 허용치 이하로 낮추기 위한 정제과정이 필요하다(19). 이산화탄소를 이용한 초임계 유체 추출법은 물질의 기상과 액상의 상경계지점인 critical point 이상의 압력과 온도를 설정해 줌으로써 액상의 용해력과 기상의 확산계수와 점도의 특성을 지니게 하여 신속한 추출과 선택적 추출이 가능하게 하는 방법이다(20). 초임계 유체를 이용하여 유지 및 지용성 생리활성 물질을 추출 또는 농축하는 방법을 사용할 수 있으며, 추출 또는 농축 후 용매를 제거하는 공정이 필요 없는 친환경적 방법이며, 또한 비교적 저온, 고압에서 이루어지므로 목적 물질의 파괴 및 변화가 거의 없다는 장점이 있다(21).

따라서 본 연구에서는 쌀 도정과정에서 부산물로 배출되는 미강의 이용가치를 향상시키고자 핵산 및 초임계 유체 추출법을 이용하여 쌀 품종에 따른 품질특성을 검토하여 미강의 활용을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용한 미강은 쌀 품종에 따라 3종(Bukkyeong

2012-2(북경), Jasmin 85(자스민) 및 Hanahreum(한아름))을 사용하였으며, 2017년 수확하여 정미기(LH-5000M, Hwangso Co., Daegu, Korea)로 10분도로 정미하고 얻어진 미강을 국립식량과학원으로부터 제공받아 사용하였다. 미강은 분쇄기(RT-04, Hanli Co., Sejong, Korea)로 분쇄하여 60 mesh 표준망체(Chung Gye Sang Cong Sa, Seoul, Korea)를 통과한 분말을 -20℃ 이하 암소에서 보관하면서 추출용 시료로 사용하였다.

추출방법에 따른 미강 추출물 제조

핵산을 이용한 추출방법은 미분쇄한 미강 분말과 핵산을 1:10(w/v) 비율로 혼합한 다음 shaking incubator(BS-31, Jeio Tech., Daejeon, Korea)에서 170 rpm으로 24시간 진탕·추출하였다. 불순물을 제거하기 위해 여과한 다음 감압농축기(Model N-1N, Eylea Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 핵산을 모두 제거하여 미강 추출물을 제조하였다. 초임계를 이용한 추출방법은 미분쇄한 미강 분말을 추출압력 400 bar, 추출온도 50℃ 및 CO₂ 유속 20 mL/min 조건하에서 4시간 추출하였다. 품종에 따라 얻어진 미강 추출물 3종과 비교하기 위해 대조군으로 시중에 판매 중인 식용유(CJ Cheil Jedang, Incheon, Korea)와 미강 추출물(JCY, Seongnam, Korea)을 같이 분석하였다.

pH 및 색도 측정

미강 추출물의 pH는 pH meter(S220, Mettler Toledo, Schwerzenbach, Switzerland)로 3회 반복 측정하여 그 평균 값과 표준편차로 표기하였다. 색도는 표준색도 Y=86.6, x=0.3160, y=0.3214로 보정된 chromameter(CR-400, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였으며, L값(brightness), a값(redness-greenness), b값(yellowness-blueness)을 3회 반복 측정하여 평균치로 나타내었다.

산가 및 과산화물가

산가 및 과산화물가 측정은 식품의약품안전처 식품공전의 식품성분시험법에 따라 수행하였다(22). 산가측정은 시료를 마개달린 삼각플라스크에 취한 후, ethanol : ethylether (1 : 2, v/v) 혼합액 100 mL를 넣고 용해시킨다. 이를 phenolphthalein 용액을 지시약으로 하고 옅은 홍색이 30초간 지속할 때까지 0.1 N ethanolic KOH 용액으로 적정하였다. 과산화물가 측정은 시료를 acetic acid : chloroform (3 : 2, v/v) 25 mL를 가하여 혼합한 후 potassium iodide 용액 1 mL을 섞은 다음 암소에서 10분간 반응시키고 증류수 30 mL를 넣고 교반하였다. Starch solution 1 mL를 지시약으로 하여 0.01 N sodium thiosulfate 용액으로 적정하였다.

요오드가 및 TBA가

요오드가는 미강 추출물 0.5 g을 용매(CCl₄) 10 mL에

완전히 녹인 뒤 Wijs's reagent 25 mL 첨가 후 1시간 암소 방치한 후, potassium iodide 20 mL, 증류수 10 mL를 차레로 가한 후 0.1N sodium thiosulfate로 적정하였다(23). TBA가 는 Tarladgis(24)의 방법에 의해 미강 추출물 0.5 g에 benzene 5 mL를 첨가하여 불텍스 후 TBA reagent 5 mL 첨가한 후 5분 방치하여 분액여두로 이동, 하층부 분리하여 95°C, 30분 반응시킨다. 그 후 10분 냉각하여 분광광도계 (Ultraspec 2100pro, Biochrom Ltd., Cambridge, UK)를 이용하여 530 nm에서 측정하였다.

