

맥주박, 홍삼박, 쌀겨의 영양성분, 기능성 성분 및 항산화 활성 탐색

민알렉산더명준, 남규봉, 임성현, 손은심*
(주)리하베스트

Exploration of Nutritional Components, Functional Components and Antioxidant Activities of Brewer's Spent Grain Powder, Red Ginseng By-Products and Rice Bran Powder

Myoung-Joon MinAlexander, Kyu-Bong Nam, Sung-Hyun Lim, Eun-Shim Son*
Reharvest Co., Ltd.

요약 본 연구는 식품 가공부산물인 맥주박, 쌀겨, 홍삼박의 영양성분, 기능성 성분, 항산화 활성을 탐색하고자 하였다. 맥주박, 홍삼박, 쌀겨를 분말화하여 실험에 사용하였다. 일반성분을 분석한 결과 맥주박 가루의 조단백질과 식이섬유 함량이 가장 높게 나타났으며, 밀가루에 비해서 각각 2배, 23배 높게 나타났다. 쌀겨 가루의 경우 비오틴(9.67 $\mu\text{g}/100\text{g}$), γ -Oryzanol(32.3 mg/100 g), GABA(0.71 mg/100 g), 총사포닌(118.07 mg/g) 함량이 가장 높게 나타났으며, 홍삼박 가루와 밀가루의 경우 비오틴은 검출되지 않았다. 총폴리페놀 함량은 맥주박 가루가 가장 높게 나타났으며, 밀가루에 비해서 약 50배 높게 나타났다. DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 소거능은 맥주박 가루가 가장 높게 나타났으며, 그 다음 순으로 홍삼박 가루, 쌀겨 가루, 밀가루로 나타났다. 이러한 결과는 맥주박 가루, 홍삼박 가루, 쌀겨 가루를 밀가루 대체로 활용한 가공식품 개발에 유용할 수 있을 것이라 판단된다.

Abstract This study determines the nutritional and functional component contents and antioxidant activity of food processing by-products obtained from brewer's spent-grain, rice bran, and red ginseng. All three by-products were powdered and used for various studies. Analysis of the general components revealed the highest crude protein and dietary contents in brewer's spent-grain powder (2 times and 23 times higher, respectively) than the amounts detected in wheat flour. The highest contents of biotin (9.67 $\mu\text{g}/100\text{g}$), γ -Oryzanol (32.3 mg/100 g), GABA (0.71 mg/100 g), and total saponins (118.07 mg/g) were obtained in rice bran powder, whereas biotin was not detected in wheat flour and red ginseng by-product powder. The total polyphenol content was the highest in brewer's spent-grain powder and was about 50 times higher than wheat flour. Brewer's spent-grain powder showed the highest DPPH radical scavenging activity and ABTS scavenging activity, followed by red ginseng by-products powder, rice bran powder, and wheat flour. We believe that the results of this study will be useful for the future development of processed foods using brewer's spent-grain powder, red ginseng by-products powder, and rice bran powder as substitutes for wheat flour.

Keywords : Brewer's Spent Grain, Rice Bran, Red Ginseng By-products, Biotin, GABA

*Corresponding Author : Eun-Shim Son(Reharvest Co., Ltd)

email: es@reharvest.net

Received November 18, 2022

Accepted February 3, 2023

Revised December 12, 2022

Published February 28, 2023

1. 서론

식품가공 부산물은 식품 가공 시 목표 제품과 동시에 생산되는 중간산물을 가리키며, 보통 수거, 분리, 처리의 어려움으로 인해 대부분 활용되지 못하고 퇴비나 매립폐기, 소각 등으로 처리되는 경우가 많다. 하지만 이는 바이오매스 자원 중 하나로, 활용 시 부가가치가 매우 높으며 환경 친화적으로서 국내 산업에 미치는 영향이 긍정적일 뿐만 아니라, 국내 식품산업의 생산성을 높임으로서 경제성과 가격경쟁력을 향상시킬 수 있다는 점에서 주목받고 있다.

우리나라에서 연간 생산되는 식품가공 부산물은 약 6,265천 톤이며, 부산물 종류에는 벼짚, 왕겨, 곡류 찌꺼기 그리고 기름을 짜고 남은 박류, 홍삼박, 맥주박 등이 있다. 이러한 부산물은 일부 퇴비로의 적용을 제외하고 대부분 폐기되기 때문에 높은 처리 비용이 발생하며 버려진 폐기물에 의한 환경오염 역시 우려되는 상황이다.

맥주는 전 세계적으로 인기 있는 주류 중의 하나로 국내 주류 선호도에서 1위를 차지하고 있다[1]. 맥주박은 맥주 양조 부산물 중 85%를 차지하고 있으며, 높은 수분 함량과 복잡한 성분 등의 이유로 널리 활용되지 못하고 있으며, 미생물의 반응으로 급격히 상할 수 있기 때문에 폐기하거나 국내에서는 대부분 사료원으로 이용되고 있다[2-4]. 하지만 국외의 경우 맥주 부산물을 가루로 이용하여 빵, 머핀, 쿠키, 케이크, 와플, 도넛과 브라우니 등과 같이 기능성 개선 목적의 2차 가공 식품으로 활용하는 시도가 널리 이루어지고 있다[5,6].

홍삼의 주요 약리 활성 성분은 사포닌계인 ginsenoside와 비사포닌계인 polyacetylene계 성분 및 acidic polysaccharide 등이 있다[7]. 이러한 성분들은 충추신경 조절, 기억력 개선, 면역 기능 조절 작용, 간기능 향진 및 AIDS 바이러스의 증식 억제 등 다양한 작용을 한다고 보고되었다[8]. 인간의 평균 수명 상승과 질병 예방에 대한 관심이 증진되면서 홍삼 제품의 수요가 증가되고 이의 결과로 생성된 많은 홍삼 부산물은 유효 성분들이 많이 잔재함에도 불구하고, 이를 식용으로 이용하는 경우는 드물며, 젖은 상태로 폐기되어 환경오염 문제로 대두되고 있다. 지금까지 홍삼박을 활용한 연구에는 식품에 접목한 머핀[9], 식빵[10], 반죽[11], 스폰지 케이크[12] 등 제빵의 품질을 개선한 연구, 홍삼박을 활용한 스크럽젤의 각질제거 및 클렌징 효과에 관한 연구[13], 미용 개선을 위한 홍삼박 소재 개발 연구[14] 등 미용에 관련된 연구 등이 보고되어 있다.

천연물질 중 쌀겨는 쌀을 도정하는 과정에서 얻어지는 부산물로 40여종의 단백질, 지질, 비타민 B군, 미네랄, 섬유질과 매우 유용한 미량요소들이 많이 들어있다[15]. 국내에서 생산되는 미곡 생산량의 6~8%가 쌀겨 생산량이며, 이 중 대부분이 사료나 비료, 미강유의 추출에도 이용된다. 하지만 도정 후 쌀겨 내에 존재하는 lipase의 작용으로 산패가 일어나고, 저장성이 떨어져 식품원료로써 사용하는데 제약이 있다고 알려져 주로 사료, 비료, 유지원료, 미용제품에 사용에 국한되어 사용되고 있다[16]. 최근 가공 및 발효를 통하여 제과 및 제빵, 음료 등 기능성식품으로서의 소재로 점차 이용이 늘고 있지만 여전히 쌀겨에 포함된 영양원에 비하여 다양하게 이용되지 못하고 있다.

무관심 속 방치된 부산물들을 적극적으로 재활용하면 식품의 제조원가도 낮출 수 있고, 자원 재활용 및 에너지 소비도 절감할 수 있기 때문에 긍정적인 부분이 많다. 이를 위해서는 부산물의 식품 소재로서 활용가치가 있는지 우선 선행적으로 영양성분 및 기능성 측면에서 조사가 이루어져야 된다고 본다[17].