총 토코페롤 함량

품종별 미강 추출물의 토코페롤 함량은 Lee 등(25)의 방법에 기초하여 측정하였다. 미강추출물 1 g에 12% ethanolic KOH 20 mL를 넣고 60°C 항온수조에서 90분간 반응시킨 뒤 Ice bath에 옮겨 신속히 냉각하였다. 3차 증류수 20 mL와 n-hexane 10 mL를 첨가하여 30분 동안 반응시킨 후 n-hexane은 회수하는 과정을 3회 반복추출하였다. 분석조건은 HPLC(Waters 2695, Waters Co., Miliford, MA, USA)를 이용하였으며, 컬럼은 Kinetex F5 column(4.6×150 mm), 용매조성은 methanol을 유속은 0.8 mL/min 조건으로 흘려주고, 온도는 40°C에서 실행하였다. 표준물질로는 α -tocopherol, β -tocopherol, γ -tocopherol, δ -tocopherol을 Sigma-Aldrich Co.로부터 구입하여 표준용액을 제조하였으며, peak area의 실측치와 표준물질의 농도간 계산에 의해 총 토코페롤 함량을 산출하였다

지방산 조성 분석

미강 추출물의 지방산 분석은 AOAC 방법(26)에 따라 methyl ester화 시킨 후 GC로 분석하였다. 즉, 시료 추출물

1 g에 5% pyrogallol, ethanol 2 mL를 첨가하여 혼합한 후 8.3 M HCl 10 mL를 첨가하여 80°C 항온수조에서 40분간 가열 반응시켰다. Petroleum ether 및 ethyl ether를 이용하여 추출한 후 ether를 증발시켜 지방산 분석 시료로 하였다. GC(GC-2010 plus, Shimadzu, Kyoto, Japan), 컬럼은 SP-2560(100 m×0.25 mm, 0.2 μ m)를 사용하였다. 컬럼의 온도는 100-240°C로 점차 상승하도록 하였으며, 이때 carrier gas는 helium(70 kpa)을 make-up gas는 질소를 사용하였다. 동정은 표준지방산 methyl ester mixture(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)와 retention time을 비교하여 확인하였으며, 조성비율은 각 peak의 면적을 상대적인 백분율로 나타내었다.

통계처리

모든 실험결과는 IBM SPSS Statistics(19.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용한 분산분석(ANOVA)을 실시하였고 각 측정 평균값의 유의성($p < 0.05$)은 Duncan's multiple range test를 실시하여 검정하였다.

결과 및 고찰

pH 및 색도

추출방법(헥산, 초임계)에 따른 미강 추출물은 북경, 자스민, 한아름미를 사용하였으며, 쌀품종에 따른 아밀로스 함량을 측정하였다(data not showed). 아밀로스 함량은 품종에 따라 북경은 34.12%, 자스민은 25.76%로, 한아름은 22.27%로 나타났으며, 일반적으로 쌀은 아밀로스 함량에 따라 분류를 하는데 고아밀로스는 25% 이상, 중간 아밀로

Table 1. pH and color value of rice bran extracts prepared by different extraction methods and cultivars

Sample ¹⁾	pH	Color value		
		L	a	b
SO	5.07±0.08 ²⁾	55.27±0.07 ^a	0.06±0.01 ^a	-0.08±0.07 ^g
S-RB	5.39±0.11 ^c	55.02±0.04 ^a	-1.02±0.02 ^{bc}	2.91±0.03 ^f
S-BRB	3.62±0.22 ^f	44.26±0.16 ^d	-1.15±0.04 ^{de}	7.47±0.09 ^{bc}
S-JRB	3.55±0.23 ^f	44.22±0.36 ^d	-1.61±0.13 ^f	9.34±1.06 ^a
S-HRB	2.66±0.15 ^g	43.70±0.07 ^d	-1.07±0.03 ^{cd}	7.07±0.10 ^{cd}
HO	4.54±0.10 ^c	56.51±0.23 ^a	-0.06±0.04 ^a	0.35±0.02 ^g
H-RB	5.98±0.18 ^a	56.07±0.15 ^a	-1.73±0.04 ^{de}	5.08±0.15 ^f
H-BRB	5.70±0.03 ^b	49.58±0.22 ^{cd}	0.80±0.06 ^a	9.52±0.13 ^b
H-JRB	5.80±0.01 ^{ab}	46.18±0.18 ^{bc}	-1.13±0.02 ^c	9.97±0.20 ^c
H-HRB	5.20±0.03 ^{cd}	45.54±0.29 ^b	-0.87±0.04 ^b	9.43±0.24 ^{de}

¹⁾SO, supercritical extract of commercial soybean oil; S-RB, supercritical extract of commercial rice bran oil; S-BRB, supercritical extract of Bukkyeong 2012-2 rice bran; S-JRB, supercritical extract of Jasmin 85 rice bran; S-HRB, supercritical extract of hanahreum rice bran; HO, hexane extract of commercial soybean oil; H-RB, hexane extract of commercial rice bran oil; H-BRB, hexane extract of Bukkyeong 2012-2 rice bran; H-JRB, hexane extract of Jasmin 85 rice bran; H-HRB, hexane extract of hanahreum rice bran.

²⁾Means±SD (n=3) with different letters within a column (a-g) indicate significant differences ($p < 0.05$).

스는 20-25%, 저아밀로스는 7-20%로 분류된다(27). 아밀로스 함량의 측정방법에 따른 약간의 편차를 가지며 본 연구의 결과 북경, 자스민은 고아밀로스, 한아름은 중간 아밀로스로 분류할 수 있다. 추출방법에 따른 미강 추출물의 pH 및 색도는 Table 1과 같다. 미강 추출물의 pH는 2.66-5.98로, 핵산 추출한 시판 미강 추출물(H-RB)에서 5.98로 가장 높게 측정되었으며, 초임계 유체 추출한 한아름 미강 추출물(S-HRB)에서 2.66으로 가장 낮게 측정되었다. 초임계 미강 추출물의 pH는 시판 미강유(S-RB)가 5.39로 높게 나타났으며, 초임계 유체 추출한 북경, 자스민 및 한아름 미강 추출물이 각각 3.62, 3.55 및 2.66로 나타났다. Shin 등(28)의 볶은 미강의 품질특성 연구에서는 pH는 5.78-5.43으로 나타났으며, 미강 첨가량이 증가할수록 pH가 감소하는 경향이 나타났다고 보고하였다.

미강 추출물의 L값은 43.70-56.51로, 초임계 유체 및 핵산 추출한 식용유 추출물에서 각각 55.27, 56.51로 가장 높게 나타났으며, 품종에 따른 초임계 추출한 미강 추출물(43.70-44.26)은 핵산 추출한 미강 추출물(45.54-49.58)보다 낮게 나타났다. 또한 초임계 유체 및 핵산 추출한 한아름 미강 추출물(S-HRB, H-HRB)에서 각각 43.70, 45.54로 가장 낮게 나타났다. a값은 -1.73-0.80으로 나타났으며, 품종에 따라서는 핵산 추출한 북경 미강 추출물(H-BRB)에서 0.80로 가장 높게 나타났으며, 초임계 유체 추출한 자스민 미강 추출물(S-JRB)에서 -1.61로 가장 낮게 나타났다. b값은 -0.08-9.97로 나타났으며, 품종에 따라서는 핵산 추출한 자스민 미강 추출물(H-JRB)에서 9.97로 가장 높게 나타났으며, 초임계 유체 추출한 한아름 미강 추출물(S-HRB)에서 7.07로 가장 낮게 나타났다. Shin 등(28)의 볶은 미강을 첨가한 쌀빵의 품질특성 연구에서 볶은 미강 분말 첨가량이 증가할수록 L값이 감소하고, b값은 증가하였다고 보고하

였으며, Hwang 등(29)은 발효미강 반죽의 품질특성 연구에서 미강 분말 첨가량이 증가할수록 L값은 감소하고, b값은 증가한다고 보고하여 본 연구결과와 유사하였다.

요오드가, 산가, 과산화물가 및 TBA가

추출방법(핵산, 초임계)에 따른 미강 추출물의 요오드가, 산가, 과산화물가 및 TBA가는 Table 2와 같다. 요오드가는 식물성 유지에 이중결합이 얼마나 있는가를 측정하는 것으로(30), 이중결합의 수가 많으면 탄소 체인이 구조적으로 꺾이기 때문에 굳게 되는 분자구조로 될 가능성이 적어 저온에서 액상으로 존재하게 된다(31). 따라서 핵산 추출한 시판 식용유(HO) 및 시판 미강유(H-RB)의 요오드가는 각각 46.50 g 및 43.80 g으로 품종을 달리한 미강 추출물 3종(41.30-42.80 g)보다 높게 나타났다. 초임계 추출한 미강 추출물의 요오드가의 경우, 한아름(S-HRB), 북경미(S-BRB), 자스민(S-JRB)에서 각각 59.30, 58.88, 58.46 g으로 나타나 핵산 추출한 미강 3종 추출물(41.30-42.80)보다 높게 나타나 온도가 감소할 경우 초임계 유체 추출한 미강 추출물이 상대적으로 유동성이 우수할 것으로 판단된다.

산가는 유지의 정제가 불안정한 경우나 보존 및 사용상태가 불량한 경우, 유지가 가수분해되어 유리된 지방산의 양은 증가하게 되며, 유리지방산의 생성은 유지의 자동산화 촉진하여 제품의 품질 및 관능적으로 좋지 않은 영향을 미치게 된다(32). 핵산 추출한 시판 식용유(HO) 및 미강 추출물(H-RB)은 검출되지 않았으며, 초임계 유체 추출한 식용유(SO) 및 시판 미강 추출물(S-RB)은 모두 0.09 mg/g으로 낮게 나타났다. 품종에 따른 핵산 추출한 미강 추출물의 산가는 자스민 추출물(H-JRB)에서 2.15 mg/g으로 낮게 나타났으며, 그 다음으로 북경 추출물(H-BRB), 한아름 추출

Table 2. Iodine value, acid value, peroxide value and TBA value of rice bran extracts prepared by different extraction methods and cultivars