기존 원료 대체에 따른 부산물에 대한 정확한 영양적 가치 평가와 기능성 검증이 이루어진다면, 국내 수급이 안정한 식량 자원의 확보를 통해 부산물 처리비용 감소 그리고 환경오염 감소 등의 효과가 있을 것으로 사료된다[18].

따라서 본 연구에서는 식품 가공부산물인 맥주박, 쌀겨, 홍삼박 분말의 영양성분 및 항산화 활성 및 기능성 성분의 함량을 조사하여 산업화하기 위한 기초자료로 제시하고자 한다.

2. 연구 재료 및 방법

2.1 재료 및 시료

맥주박 분말은 현재 국내에서 가장 많은 맥주부산물을 생산하고 있는 오비로부터 공급받아 자사 공장에서 맥주박을 분말화하였으며, 홍삼박 분말은 홍삼제품 판매량이 1위인 KT&G(주)로부터 홍삼농축액을 위해 추출하고 남은 홍삼박을 공급받아 자사 공장에서 분말화 하였다. 쌀겨는 연 매출 150억 이상으로, 미강 부산물이 많이 발생하는 평화영농조합법인(주)으로부터 공급받아 실온에서 보관하면서 재료로 사용하였다. 비교하는 가루로 증력분(대한제분, 곰포밀가루)을 사용하였다.

비오틴 표준품, GABA, NADP+, GABase, Folin-

Ciocalteu's reagents, DPPH (2,2-diphenyl- β -picrylhydrazyl), ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid))는 Sigma-Aldrich 사 (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 이동상으로 사용되는 o-phosphoric acid 85%는 Merck 사(Darmstadt, Germany), acetonitrile은 ThermoFisher Scientific (Portsmouth, NH, USA)에서 구매하여 실험에 사용하였다.

메탄올은 Burdick & Jackson 사(Muskego, MI, USA)에서 구입하였고, 이밖에 사용된 모든 용매 및 시약은 high-performance liquid chromatography (HPLC) 등급을 사용하였다

2.2 시료제조

항산화활성 탐색을 위해 준비한 맥주박 분말, 홍삼박 분말, 쌀겨 분말, 밀가루를 Kim과 Son[16]의 연구 방법을 응용하여 100 mL의 삼각플라스크에 건조 분말 1 g 과 40 mL의 증류수를 가하여 autoclave (Tomy Kogyo, Japan)를 이용 100°C에서 1시간 가열하여 추출 물을 제조하였고, 분석 전 membrane filter를 이용하여 여과 후 분석 시료로 사용하였다. 비교군으로 천연항산화제인 비타민 C (Sigma, USA)와 비타민 E (Sigma, USA)를 사용하여 추출물과 동일한 농도로 항산화활성을 비교하였다.

2.3 영양성분 분석

맥주박, 홍삼박, 쌀겨 분말, 밀가루의 일반성분에 대한 분석은 Association of Official Analytical Chemists 방법(A.O.A.C)[19]에 준하여 실시하였다. 즉, 수분은 상압가열건조법으로 105°C에 2시간 이상 건조하였고, 조단백질은 micro-kjeldahl법을 통해, 조지방은 Soxhlet 추출법, 마지막으로 조회분은 회화법으로 분석하였다. 탄수화물은 각각의 시료별 100 g 중 조지방, 수분, 조회분, 조단백질 함량을 제외한 값으로 나타내었다.

총 식이섬유(Total dietary fiber: TDF) 함량은 효소중량법(enzymatic-bravimetric method)인 AOAC법으로 분석하였다[20]. 즉 건조분말시료를 termamyl (heat stable α -amylase)로 액화시킨 다음, protease 와 amyloglucosidase를 차례로 반응시켜 단백질과 전분을 가수분해 시키고 용액 중의 수용성식이섬유를 에탄올로 침전시켰다. 미리 항량을 구해 놓은 crucible에 이 용액을 감압여과한 다음 잔사를 에탄올과 아세톤으로 세

척, 건조한 후 건조잔사 중의 단백질과 회분의 양을 제외한 건조 전, 후의 무게차로 총식이섬유의 함량을 구하였다.

2.4 비오틴 분석

비오틴 추출 방법은 immunoaffinity column (Easi Extract Biotin, r-Biopharm, Glasgow, UK)을 이용한 Joseph 등[21]의 방법을 변형하여 실시하였다. 균질화된 시료 약 5 g을 칭량하여 추출용액 25 mL를 넣은 후 autoclave를 이용하여 121°C에서 25분간 추출하였다. 추출된 시료는 상온에서 냉각한 뒤 추출용액 25 mL를 가하여 원심분리한 후 Whatman No. 2 (GE Healthcare, Amersham Place, UK)를 이용해 여과하여 사용하였다. 비오틴 분석을 위한 농축 및 정제는 immunoaffinity column (Easi-Extract Biotin, r-Biopharm, Glasgow, UK)을 사용하였다. 그 후 질소농축기(MG-2200, EYELA, Tokyo Rikakikai Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 메탄올을 완전히 제거한 후 3차 증류수 0.5 mL로 재용해하여 HPLC 분석에 사용하였다. 이동상 조건은 0분 A 용매 90%와 B 용매 10%, 21분 C 용매 100%, 29분 A 용매 90%와 B 용매 10%이었다. HPLC 분석에 사용한column은 Kinetex Phenyl-Hexyl (150×4.6 mm, 2.6 μ m, Phenomenex, Torrance, CA, USA)이었고, UV detector를 사용하여 200 nm에서 검출하였다.

2.5 γ -Oryzanol 분석

시료의 γ -oryzanol 함량은 Lilitchan 등[22]에 따라 측정하였다. 시료 1 g을 칭량하여 헥산 4 mL와 8 mL를 각각 넣은 후 vortexing하고 10분간 원심분리하여 상층액을 분리하였다. 상층액의 흡광도 값을 분광광도계 (Thermo Scientific Ltd., Lafayette, CO., USA)를 이용하여 314 nm에서 측정하였다. 표준물질로는 Wako Pure Chemical Industries의 γ -oryzanol을 사용하였으며, 표준 검량선은 3-30 μ g/mL 사이의 값을 사용하였다.

2.6 GABA 분석

시료의 GABA 함량은 Zhang & Bown[23]의 방법을 일부 수정하여 실험하였다. 시료 0.1 g에 메탄올 400 μ L를 넣고 잘 섞은 뒤 water bath에서 약 1시간 동안 건조시켰다. 여기에 70 mM lanthanum chloride 1 mL를 가하여 혼합한 후 원심분리하였다. 원심분리한 상등액 700 μ L를 취하여 1M KOH 160 μ L를 첨가한 후 원심분

리하여 GABA 측정에 이용하였다. GABA 함량 측정은 GABAse를 이용한 효소 측정 방법으로 진행하였고 생성되는 NADPH의 양을 ELISA reader기(Thermo Scientific Ltd., Lafayette, CO, USA)를 이용하여 340 nm에서 측정하였다.

2.7 총사포닌 분석

총사포닌 함량은 Hiai 등[24]의 방법으로 측정하였다. 250 mL 삼각플라스크에 시료 10 g을 넣은 후 증류수 100 mL를 가한 다음 100°C로 조절된 진탕항온수조(HB-205SW, Hanbeak Co., Ltd., Bucheon, Korea)에서 각각 3시간 동안 추출하였다. 추출액은 실온으로 냉각한 후 여과(Whatman No.1, GE Healthcare, Little Chalfont, UK)한 다음 100 mL로 정용하여 분석에 사용하였다. 시료액 100 μ L에 8% vanillin 100 μ L를 가하여 혼합한 후 냉수에서 15분간 방치한 다음 72% H₂SO₄ 1 mL를 가하여 잘 혼합하였다. 항온수조(WB-20M, Jeio Tech Co., Daejeon, Korea)에서 60°C, 20분간 반응시킨 후 실온으로 냉각한 다음 microplate reader(Eon, BioTek Instruments, Inc., Winooski, VT, USA)를 이용하여 흡광도를 544 nm에서 측정하였다. 표준곡선의 검량선 작성은 diosgenin을 사용하였으며, 총사포닌 함량을 μ g diosgenin equivalents(DE)/100 mL로 나타내었다.

2.8 Total polyphenol

총폴리페놀 함량은 Folin-Denis법[25]에 따라 측정하였다(Folin & Denis, 1912). 즉, 추출물 2 mL에 2% Na₂CO₃ 용액 2 mL를 가하여 실온에서 3분간 반응시킨 다음 50% Folin-ciocalteau 용액 0.4 mL를 첨가한 후 실온에서 30분간 방치하였다. 이 반응액의 흡광도를 UV/visible Spectrophotometer (UV-1601, Shimadzu, Tokyo, Japan)를 이용하여 750 nm에서 측정하였다. 총페놀함량을 구하기 위한 표준물질로는 tannic acid를 이용하였고 이로부터 작성한 표준곡선으로부터 열수 및 에탄올 추출물의 총폴리페놀 함량을 계산하였다

2.9 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능 측정

ABTS 라디칼 소거능은 Re 등[26]의 방법을 참고하여 측정하였다.

7.4 mM ABTS 용액과 2.6 mM potassium

persulfate를 혼합 후 상온의 암소에서 12시간 이상 방치하여 ABTS 라디칼을 형성시킨 뒤 735 nm에서 흡광도 값이 1.0이 되게 증류수로 희석하여 사용하였다. 시료 추출물 25 μ L에 희석된 ABTS 용액을 500 μ L 가하여 암소에서 약 30분간 방치하였다. 이후 96-well에 200 μ L씩 옮겨 ELISA reader기를 이용하여 735 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 Blois[27]의 방법을 이용하여 실험을 진행하였다. 시료 추출물 25 μ L에 DPPH 용액 500 μ L를 첨가한 뒤 30분간 암소에 반응시켜 ELISA reader기로 520 nm에서 측정하였다. ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능의 표준물질로 gallic acid를 사용하였으며, mg gallic acid equivalent(GAE)/g residue로 나타내었다.

3. 통계분석

본 연구의 결과 값은 2회 이상 반복하여 실시한 결과이며, 평균±표준편차로 표시하였다. 연구 결과의 통계적인 유의성 검증은 Statistics Package for the Social Science(SPSS, ver. 22.0 for window, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하여 실시하였고, Duncan's multiple range test를 통해 $p < .05$ 수준에서 검증하였다

4. 결과 및 고찰

4.1 영양성분 비교

맥주박, 홍삼박, 쌀겨 가루와 밀가루의 수분함량과 영양성분 분석 결과는 <Table 1>과 같다. 맥주박 가루의 일반성분은 수분 4.32%, 조단백 20.62%, 조지방 9.53%, 조회분 3.30%, 탄수화물 62.23%, 식이섬유 46.52%로 나타났다. 홍삼박 가루의 일반성분은 수분 7.26%, 조단백 12.98%, 조지방 2.98%, 조회분 4.79%, 71.99%, 식이섬유 40.67%로 나타났다. 쌀겨 가루의 일반성분은 수분 8.22%, 조단백 13.3%, 조지방 20.8%, 조회분 7.98%, 탄수화물 49.7%, 식이섬유 21.0%로 나타났다. 밀가루의 일반성분은 수분 11.61%, 조단백 10.34%, 조지방 1.01%, 조회분 0.40%, 탄수화물 76.64%, 식이섬유 2.70%로 나타났다. 일반성분을 비교해 보았을 때, 수분은 맥주박 가루, 홍삼박 가루, 쌀겨 가루, 밀가루 순으로 높아졌으며($p < .05$), 탄수화물은 쌀겨 가루, 맥주박 가

Table 1. General Nutritional composition and Dietary Fiber content(%) of Brewer's Spent-Grain, Red ginseng by-product, Rice bran and Wheat flour

Composition	Sample			
	Brewer's Spent-Grain powder	Red Ginseng by-product powder	Rice Bran powder	Wheat flour
Moisture	4.32±0.23 ^{c2)}	7.26±3.01 ^b	8.22±2.24 ^b	11.61±1.34 ^a
Carbohydrate ¹⁾	62.23±2.17 ^a	71.99±9.76 ^{a3)}	49.7±5.31 ^b	76.64±2.17 ^a
Crude protein	20.62±3.39 ^a	12.98±1.77 ^b	13.3±3.06 ^b	10.34±2.51 ^b
Crude Fat	9.53±1.48 ^b	2.98±0.61 ^c	20.8±5.12 ^a	1.01±0.09 ^c
Crude Ash	3.30±1.81 ^b	4.79±0.38 ^b	7.98±1.49 ^a	0.40±0.09 ^c
Total Fiber	46.52±5.14 ^a	40.67±4.32 ^a	21.0±4.52 ^b	2.70±0.07 ^c

¹⁾Carbohydrate = 100 - (moisture + crude protein + crude fat + crude ash)

²⁾Mean±SD; ³⁾Values with different superscripts within the row are significantly different at a=0.05 by Duncan's multiple range test ;

⁴⁾ND: not detected.

루, 밀가루, 홍삼박 가루 순으로 높아졌다($p < .05$). 조단백은 밀가루, 홍삼박 가루, 쌀겨 가루, 맥주박 가루 순으로 높아졌다($p < .05$). 조지방은 밀가루, 홍삼박 가루, 맥주박 가루, 쌀겨 가루 순으로 높아졌다($p < .05$). 식이섬유는 밀가루, 쌀겨 가루, 홍삼박 가루, 맥주박 가루 순으로 높아졌다($p < .05$). 의약품 식품 소재로 홍삼박 가루의 사용가능성에 대한 연구에서[28], 홍삼박 가루의 조단백, 조지방 및 조회분, 탄수화물의 함량은 각각 12.0%, 10.0%, 3.7%, 67.4%로 나타났다.

총 식이섬유의 함량은 32.3%이고 그 중 불용성 식이섬유가 26.3%, 수용성 식이섬유소가 6.0%로 나타났다.

본 연구에서의 홍삼박 가루 조단백 함량과는 거의 비슷한 수준으로 나타났으며, 수분함량은 Park과 Kim[29]의 연구에서는 6.9%로 본 연구의 7.26%와는 다소 차이가 있는 것으로 나타났다. 이러한 차이는 Park과 Kim[29]의 연구에서는 60°C에서 12시간 건조 후에 바로 사용했으며, 본 연구에서는 홍삼박 분말을 실온 보관하면서 사용시 공기중의 수분을 흡수해서 나타난 것이라고 생각된다.

4.2 Biotin 함량 비교

비오틴(biotin)은 비타민 B군으로 분류되는 수용성 비타민으로 대부분의 식품에 미량 존재하며, 포유류에서 비오틴은 지방산 합성, 아미노산 대사 및 포도당 생성에서 필수적인 보조 인자 역할을 한다고 알려져 있다[30]. 비오틴은 장내 박테리아에 의해 합성되기 때문에 비오틴 결핍은 흔하게 일어나지는 않지만 결핍 시 피로, 식욕 감퇴, 우울증, 근육통 등의 이상을 보인다고 알려져 있다[31]. 본 연구에서는 맥주박 가루, 홍삼박 가루, 쌀겨 가루, 밀가루의 비오틴 함량을 알아보기 위하여 HPLC를 이용하여 분석을 진행하였고, 이에 대한 분석 결과는 <Table 2>에 나타내었다.