Sample ¹⁾	Iodine value (g)	Acid value (mg/g)	Peroxide value (meq/kg)	TBA value (mg/kg)
SO	59.56±0.33 ^{2d)}	ND ³⁾	52.70±0.06 ^{b)}	68.24±0.23 ^{cd)}
S-RB	57.36±0.73 ^{a)}	ND	59.00±0.03 ^{b)}	118.96±1.05 ^{a)}
S-BRB	58.88±0.57 ^{a)}	30.21±2.59 ^{b)}	44.71±0.18 ^{b)}	97.11±0.63 ^{b)}
S-JRB	58.46±0.51 ^{a)}	23.66±0.86 ^{c)}	70.06±0.06 ^{a)}	124.55±1.16 ^{a)}
S-HRB	59.30±0.46 ^{a)}	94.92±1.17 ^{a)}	52.30±0.12 ^{c)}	114.17±0.28 ^{a)}
HO	46.50±0.50 ^{b)}	0.09±0.01 ^{g)}	31.67±1.15 ^{d)}	60.72±7.19 ^{d)}
H-RB	43.80±0.01 ^{b)}	0.09±0.01 ^{g)}	35.67±1.53 ^{d)}	35.33±3.89 ^{e)}
H-BRB	42.80±0.07 ^{b)}	9.63±0.49 ^{e)}	17.67±4.16 ^{e)}	77.33±18.33 ^{c)}
H-JRB	42.70±0.30 ^{b)}	2.15±0.32 ^{f)}	3.33±1.73 ^{f)}	97.16±3.75 ^{b)}
H-HRB	41.30±1.04 ^{b)}	18.89±1.01 ^{d)}	11.33±1.73 ^{e)}	71.33±13.86 ^{cd)}

¹⁾SO, supercritical extract of commercial soybean oil; S-RB, supercritical extract of commercial rice bran oil; S-BRB, supercritical extract of Bukkyeong 2012-2 rice bran; S-JRB, supercritical extract of Jasmin 85 rice bran; S-HRB, supercritical extract of hanahreum rice bran; HO, hexane extract of commercial soybean oil; H-RB, hexane extract of commercial rice bran oil; H-BRB, hexane extract of Bukkyeong 2012-2 rice bran; H-JRB, hexane extract of Jasmin 85 rice bran; H-HRB, hexane extract of hanahreum rice bran.

²⁾Means±SD (n=3) with different letters within a column (a-g) indicate significant differences (p<0.05).

³⁾ND, Not detected

물에서 각각 9.63 mg/g, 18.89 mg/g으로 나타났다. 초임계 추출한 미강 추출물은 품종에 따라서는 자스민(S-JRB), 북경(S-BRB), 한아름(S-HRB) 미강 추출물 순으로 각각 23.66, 30.21, 94.92 mg/g으로 나타나 hexan 추출한 미강 추출물보다 높게 나타났다. Kim 등(33)의 추출방법에 따른 인삼씨유의 연구에서도 용매추출물의 산가가 초임계 유체 추출물에 비해 유의적으로 낮게 나타나 본 연구결과와 유사하였다.

과산화물가는 유지의 산패에서 생기는 hydroperoxide 함량을 측정하여 산패정도를 측정하는 것으로(34), hexan 추출한 시판 미강유 추출물(H-RB) 및 초임계 추출한 시판 미강 추출물(S-RB)은 각각 35.67, 59.00 meq/kg으로 미강추출물보다 높게 나타났다. 품종에 따른 hexan 추출한 미강 추출물의 과산화물가는 자스민 추출물(H-JRB)에서 3.33 meq/kg으로 가장 낮게 나타났으며, 북경 추출물(H-BRB), 한아름 추출물(H-HRB)에서 각각 11.33 meq/kg, 17.67 meq/kg으로 나타났다. 초임계 유체 추출한 미강 추출물은 품종에 따라서는 북경(S-BRB), 한아름(S-HRB), 자스민(S-JRB) 미강 추출물 순으로 각각 44.71, 52.30, 70.06 meq/kg으로 나타나 hexan 추출한 미강 추출물보다 높게 나타났다. Kim 등(33)의 추출방법에 따른 인삼씨유의 연구에서 과산화물가는 저장 기간에 따라 증가하는 경향을 나타내었으며, 저장 28일째 용매추출물, 초임계 유체 추출물의 과산화물가는 각각 61.06, 61.02 meq/kg로 나타나 추출방법에 따른 큰 차이는 나타나지 않았다고 보고하였다.

유지의 산패가 진행되면 malonaldehyde가 생성되며 이때 TBA reagent와 반응한 적색의 생성물을 측정하여 산패의 정도를 확인할 수 있다(24). hexan 추출한 시판 미강 추출물(H-RB)은 35.33 mg/kg으로 나타나 hexan 미강 추출물 중 가장 낮게 측정되었다. 품종에 따른 hexan 추출한 미강 추출물의 TBA는 한아름 미강 추출물(H-HRB)이 71.33 mg/kg으로 3품종 중 가장 낮게 나타났으며, 북경 미강 추출물(H-BRB)이 77.33 mg/kg, 자스민 미강 추출물(H-JRB)이 97.16 mg/kg으로 나타났다. 초임계 추출한 시판 식용유 추출물(SO)의 TBA는 68.24 mg/kg으로 초임계 추출물 중 가장 낮게 나타났으며, 품종에 따른 초임계 유체 추출한 미강 추출물의 TBA는 북경, 한아름, 자스민 순으로 각각 97.11, 114.17, 124.55 mg/kg으로 나타나 초임계 추출한 시판 미강 추출물(S-RB)은 118.96 mg/kg과 큰 차이가 없었다. 용매와 초임계 추출에 따른 추출물의 유지의 품질특성은 초임계 추출이 높게 나타났는데, 이는 Botha(35)의 초임계 유체 추출한 아보카도 오일 연구에서는 CO₂를 이용하여 초임계 유체 추출한 추출물에는 용해된 CO₂가 포함되어 있어 시료의 산도에 영향을 주어 hexan으로 추출된 추출물보다 산가 및 과산화물가가 높게 나타난다고 보고한 결과와 유사하였다.

총 토크페롤 함량

추출방법과 품종에 따른 미강 추출물의 총 토크페롤 함량은 Fig. 1과 같다. hexan 미강 내에 함유되어 있는 토크페롤은 비타민 E로 α , β , γ , δ 4가지 형태로 이루어져 있다. 토크페롤은 항산화 작용을 하여 활성산소에 의하여 야기되는 지질의 손상을 억제하는 역할로 알려져 있다. 그 외에도 염증 조절 및 여러 가지 생화학적 기능과 질병 예방 측면의 기능이 있다(36). 초임계 유체 추출을 이용하여 추출한 북경(S-BRB), 한아름(S-HRB) 및 자스민(S-JRB) 미강 추출물의 총 토크페롤 함량은 각각 10.20, 8.30 및 4.85 g/100 g으로 나타났으며, hexan으로 추출한 경우 품종에 따라서는 북경(H-BRB), 한아름(H-HRB) 및 자스민(H-JRB) 미강 추출물에서 각각 10.63, 7.35 및 6.94 g/100 g으로 나타났으며, 북경 미강 추출물에서 가장 높은 함량을 나타내었다. Gu 등(37)의 추출용매에 따른 미강 추출물의 항산화 연구에서는 북경 품종의 미강 추출물이 항산화 활성이 가장 높게 나타난 것으로 보고하였으며, 북경 미강 추출물의 높은 토크페롤 함량에 따른 것으로 판단된다. 또한 Chun 등(38)의 품종별 미강의 토크페롤 및 토크트리에놀 함량에 관한 연구에서 품종별 미강의 전체 비타민 E 함량은 106.65-221.47 μ g/g으로 나타났으며, Park 등(39)의 벼 품종별 미강의 총 비타민 E 함량은 39.2 mg/100 g로 나타나 본 실험에서 분석된 시료의 토크페롤 함량이 더 높게 나타났다. 초임계 유체 및 hexan을 이용하여 추출한 미강 추출물은 추출 방법에 따른 함량 차이는 있으나 품종에 따른 함량은 북경 미강 추출물이 가장 우수하고, 자스민 미강 추출물에서 가장 낮은 것으로 확인하였다. 이는 Chun 등(38)의 보고와 같이 미강 품종에 따라 토크페롤 및 토크트리에놀은 동족체(α , β , γ , δ)별로

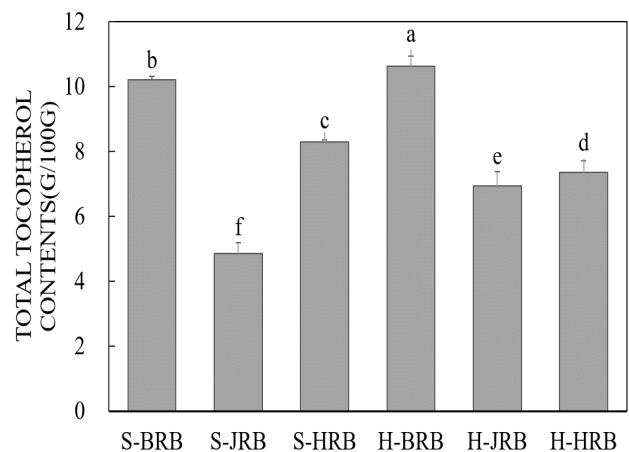


Fig 1. Total tocopherol contents of rice bran oil extracts prepared by different extraction methods and cultivars.

¹S-BRB, supercritical extract of Bukkyeong 2012-2 rice bran; S-HRB, supercritical extract of han-ahreum rice bran; S-JRB, supercritical extract of Jasmin 85 rice bran; H-BRB, hexane extract of Bukkyeong 2012-2 rice bran; H-HRB, hexane extract of han-ahreum rice bran; H-JRB, hexane extract of Jasmin 85 rice bran.

²Means \pm SD (n=3) with different letters (a-f) above bars are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

분포 차이를 보였고, 이러한 토크페롤 및 토크트리에놀 함량의 차이는 품종, 종자의 성숙도, 재배지역 및 기후상태 등에 따라 영향을 받는 것으로 알려져 있다(40).