본 연구 결과 쌀 생것을 도정한 쌀겨(9.67 µg/100 g)에서 비오틴 함량이 가장 높게 나타났다. 맥주박 가루(0.66 µg/100 g)는 비오틴 함량이 매우 소량으로 나타났으며 홍삼박 가루의 경우 검출이 되지 않았다. 이는 Kim 등[32]의 연구에서처럼 귀리 생것의 비오틴 함량(5.038 µg/100 g)이 조리한 후의 밥(0.105 µg/100 g)과 죽(ND)에 비해서 매우 높게 나타났음을 통해서 비오틴은 가열 후에 감소하는 것을 알 수 있었다. 특히 현미

Table 2. γ -Oryzanol, GABA and Biotin contents in Brewer's Spent-Grain, Red ginseng by-product, Rice bran and Wheat flour

Sample	γ -Oryzanol (mg/100 g)	GABA (mg/100 g)	Biotin (µg/100 g)
Brewer's Spent-Grain powder	¹⁾ 2.19±0.61	0.24±0.01 ^{b2)}	0.66±0.03
Red Ginseng by-product powder	ND ³⁾	0.45±0.02 ^{ab}	ND
Rice Bran powder	32.3±2.30	0.71±0.07 ^a	9.67±2.11
Wheat flour	1.44±0.62	0.24±0.01 ^b	ND

¹⁾Mean±SD; ²⁾Values with different superscripts within the column are significantly different at a=0.05 by Duncan's multiple range test ;

³⁾ND: not detected.

생것에서는 0.875-2.723 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 의 범위의 비오틴 함량을 보였고, 조리를 한 밥의 경우 비오틴 함량이 19-52%까지 감소한 것으로 나타났다. 생 보리의 비오틴 함량은 1.025-1.184 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ 로 나타났으며, 보리밥 조리 후 비오틴 함량이 약 52-66%가 감소하는 경향을 보였다. Gropper 등[33]에 따르면 비오틴은 주로 열에 안정한 특성을 가져 다른 수용성 비타민에 비하여 조리 중 손실이 적다고 알려져 있다. 그러나 높은 온도로 조리 시 수세와 침지 과정은 미네랄과 비타민의 용출로 함량이 감소한다고 보고되어 있다[34].

본 연구 결과, 이미 가열과정을 거친 후 사용 되어진 맥주박 가루, 홍삼박 가루에 비해서 가열과정이 전혀 없이 실험재료를 사용된 쌀겨 가루의 비오틴 함량이 유의적으로 높은 편으로 비오틴의 급원식품으로 가치가 높은 것으로 판단된다.

4.3 γ -Oryzanol 함량 비교

감마오리자놀은 쌀겨나 쌀겨 기름으로부터 만들어지는 지방물이다[32]. 이는 지방산이나 오일에 대한 항암작용이 우수하여 과산화 지질의 생성을 억제 시켜주며 자외선에 의한 홍반이나 염증치유에 효과가 우수한 물질이다. 또한 혈관운동을 증가시키고 혈압저하작용과 신장기능활성화작용, 간 기능 증대작용, 비만 방지작용, 에너지 대사 촉진작용 등이 보고되고 있다[35]. 특히 화장품을 만들었을 경우 과산화지질층을 파괴하는 강력한 효능으로 기미, 잡티 등이 제거되는 미백효과와 노화방지 효과를 동시에 느낄 수 있으며 건조하고 주름진 부위에 집중적으로 공급하므로 기능이 저하되어 가는 지방 샘에 활력을 주어 보습 작용, 촉촉한 피부로 가꿔지게 된다[32]. 그밖에 아토피성 피부염, 노인성 소양증에도 좋은 효과를 보여주고 있다[36]. 감마오리자놀은 다이어트식품이나 노인들의 치매예방건강식품, 수험생을 위한 기억력 증진, 불면해소 등의 효과를 가진 건강보조식품으로서의 개발이 가능하며, 미백화장품, 항암제, 염증 치료제 같은 피부연고제, 아토피성피부전용 화장품이나 피부 약한 어린이의 유아 스킨케어, 속취제거 음료 등에 사용 및 응용이 가능하다. 실험한 재료중에서 쌀겨 가루의 감마오리자놀 함량이 32.3 $\text{mg}/100\text{ g}$ 로 가장 높게 나타났으며, 홍삼박 가루와 밀가루에는 나타나지 않았다. 감마오리자놀은 가열할 경우 점점 그 양이 감소한다고 알려져 있으며[37], 본 연구결과에서 나타난 것처럼 가열하지 않고 수거하는 쌀겨의 경우 맥주박, 홍삼박 가루에 비해서 그 양이 높을 수밖에 없다고 생각된다.

Kim 등[32]의 연구에 의하면 현미 생것에는 γ -oryzanol의 함량이 160.694-238.566 $\text{mg}/100\text{ g}$, 귀리 생것에는 78.099 $\text{mg}/100\text{ g}$ 로 나타났다. γ -Oryzanol은 steryl과 ferulic acid의 triterpenyl ester 화합물로 강력한 항산화제이며, 산화적 스트레스로 인한 퇴행성 질환을 줄이는 데 효과적이다[35]. 뿐만 아니라 이는 혈장 콜레스테롤과 중성지방의 수준을 감소시키고 콜레스테롤의 생합성 감소를 통해 동맥 경화증을 예방하는 것으로도 알려져 있다[36]. Srichamnong 등[37]에 의하면 쌀 조리 시 물은 호화 과정에서 중요한 요인이며, 조리 시 과도한 물은 조리수로 γ -oryzanol의 침출을 야기하여 γ -oryzanol의 함량이 감소할 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서도 감마오리자놀의 함량이 쌀겨에 비해서 맥주박 가루, 홍삼박 가루의 경우 나타나지 않거나 매우 적은 함량을 보이는 이유는 맥주박의 경우 당화와 호화과정을 고온에서 거친 후에 부산물로 수거해온다는 점과 홍삼박의 경우 열수추출을 통한 약용 생리활성 물질을 추출한 이후에 수거해온다는 점에서 감소할 수밖에 없는 환경에 노출되었기 때문이라고 생각된다.

4.4 GABA 함량 비교

감마아미노낙산(GABA)은 비단백계 구성 아미노산으로 뇌에서 억제성 신경전달물질(inhibitory neurotransmitter)로 알려져 있으며 녹차, 생강, 배추, 보리 등에 많은 양이 존재한다[38]. GABA는 혈중 콜레스테롤, 중성지방의 증가억제, 혈당 상승 억제, 항비만 작용, 알콜대사촉진 작용, 감정 및 불안 장해 해소, 뇌졸중 후유증 개선 작용, 성장호르몬 분비 촉진 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있다[39-42]. GABA 함량은 쌀겨 가루에서 0.71 $\text{mg}/100\text{ g}$ 로 다른 맥주박 가루, 홍삼박 가루, 밀가루에 비해서 높게 나타났다($p < .05$).

Kim 등[32]의 연구에서도 곡류 생것의 GABA 함량은 0.117-6.403 $\text{mg}/100\text{ g}$ 범위에서 나타났으며, 밥과 죽 조리 시에는 GABA 함량이 감소한 것처럼 본 연구에서도 가열한 이후에 수거한 맥주박 가루와 홍삼박 가루의 경우 전혀 없이 쌀을 도정하여 나온 부산물인 쌀겨 가루에 비해서 매우 낮았거나 검출이 되지 않은 것으로 보여졌다.