지방산 조성

초임계 및 핵산을 이용하여 추출한 미강 추출물의 지방산 조성을 분석한 결과 얻어진 총 12종 지방산의 함량은 Table 3과 같다. 초임계 유체 및 핵산을 이용하여 추출한 미강 추출물은 oleic acid(C18:1), linoleic acid(C18:2) 및 palmitic acid(C16:0)순으로 함량이 많았으며, 3개의 지방산이 전체 지방산의 95% 정도의 비율을 나타내었다. Palmitic acid는 16.38-19.35%로 나타났으며, 품종에 따라서는 한아름 미강 추출물(S-HRB, H-HRB)에서는 각각 16.38%, 16.68%로 측정되어 가장 낮게 측정되었으며, 자스민 미강 추출물(S-JRB, H-JRB)에서 각각 19.29%, 19.38%로 나타나 가장 함량이 높았다. Oleic acid(C18:1)는 42.73-47.35%로 나타났으며, 초임계 및 핵산으로 추출한 자스민 미강 추출물(S-JRB, H-JRB)이 각각 47.35%, 47.12%로 나타나 함량이 가장 높았다. Linoleic acid는 28.49-36.14%로 나타났으며, 품종에 따라서는 한아름 미강 추출물(S-HRB, H-HRB)에서 각각 36.14, 35.28%로 나타나 3품종 중 linoleic acid 함량이 가장 높았다. 불포화지방산 함량은 한아름 미강 추출물(S-HRB, H-HRB)에서는 81.21%, 80.60%로 나타나 불포화지방산 함량이 가장 많았으며, 그 다음으로 북경 미강 추출물(S-BRB, H-BRB)에서는 79.18%, 78.72%로, 자스민 미강 추출물(S-JRB, H-JRB)에서는 77.92%, 77.76%로 나타

났다. 초임계 유체 및 핵산을 이용하여 추출한 미강 추출물은 품종간에 지방산 조성은 차이가 나타났다. 추출방법에 따라서는 초임계 추출한 미강 추출물의 불포화지방산 함량이 핵산 추출한 미강 추출물보다 높은 것으로 확인되었다. Kim과 Lee(41)의 연구에서는 미강 추출물은 oleic acid와 linoleic acid가 각각 41.70과 33.30%를 차지하였고, palmitic acid, oleic acid 및 linoleic acid가 주요 지방산들로서 전체 지방산 조성의 80% 이상을 차지한다고 보고하여 본 연구와 일치하였다. 또한 Lee 등(25)의 미강 추출물의 연구에서는 미강 추출물의 지방산 조성을 분석한 결과, 본 연구결과보다 oleic acid는 낮고, linoleic acid 다소 높게 측정되었고, 불포화지방산 함량은 약 82% 정도로 높게 측정되었는데, 이는 품종 및 추출방법 등에 따라 영향을 받는 것으로 판단된다.

요 약

초임계와 핵산으로 추출한 미강 추출물의 활용성을 높이 고자 쌀 품종에 따른 품질특성으로 조사하였다. pH의 경우, 초임계 유체 추출한 미강유에서 핵산 추출한 미강유보다 pH가 낮게 측정되었다. 색도 중 L값의 경우, 품종에 따른 초임계 유체추출한 미강 추출물은 핵산 추출한 미강 추출물보다 낮게 나타났으며, 초임계 유체추출한 한아름 미강 추출물(S-HRB)에서 43.70로 가장 낮게 나타났다. 품종에 따른 초임계 유체 추출한 미강 추출물의 요오드가는

Table 3. Fatty acid composition of rice bran extracts prepared by different extraction methods and cultivars

Fatty acids(%)	S-BRB ¹⁾	S-JRB	S-HRB	H-BRB	H-JRB	H-HRB
Myristic acid (C14:0)	0.26	0.25	0.33	0.25	0.22	0.29
Palmitic acid (C16:0)	18.08	19.29	16.38	17.84	19.38	16.68
Palmiloleic acid (C16:1)	0.21	0.15	0.24	0.19	0.15	0.17
Stearic acid (C18:0)	1.50	1.51	1.32	1.46	1.49	1.36
Oleic acid (C18:1)	43.31	47.35	42.73	43.44	47.12	43.03
Linoleic acid (C18:2)	34.13	28.49	36.14	33.58	28.54	35.28
Arachidic acid (C20:0)	0.56	0.58	0.39	0.65	0.56	0.43
Eicosenoic acid (C20:1)	0.40	0.42	0.38	0.42	0.42	0.43
Linolenic acid (C18:3)	1.12	1.47	1.72	1.09	1.54	1.70
Behenic acid (C22:0)	0.18	0.19	0.14	0.42	0.24	0.24
Erucic acid (C22:1)	ND ²⁾	0.05	ND	ND	ND	ND
Lignoceric acid (C24:0)	0.23	0.26	0.23	0.67	0.35	0.40
Saturated fatty acid (SFA)	20.82	22.08	18.79	21.28	22.24	19.40
Unsaturated fatty acid (UFA)	79.18	77.92	81.21	78.72	77.76	80.60
UFA/SFA	3.80	3.53	4.32	3.70	3.50	4.16

¹⁾S-BRB, supercritical extract of Bukkyeong 2012-2 rice bran; S-JRB, supercritical extract of Jasmin 85 rice bran; S-HRB, supercritical extract of hanahreum rice bran; H-BRB, hexane extract of Bukkyeong 2012-2 rice bran; H-JRB, hexane extract of Jasmin 85 rice bran; H-HRB, hexane extract of hanahreum rice bran.