Oh 등[1]은 열수추출한 맥주박의 기능성 성분을 조사하였는데, 그 중에 GABA가 맥주박에 포함되고 있다는 것을 밝혔다. GABA는 혈압강하, 당뇨병 예방, 불안증 및 우울증 완화 등과 같은 효과를 나타내는 기능성 성분으로 알려져 있다[43]. 식물체에서 L-glutamic acid로

부터 glutamate decarboxylase의 촉매작용에 의한 탈탄산 과정을 통해 GABA가 생합성될 수 있으며 보리와 벼와 같은 곡물의 경우 발아과정 중 GABA 함량이 증가한다고 보고되어 있다[44]. Waters 등[6]은 맥아를 이용하여 맥주 제조 시 BSG(Brewery Spent Grain)의 총단백질 함량은 22.13%이며 그 중 GABA 함량이 0.26%를 차지하고 있다고 보고하여 맥주 당화과정 이후에도 상당량의 GABA 성분이 잔존하고 있음을 보여주었는데 본 연구에서도 비슷한 결과를 보였다. 보리의 싹이라는 뜻의 맥아는 양조 분야 특히 맥주 가공에 사용되어지는 것으로 맥주박은 이를 호화, 당화 후에 나온 부산물로 원래는 발아과정의 맥아에 GABA함량이 높을 것[45]으로 예상되어지나 고온의 호화, 당화를 거쳐 상대적으로 쌀겨보다 함량이 적게 나타난다고 생각된다. 특히 맥주는 45~78°C의 중온 범위에서 총 2시간 정도의 당화가 이루어지므로 이 과정 중 상당량의 맥아와 GABA 성분이 추출되었을 것으로 생각된다.

4.5 총사포닌 함량 비교

사포닌의 종류에 따라 효능이 다르며, 항당뇨[46], 항스트레스[47], 항산화[48], 항암[49], 간 기능 보호[50], 항 피로[51], 노화 방지[52] 등이 있다. 본 연구에서는 맥주박 가루, 홍삼박 가루, 쌀겨 가루, 밀가루의 사포닌 함량을 비교하였고, 사포닌의 종류에 대해서 비교한 결과는 <Table 3>에 나타나있다. 총사포닌의 함량을 비교했을 때, 쌀겨 가루가 118.07 mg/g으로 가장 많이 나타났으며, 그 다음 순으로 홍삼박 가루(54.0 mg/g), 맥주박 가루(32.9 mg/g)로 나타났다($p < .05$).

진세노사이드(Ginsenoside)는 천연 스테로이드 글리코사이드이자 트라이테펜 사포닌의 일종으로 이 계열의 화합물은 인삼 속에 속하는 식물 속에서 많이 발견되며, 인삼 화합물에 대한 약리학적 연구에서 주요 성분으로

지목된다[53]. 그 중에서 홍삼에 많이 들어있는 진세노사이드 성분 중 면역력 강화, 피로회복, 항암 등의 효과를 내는 핵심성분인 Rg1, Rb1, Rg3의 총합을 살펴보았다. Rg1은 중추신경 흥분 작용, 항피로 작용, 피로회복 작용, 기억, 학습기능 개선 작용, DNA·RNA 합성촉진 작용, 프라스민 활성화 작용 등을 하며, Rb1은 중추신경 억제 작용, 최면 작용, 진통 작용, 정신안정 작용, 해열 작용, 혈청 단백질 합성 촉진 작용, 증성지방분해 억제, 합성촉진(인슐린유사)작용, 콜레스테롤 생합성 촉진 작용, 프라스민 활성화 작용, RNA 합성촉진 작용, 호르몬 분비촉진작용 등을, Rg3은 암세포 전이억제 작용을 한다[54].

인삼에 들어있는 사포닌과 식물에 들어있는 사포닌을 구별하기 위해서 진세노사이드라는 이름을 명명했는데 본 연구에서도 맥주박, 쌀겨 가루에서는 진세노사이드가 거의 나오지 않았고, 홍삼박 가루에서만 진세노사이드가 검출됨을 알 수 있었다. 하지만 양이 상당히 적은 이유는 Li 등[53]의 연구에 의하면 홍삼을 열수추출에 의해서 진세노사이드가 대부분 추출되기 때문에 본 연구에 사용되는 홍삼박 가루의 경우 진세노사이드가 매우 적음을 알 수 있었다. 특히 Choi 등[55]은 고온처리에서 Rb1 성분이 검출되지 않은 이유는 Rb1이 열에 매우 불안정하기 때문이라고 하였으며, 홍삼박 가루의 경우 0.13 mg/g으로 약간 함유하고 있는 것으로 나타나 본 연구 결과와 비슷한 결과를 보였다. 또한 Yang 등[56]은 93°C에서 72시간 추출한 홍삼액은 Rb1, Rb2, Rc, Re가 검출되지 않았다고 하였으며, Rg2, Rg3, Rh1 등 prosapogenin 함량은 높은 온도에서도 높은 함량을 보였다.

본 연구에서도 홍삼을 열수추출한 후에 남은 홍삼박 가루의 Rg3가 3.83 mg/g, 맥주박 가루와 쌀겨 가루의 사포닌 함량이 각각 32.9 mg/g, 118.07 mg/g 되는 것으로 부산물에 유효성분이 많아 이를 이용한 식품제조 및 산업화에 기능적으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

Table 3. Saponin contents in Brewer's Spent-Grain, Red ginseng by-product, Rice bran and Wheat flour

Sample	Crude Saponin (mg/g)	Ginsenoside (mg/g)			
		Ginsenoside-Rg1	Ginsenoside-Rb1	Ginsenoside-Rg3	Total
Brewer's Spent-Grain powder	¹⁾ 32.9±3.29 ^{b2)}	ND ³⁾	ND	ND	ND
Red Ginseng by-product powder	54.0±1.13 ^b	ND	0.13±0.01	3.70±0.12	3.83±0.13
Rice Bran powder	118.07±17.13 ^a	ND	ND	ND	ND
Wheat flour	1.16±0.10 ^c	ND	ND	ND	ND

¹⁾Mean±SD; ²⁾Values with different superscripts within the column are significantly different at a=0.05 by Duncan's multiple range test; ³⁾ND: not detected.

Table 4. Effects of DPPH radical scavenging activity, ABTS radical scavenging activity and total polyphenol contents of Samples

Sample	DPPH radical scavenging activity(%)	ABTS radical scavenging activity(%)	Total polyphenol($\mu\text{g}/\text{mL}$)
Brewer's Spent-Grain powder	¹⁾ 82.2 \pm 0.12 ^{ab}	38.2 \pm 5.87 ^{b2)}	443.9 \pm 17.6 ^a
Red Ginseng by-product powder	81.3 \pm 0.31 ^{ab}	21.8 \pm 3.14 ^c	110.5 \pm 5.11 ^b
Rice Bran powder	75.6 \pm 1.01 ^b	14.5 \pm 2.56 ^{cd}	74.4 \pm 1.31 ^b
Wheat flour	27.2 \pm 0.89 ^c	11.6 \pm 1.64 ^{cd}	8.9 \pm 1.09 ^c
Vitamin C	94.6 \pm 0.43 ^a	51.5 \pm 0.38 ^a	ND ³⁾
Vitamin E	89.6 \pm 0.45 ^a	35.6 \pm 0.19 ^b	ND

¹⁾Mean \pm SD; ²⁾Values with different superscripts within the column are significantly different at $\alpha=0.05$ by Duncan's multiple range test ; ³⁾ND: not detected

4.6 DPPH, ABTS radical 소거능 및 총 폴리페놀 함량

DPPH는 짙은 자주색을 나타내며 그 자체가 질소 중심의 라디칼로서 비교적 안정한 라디칼을 갖는 물질이며 항산화제, 방향족 아민류 등에 의해 환원되어 색이 탈색 되는데 이것은 지방질 산화를 억제시키는 척도로 사용되고 있을 뿐만 아니라 인체내에서 활성 라디칼에 의한 노화 억제 작용을 척도로 이용되고 있다[32]. DPPH는 파장 517 nm에서 흡광도를 나타내며 산화억제 물질이 첨가되면 환원력에 의해 흡광도가 감소한다.