²⁾ND: not detected.

58.46-59.30 g으로 나타나 핵산 추출한 미강 추출물보다 높게 나타났으며, 초임계 유체 추출한 한아름 미강 추출물(S-HRB)의 요오드가 가장 높았다. 산가, 과산화물가, TBA가의 경우, 핵산을 이용한 미강 추출물은 초임계 유체를 이용한 미강 추출물보다 낮게 나타났으며, 품종에 따라서는 자스민 미강 추출물(H-JRB)의 산가 및 과산화물가가 가장 낮게 나타났다. TBA가는 한아름 미강 추출물(H-HRB)에서 각각 71.33 mg/kg으로 가장 낮게 나타났다. 초임계 및 핵산을 이용하여 추출한 미강 추출물의 토크페롤 함량은 북경(10.20, 10.63 g/100 g)이 가장 높은 함량을 나타내었고, 그 다음으로 한아름(8.30, 7.35 g/100 g) 및 자스민(4.85, 6.94 g/100 g)으로 나타나 추출 방법 및 품종에 따른 함량 차이가 있었다. 초임계 유체 및 핵산을 이용하여 추출한 미강 추출물은 oleic acid(C18:1), linoleic acid(C18:2) 및 palmitic acid(C16:0)순으로 함량이 많았으며, 전체 지방산의 95% 정도의 비율을 나타내었다. 추출방법에 따라서는 초임계 유체 추출한 미강 추출물의 불포화지방산 함량이 핵산 추출한 미강 추출물보다 높은 것으로 확인되었다. 이러한 결과에서, 초임계 유체 추출한 북경 및 한아름 미강 추출물(S-BRB, S-HRB)의 가공적성 및 기능성 소재로서의 활성 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 어젠다사업(과제번호: PJ011647032018)의 연구비 지원에 의해 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

References

- Chae GY, Kwon RH, Jang MW, Kim MJ, Ha BJ (2011) Whitening and antioxidative effect of rice bran fermented by *Bacillus subtilis*. J Soc Cosmet Scientists Korea, 37, 153-159
- Lee YH, Moon TW (1994) Composition, water-holding capacity and effect on starch retrogradation of rice bran dietary fiber. Korean J Food Sci Technol, 26, 288-294
- Bae SM, Kim JH, Cho CW, Jeong TJ, Yoon HS, Byun MW, Lee SC (2002) Effect of γ -irradiation on the antioxidant activity of rice hull, rice bran and barley bran. J Korean Soc Food Sci Nutr, 31, 246-250
- Choi SP, Kang MY, Nam SH (2004) Inhibitory activity of the extracts from the pigmented rice brans on inflammatory reactions. J Korean Soc Appl Biol Chem, 47, 222-227
- Lee KY, Kim JH, Son JR, Lee JS (2001) Detection and extraction condition of physiological compounds from bran of Heugjinju rice (*Oryza sativa* L.). Korean J Postharvest Sci Technol, 8, 296-301
- Ha TY, Han S, Kim SR, Kim IH, Lee HY, Kim HK (2005) Bioactive components in rice bran oil improve lipid profiles in rat fed a high-cholesterol diet. Nutr Res, 25, 597-606
- Chen CW, Cheng HH (2006) A rice bran oil diet increases LDL-receptor and HMG-CoA reductase RNA expressions and insulin sensitivity in rats with streptozotocin / Nicotinamide-induced type 2 diabetes. J Nutr, 136, 1472-1476
- Koh JH, Yu KW, Suh HJ (2002) Biological activities of *Saccharomyces cerevisiae* and fermented rice bran as additives. Lett Appl Microbiol, 35, 47-51
- Kim HY, Kim JH, Yang SB, Hong SG, Lee SA, Hwang SJ, Shin KS, Suh HJ, Park MH (2007) A polysaccharide extracted from rice bran fermented with *Lentinus edodes* enhances Natural Killer cell activity and exhibition anticancer effects. J Med Food, 10, 25-31
- Nam SH, Choi SP, Kang MY, Koh HJ, Kozukue N, Friedman M (2005) Bran extracts from pigmented rice seeds inhibit tumor promotion in lymphoblastoid B cells by phorbol ester. Food Chem Toxicol, 43, 741-745
- Oh SK, Kim DJ, Chun AR, Yoon MR, Kim KJ, Lee JS, Hong HC, Kim YK (2010) Antioxidant compounds and antioxidant activities of ethanol extracts from milling by-products of rice cultivars. J Korean Soc Food Sci Nutr, 39, 624-630
- Hong SG (2005) Development of immunostimulation materials from rice bran. Food industry and Nutrition, 10, 42-47
- Lee JH, Oh SK, Kim DJ, Yoon MR, Chun AR, Choi IS, Lee JS, Kim YG (2013) Comparison of antioxidant activities by different extraction temperatures of some commercially available cultivars of rice bran in Korea. J Korean Soc Food Sci Nutr, 26, 1-7
- Kim YS, Ha TY, Lee SH, Lee HY (1997) Properties of dietary fiber extract from rice bran and application in bread-making. Korean J Food Sci Technol, 29, 502-508
- Jang KH, Kwak EJ, Kang WW (2010) Effect of rice bran powder on the quality characteristics of cookie. Korean J Food Preserv, 17, 631-636
- Aggarwal B, Sundaram C, Prasad S, Kannappan R (2010) Tocotrienols, the vitamin E of the 21st century: its potential against cancer and other chronic diseases. Biochem Pharmacol, 80, 1613-1631