맥주박 가루, 홍삼박 가루, 쌀겨 가루, 밀가루의 항산화능 탐색결과는 <Table 4>와 같다. 각 시료 추출액의 항산화능과 비교하기 위해 천연항산화제인 비타민 C와 비타민 E를 사용하여 동일한 조건으로 실험하였다. 분석 결과 DPPH는 맥주박 가루(82.2%), 홍삼박 가루(81.3%), 쌀겨 가루(75.6%)가 밀가루(27.2%)에 비하여 48.4%~55% 정도 유의적으로 높은 값을 보였으며 ($p<.05$), 비타민 C(94.6%)와 비타민 E(89.6%)보다 다소 낮은 경향을 보였다.

ABTS radical 소거 활성은 ABTS와 potassium persulfate를 암소에서 반응시키면 ABTS 양이온이 생성이 되며, 항산화 시료와 만나게 되면 청록색이 투명하게 변한다. ABTS는 지용성, 수용성 항산화 활성 물질을 모두 사용 가능한 항산화 측정 방법으로 잘 알려져 있다 [57]. 분말의 ABTS 소거능은 맥주박가루(38.2%), 홍삼박 가루(21.8%), 쌀겨 가루(14.5%)로 밀가루(11.6%)에 비하여 2.9%~26.6% 정도 유의적으로 높은 값을 보였으며($p<.05$), 홍삼박 가루, 쌀겨 가루, 밀가루는 비타민 C(51.5%)와 비타민 E(35.6%)보다 다소 낮은 경향을 보였으며, 맥주박 가루의 경우 비타민 E보다 약간 높은 소

거능을 보였으나 유의적인 차이는 나지 않았다. Jung 등 [58]의 연구에서 천연 항산화제인 비타민 C의 ABTS radical 소거능이 40.05%의 활성을 보였고, 비타민 E는 28.42%의 radical 소거능을 보여 모시대 분말속에 다량의 radical 소거활성 물질이 다량 들어있음을 알 수 있는데, 이런 항산화능을 갖고 있는 식품은 면역력의 증진, 질병의 예방이나 회복, 노화억제 등 신체조절 기능을 갖는 기능성 식품으로서 이용될 수 있음을 알 수 있다. 따라서 이러한 소거능을 가지고 있는 홍삼박 가루, 맥주박 가루, 쌀겨 가루를 이용한 기능성 식품은 이용가능하다고 판단되어진다.

총폴리페놀화합물 함량의 경우 맥주박 가루가 443.9 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 로 홍삼박 가루, 쌀겨 가루, 밀가루에 비해서 높게 나타났으며($p<.05$), 밀가루에 비해서 약 50배 높게 나타남을 알 수 있었다. 따라서 맥주박 가루, 홍삼박 가루, 쌀겨 가루를 이용하여 밀가루를 원료로 사용하는 식품제조에 기능적으로 대체 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 요약 및 결론

본 연구는 식품 가공부산물인 맥주박, 쌀겨, 홍삼박 가루의 영양성분, 항산화활성, 기능성 성분을 조사하였다. 일반성분을 분석한 결과 맥주박 가루는 홍삼박 가루, 쌀겨, 밀가루에 비해서 단백질과 식이섬유가 가장 높게 나타났으며, 특히 밀가루보다 각각 약 2배, 23배 높게 나타났다. 비오틴 함량 분석결과 쌀 생것을 도정한 쌀겨 (9.67 $\mu\text{g}/100\text{g}$)에서 비오틴 함량이 가장 높게 나타났다. 맥주박 가루(0.66 $\mu\text{g}/100\text{g}$)는 비오틴 함량이 매우

소량으로 나타났으며 홍삼박 가루의 경우 검출이 되지 않았다.

γ -Oryzanol은 쌀겨 가루의 감마오리지놀 함량이 32.3 mg/100 g로 가장 높게 나타났으며, 홍삼박과 밀 가루에는 나타나지 않았다. GABA는 맥주박, 홍삼박, 쌀겨 가루, 밀가루에 모두 존재하였고, 쌀겨 가루에서 0.71 mg/100 g로 다른 맥주박 가루, 홍삼박 가루, 밀가루에 비해서 높게 나타났다. 총사포닌은 쌀겨 가루가 118.07 mg/g으로 가장 많이 나타났으며, 그 다음순으로 홍삼박 가루(54.0 mg/g), 맥주박 가루(32.9 mg/g), 밀가루(1.16 mg/g)로 나타났다. 또한 총폴리페놀 함량은 맥주박 가루가 443.9 μ g/ mL로 홍삼박 가루, 쌀겨 가루, 밀가루에 비해서 높게 나타났으며, 밀가루에 비해서 약 50 배 높게 나타남을 알 수 있었다. DPPH 라디칼 소거능은 각각 맥주박 가루(82.2%), 홍삼박 가루(81.3%), 쌀겨 가루(75.6%), 밀가루(27.2%)로 나타났으며, ABTS 소거능은 맥주박 가루(38.2%), 홍삼박 가루(21.8%), 쌀겨 가루(14.5%), 밀가루(11.6%)로 나타났다.

본 연구 결과를 통해 식품가공부산물인 맥주박, 홍삼박, 쌀겨 가루의 영양성분, 항산화 활성, 기능성 성분을 이용한 식품 제조에 활용할 수 있으며 이를 이용한 산업화에 기초자료로 활용할 수 있을 것이라고 기대해본다.

References

- [1] S.H. Oh, B.G. Jeong, & J.Y. Chun, "Nutritional and Functional Properties of Water Extracts from *Achyranthes japonica* Nakai-Rice Pilsner Byproducts", *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol.46, No.2, pp.185-195, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.3746/jkfn.2017.46.2.185>
- [2] M.H.Song, H.S.Lee, K.H.Park, "Brewers' Dried Grain as a Feed Additive for the Korean Rhinoceros Beetle, *Allomyrina dichotoma*", *Journal of Life Science*, Vol.28, No.12, pp.1501-1506, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.5352/ILS.2018.28.12.1501>
- [3] S.H.Choi, S.Hwangbo, S.W. Kim, Y.M.Cho, Y.H.Yoo, T.I.Kim, M.J.Kim, S.M.Lee, C.W.Choi, B.B. Seo, I.H.Jo, S.G.Hong, "Effects of fermented feed with agricultural by-products on the growth performance and nutrients utilization in fattening Korean black goats", *Journal of The Korean Society of Grassland and Forage Science*, Vol.32, No.1, pp.49-58, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.5333/KGFS.2012.32.1.49>
- [4] G.M.Chu, H.Y.Kim, J.H.Ha, J.M.Yang, B.S.Yang, C.J.Park, Y.M.Song, "Agricultural and marine by-products fermented diet and its economic value in pig", *Journal of Agriculture & Life Science*, Vol. 46, No.3, pp.59-68, 2012.
- [5] Nocente, F., Taddei, F., Galassi, E., Gazza, L. "Upcycling of brewers' spent grain by production of dry pasta with higher nutritional potential", *LWT - Food Science and Technology*, Vol. 114, No. 1, pp. 108-421, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108421>
- [6] Waters, D.M, Jacob, F., Titze, J, Arendt, E.K., Zannini, E., "Fibre, protein and mineral fortification of wheat bread through milled and fermented brewer's spent grain enrichment", *European Food Research and Technology*, Vol.235, No.5, pp. 767-778, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00217-012-1805-9>
- [7] J.K. Hong, M.H.Bong, J.C.Park, H.K.Moon, S.C.Lee, J.H.Lee, "Effect of feeding red ginseng marc on vital reaction in laying hens under stress task", *Korean Journal of Poultry Science*, Vol.39, No.1, pp.63-70, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.5536/KJPS.2012.39.1.063>
- [8] K.Y.Nam, "The comparative understanding between red ginseng and white ginsengs, processed ginsengs (*Panax ginseng* CA Meyer)", *Journal of Ginseng Research*, Vol.29, No.1, pp.1-18, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.5142/JGR.2005.29.1.001>
- [9] Y.M.Jung, H.S.Oh, S.T.Kang, "Quality Characteristics of Muffins Added with Red Ginseng Marc Powder", *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, Vol.44, No.7, pp.1050-1057, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.3746/jkfn.2015.44.7.1050>
- [10] I.J.Han, M.Y.Kim, S.S.Chun, "Characteristics of Dough with Red Ginseng Marc Powder", *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, Vol.17, No.3, pp.371-378, 2007.
- [11] I.J.Han, R.Y.Kim, Y.M.Kim, C.B.Ahn, D.W.Kim, K.T.Park, S.S.Chun, "Quality Characteristics of White Bread with Red Ginseng Marc Powder", *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, Vol.17, No. 2, pp.242-249, 2007.
- [12] Y.R.Park, I.J.Han, M.Y.Kim, S.H.Choi, D.W.Shin, S.S.Chun, "Quality Characteristics of Sponge Cake Prepared with Red Ginseng Marc Powder", *Korean Journal of Food and Cookery Science*, Vol.24, No.2, pp.236-242, 2008.
- [13] I.S.Suh, H.J.Lee, A.R.Jeon, Y.H.Jung, M.R.Jeong, M.R.Choi, K.M.Cho, H.J.Ko, E.K.Ahn, J.S.Oh, "Study on the exfoliant and cleansing effects of scrub gel using red ginseng residue", Abstract No O-2 presented at 6th Biannual Meeting of the Korean Society of Plant Resources. Jecheon, Korea, 2012.
- [14] J.H.Choi, C.M.Kim, I.H.Choi, "A Study on Improving Egg Freshness Using Red Ginseng Marc Powder to Laying Hens -A Field Study-", *Journal of Environmental Science International*, Vol.24, No.9, pp.1233-1237, 2015.

- [15] M.S.Kwon, M.H. Lee, "Quality Characteristics of Sponge Cake added with Rice Bran Powder", *The Korean Journal of Culinary Research*, Vol. 21, No. 3, pp. 168-180, 2015.
- [16] A.J.Kim, E.S.Son, "Manufacturing and Evaluation of Inner Beauty Food (Mosidae Yanggaeng) Using Adenophora Remotiflora Powder", *Journal of Food Science*, Vol. 10, No.3, pp.717-724, 2012.
- [17] J.K.Park, C.H.Kim, "Nutritional evaluation of imported organic feeds and locally produced agricultural by-products for organic ruminant farming", *Korean Journal of Organic Agriculture*, Vol.19, No.4, pp.513-28, 2011.
- [18] D.K. Yoo, "Effects of red ginseng byproduct on growth performance, rumen fermentation and blood metabolism in heat stressed fattening Hanwoo steers", Master's Thesis, Pusan National University, 2021.
- [19] AOAC, "Official Methods of Analysis. 14th ed. Association of Official Analytical Chemists", Washington, DC, USA, pp. 878, 1984.
- [20] S.H.Park, W.J.Kim, "Study of Hongsambak for Medicinal Foods Applications -Nutritional Composition, Antioxidants Contents and Antioxidative Activity-", *Korean Journal of Oriental Physiology and Pathology*, Vol.20, No.2, pp.449-454, 2006.
- [21] Joseph G, Devi R, Marley EC, Leeman D., "Determination of biotin by liquid chromatography coupled with immuno affinity column cleanup extraction: Single laboratory validation", First action 2016. 02. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, Vol.99, No.1, pp.1110-1112, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.5740/jaoacint.16-0155>
- [22] Lilitchan S, Tangprawatt C, Aryasuk K, Krisnangkura S, Chokmoh S, Krisnangkura K., "Partial extraction method for the rapid analysis of total lipids and γ -oryzanol contents in rice bran", *Food Chemistry*, Vol.106, No.2, pp.752-759, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.06.052>
- [23] Zhang D, Bown AW., "The rapid determination of γ -aminobutyric acid", *Phytochemistry*, Vol.44, No.6, pp.1007-1009, 1997.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(96\)00626-7](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(96)00626-7)
- [24] Hiai S, Oura H, Nakajima T., "Color reaction of some sapogenins and saponins with vanillin and sulfuric acid", *Planta Medica*, Vol.29, No.2, pp. 116-122, 1976.
DOI: <https://doi.org/10.1055/s-0028-1097639>
- [25] Folin O, Denis W., "A Colorimetric Method for the Determination of Phenols (and Phenol Derivatives) in Urine", *Journal of Biological Chemistry*, Vol.22, No.2, pp.305-308, 1915.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)87648-7](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)87648-7)
- [26] Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice Evans C., "Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay", *Free Radical Biology and Medicine*, Vol.26, No.9, pp.1231-1237, 1999.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- [27] Blois MS., "Antioxidant determinations by the use of a stable free radical", *Nature*, Vol.181, No.4617, pp.1199-1200, 1958.
DOI: <https://doi.org/10.1038/1811199a0>
- [28] S.H.Park, W.J.Kim, "Study of Hongsambak for Medicinal Foods Applications-Nutritional Composition, Antioxidants Contents and Antioxidative Activity-", *Korean Journal of Oriental Physiology and Pathology*, Vol.20, No.2, pp.449-454, 2006.
- [29] Y.J.Ha, S.K.Kim, S.E.Yoo, S.K.Yoo, S.H.Park, W.J.Kim, "Separation and Purification of Antioxidant Activity Acidic Polysaccharide from Red Ginseng Marc", *Journal of Oil and Applied Science*, Vol. 34, No. 4, pp.915~923, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.12925/jkocs.2017.34.4.915>
- [30] Pacheco-Alvarez D, Solórzano-Vargas RS, Del Río AL., "Biotin in metabolism and its relationship to human disease", *Archives of Medical Research*, Vol.33, No. 5, pp.439-447, 2002.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0188-4409\(02\)00399-5](https://doi.org/10.1016/S0188-4409(02)00399-5)
- [31] Zempleni J, Mock D. "Biotin biochemistry and human requirements", *Journal of Nutritional Biochemistry*, Vol.10, No.3, pp.128-138, 1999.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(98\)00095-3](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(98)00095-3)
- [32] D.Y. Kim, S.H. Lee, Y.M. Choi, Y.H. Kim, "Changes in Content of Functional Components and Antioxidant Activity in Cooked Rice and Porridge of Selected Grains", *Journal of The Korean Society of Food Culture*, Vol.36, No. 2, pp. 226-234, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.7318/KJFC/2021.36.2.226>
- [33] Gropper SS, Smith JL, Carr TP. "Advanced nutrition and human metabolism", 7th ed. Wadsworth Cengage Learning, USA, pp.335-341, 2018.
- [34] Liu K, Zheng J, Wang X, Chen F. "Effects of household cooking processes on mineral, vitamin B, and phytic acid contents and mineral bioaccessibility in rice", *Food Chemistry*, Vol.280, No.15, pp.59-64, 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.053>
- [35] Xu Z, Hua N, Godber JS., "Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols, and γ -oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2'-azobis (2-methylpropionamide) dihydrochloride", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol.49, No.4, pp.2077-2081, 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1021/jf0012852>
- [36] Rukmini C, Raghuram TC. "Nutritional and biochemical aspects of the hypolipidemic action of rice bran oil: a review", *Journal of The American College of Nutrition*, Vol.10, No.6, pp.593-601, 1991.
DOI: <https://doi.org/10.1080/07315724.1991.10718181>
- [37] Srichamnong W, Thiyajai P, Charoenkiatkul S. "Conventional steaming retains tocopherols and γ -oryzanol