17. Park HS, Choi KM, Han GD (2008) Changes of bread making characteristics with the addition of rice bran, fermented rice bran and rice bran oil. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 37, 640-646
18. Park HS, Han GD (2008) Characteristics of breadmaking according to the addition of fermented rice bran. *J Korean Soc Food Cult*, 23, 62-67
19. Choi SW, Chung US, Lee KT (2005) Preparation of high quality grape seed oil by solvent extraction and chemical refining process. *Korean J Food Preserv*, 12, 600-607
20. Jung SH, Chang KS, Ko KH (2004) Physiological effects of curcumin extracted by supercritical fluid from turmeric (*Curcuma longa* L.). *Korean J Food Sci Technol*, 36, 317-320
21. Kim IH, Yoon SW, Lee JS, Lee JS (2013) Concentration of rice bran lipid soluble bioactive substances using supercritical carbon dioxide. *Food Eng Prog*, 17, 362-368
22. Ministry of Food and Drug Safety (2019) Korea Food Standards Codex, Seoul, Korea, p 263
23. AOCS (1990) Official and Tentative Methods of the American Oil Chemists' society. 15th ed, American Oil Chemist's Society Press, Champaign, IL, USA, AOCS Official Method Ce 1-62
24. Tarladgis BG, Watts BM, Yunathan MT, Dugan Jr L (1960) A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in ranced foods. *J Am Oil chem*, 37, 44-48
25. Lee MJ, Cho MK, Oh SH, Oh CH, Choi DS, Woo JW, Jung MY (2014) Fatty acid composition, contents of tocopherols and phyosterols, and oxidative stability of mixed edible oil of perilla seed and rice bran oil. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 27, 59-65
26. AOAC (1990) Official Method of Analysis, 12th ed, Association of official analytical chemists, Washington DC, USA, p 963
27. Choi ID (2010) Physicochemical properties of rice cultivars with different amylose contents. *J Korean Soc Food Sic Nutr*, 39, 1313-1319
28. Shin HK, Lee JH, Lee SK (2017) Characteristics of white pan bread with roasted rice bran. *Korean J Food Sci Technol*, 49, 401-407
29. Hwang GH, Yun HR, Jung HN, Choi OJ (2014) Quality characteristics of baguette using fermented rice bran sourdough. *Korean J Food Cook Sci*, 30, 307-316
30. Oh YT (1998) A study on the usability of used vegetable oil as a diesel substitute in diesel engine. *J Korean Soc of Marine Engineering*, 22, 481-488
31. Jeong DS, Nam BU, Jeong YJ (2009) Characteristics of iodine values and viscosities by blending of waste vegetable oil and diesel oil. *J Korea Acad Industr Coop Soc*, 10, 1648-1653
32. Shin SK, Kim HJ, Kim MR (2014) Effects of mulberry concentrate on lipid oxidation of *Yackwa* during its storage. *Korean J Food Preserv*, 21, 483-490
33. Kim JE, Lee S, Yoo KM, Lee KH, Kim KT, Lee MH, Hwang IK (2014) Quality characteristics of ginseng seed oil obtained by different extraction methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 43, 439-445
34. Yen GC, Shyu SL (1989) Oxidative stability of sesame oil prepared from sesame seed with different roasting temperatures. *Food Chem*, 31, 215-224
35. Botha BM (2004) The supercritical fluid extraction of avocado oil. *S A Avocado Growers' Assoc Yrb*, 27, 24-27
36. Nagendra Prasad MN, Sanjay KR, Shravaya Khatokar M, Vismaya MN, Nanjunda Swamy S (2011) Health benefits of Rice Bran-A Review. *J Nutr Food Sci*, 1, 1-7
37. Gu YR, Kim JH, Cho JH, Seo WD, Hong JH, Youn KS (2018) Physicochemical characteristics and antioxidant activities of rice bran extracts according to extraction solvent and cultivar. *Korean J Food Preserv*, 25, 668-675
38. Chun A, Lee YY, Kim DJ, Yoon MR, Oh SK, Choi IS, Hong HC (2013) Cultivar comparison on tocopherols, tocotrienols, and antioxidant compounds in rice bran. *Korean J Crop Sci*, 58, 367-375
39. Park KY, Kang CS, Cho YC, Lee YS, Lee YH, Lee YS (2003) Genotypic difference in tocopherol and tocotrienol contents of rice bran. *Korean J Crop Sci*, 48, 469-472
40. Lee DJ, Lee JY (2003) Tocopherols and tocotrienols in cereal grains. *Korean J Crop Sci*, 48, 1-12
41. Kim JY, Lee KT (2009) Enzymatic synthesis of low trans fats using rice bran oil, palm stearin and high oleic sunflower seed oil. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 38, 470-478