- better than boiling and frying in the jasmine rice variety Khao dok mali 105", *Food Chemistry*, Vol.191, No. 15, pp.113-119, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.027>
- [38] S.L. Kim, Y.K.Son, J.R.Son, H.S.Hur, "Effect of Germination Condition and Drying Methods on Physicochemical Properties of Sprouted Brown Rice", *Korean Journal of Crop Science*, Vo.46, No. 3, pp. 221-228, 2001.
- [39] Ohtsubo K, Suzuki K, Yasui Y, Kasumi T. "Bio-functional components in the processed pre-germinated brown rice by a twinscrew extruder", *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol.18, No.4 , pp.303-316, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2004.10.003>
- [40] S.K.Oh, J.H.Lee, M.R.Yoon, D.J.Kim, D.H.Lee, I.S.Choi, J.S.Lee, I.H.Kim, J.S.Lee, "Physicochemical Properties of Germinated Brown Rice", *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition.*, Vol. 41, No.7, pp. 963-969, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.3746/jkfn.2012.41.7.963>
- [41] S.D.Lim, K.S.Kim, "Effects and Utilization of GABA", *Korean journal of dairy science and technology*, Vol.27, No. 1, pp.45-51, 2009.
- [42] H.I.Oh, J.E.Hoff, "pH dependence of complex between condensed tannins and proteins", *Journal of Food Science*, Vol. 52, No.5, pp.1267-1269, 1987.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb14059.x>
- [43] H.J.Chung, S.H.Jang, H.Y.Cho, S.T.Lim, "Effects of steeping and anaerobic treatment on GABA(γ -aminobutyric acid) content in germinated waxy hull-less barley", *LWT - Food Science and Technology*, Vol.42, No.10 pp.1712-1716, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.04.007>
- [44] S.H.Moon, K.B.Lee, M.K.Han, "Comparison of GABA and vitamin contents of germinated brown rice soaked in different soaking solution", *Korean Journal of Food Nutrition*, Vol.23, No. 4, pp.511-515, 2010.
- [45] M.N.Cha, H.I.Jun, G.S.Song, Y.S.Kim, "The Effects of Germination Conditions on GABA and the Nutritional Components of Barley", *Korean Journal of Food Science and Technology*, Vol.44, No.1, pp.41-47, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.9721/KJFST.2012.44.1.041>
- [46] Yokozawa, T., Kobayashi, T., Oura, H., Kawashima, Y. , "Studies on the mechanism of the hypoglycemic activity of ginsenoside-Rb2 in streptozotocin-diabetic rats", *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, Vol. 33, No. 2 , pp.869-872, 1985.
DOI: <https://doi.org/10.1248/cpb.33.869>
- [47] I.K.Jung, S.Y.Lee, I.H.Park, J.H.Cheong, "Anti-stress activities of ginsenoside Rb1 is related with GABAergic Neuron", *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, Vol.13, No.3, pp.165-173, 2005.
- [48] W.C.Cho, W.S.Chung, S.K.Lee, A.W.Leung, C.H.Cheng, K.K.Yue, "Ginsenoside Re of Panaxginseng possesses significant antioxidant and antihyperlipidemic efficacies in streptozotocin-induced diabetic rats", *European Journal of Pharmacology*, Vol.550, No.3, pp.173-179, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2006.08.056>
- [49] S.Y.Lee, G.T. Kim, S.H. Roh, J.S. Song, H.J. Kim, S.S. Hong, S.W. Kwon, J.H. Park. "Proteomic analysis of the anti-cancer effect of 20S-ginsenoside Rg3 in human colon cancer cell lines", *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, Vol.73, No.4, pp.811-816, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1271/bbb.80637>
- [50] H.U.Lee, E.A. Bae, M.J. Han, D.H. Kim, "Hepatoprotective effect of 20(S)-ginsenosides Rg3 and its metabolite 20(S)-ginsenoside Rh2 on tert-butyl hydroperoxide induced liver injury", *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, Vol.28, No. 10, pp. 1992-1994, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1248/bpb.28.1992>
- [51] Tang, W. Y., Y. Zhang, J. Gao, X. Y. Ding, and S. Gao. "The anti-fatigue effect of 20(R)-ginsenoside Rg3 in mice by intranasally administration", *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, Vol.31, No.11 , pp.2024-2027, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1248/bpb.31.2024>
- [52] Y.Cheng, L.H. Shen, J.T. Zhang, "Anti-amnestic and anti-aging effects of ginsenoside Rg1 and Rb1 and its mechanism of action", *Acta Pharmacologica Sinica*, Vol.26, No.2 , pp.143-149, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-7254.2005.00034.x>
- [53] Xiangguo Li, J.S. Han, Y.J.Park, S.J. Kang, J.S.Kim, K.Y.Nam, K.T. Lee, J.E.Choi, "Extracting Conditions for Promoting Ginsenoside Contents and Taste of Red Ginseng Water Extract", *Korean Journal of Crop Science*, Vol.54, No.3, pp. 287~293, 2009.
- [54] C.W. Cho, S.W. Kim, J.H. Rho, Y.K. Rhee, K.T. Kim, "Extraction characteristics of saponin and acidic polysaccharide based on the red ginseng particle size", *Journal of Ginseng Research*, Vol.32, No. 3, pp.79-186, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.5142/JGR.2008.32.3.179>
- [55] K. H.Choi, Y. S. Kwak, M. H. Rhee, M. S. Hwang, S. C. Kim, C. K. Park, G. H. Han, K. B. Song, "Effects of pH and high temperature treatment on the changes of major ginsenosides composition in Korean red ginseng water extract", *Journal of Ginseng Research*, Vol.32, No.2 , pp.127-134, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.5142/JGR.2008.32.2.127>
- [56] B. W.Yang, S. T. Han, S. K. Ko, "Quantitative analysis of ginsenosides in red ginseng extracted under various temperature and time", *Korean Journal of Pharmacognosy*, Vol.37, No. 4, pp.217-220, 2006.
- [57] M.L.Cho, S.J. Yoon, Y.B. Kim, "The nutritional composition and antioxidant activity from Undariopsis peterseniana", *Ocean and Polar Research*, Vol.35, No.4, pp.273-280, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.4217/OPR.2013.35.4.273>

[58] J.S. Jung, S.M. Shin, A.J. Kim, "Quality Characteristics of Sulgidduk with *Adenophora remotiflora* Powder", *The Korean Journal of Food And Nutrition*, Vol. 23, No. 2, 147-153, 2010.

민알렉산더명준(Myoung-Joon MinAlexander)

[정회원]



- 2011년 8월 : 서울대학교 경영전문대학원 졸업
- 2012년 10월 ~ 2014년 6월 : 삼일 회계법인 전략 컨설팅
- 2014년 7월 ~ 2018년 12월 : 프라이스 워터 하우스 쿠퍼스
- 2019년 ~ 현재 : 리하베스트 대표

<관심분야>

식품개발, 환경, 기능성 물질 탐색

손 은 심(Eun-Shim Son)

[정회원]



- 1996년 2월 : 이화여자대학교 식품영양학과 (이학사)
- 1999년 2월 : 이화여자대학교 식품영양학과 대학원 (이학석사)
- 2011년 2월 : 수원대학교 식품영양학과 대학원 (이학박사)
- 2006년 1월 ~ 2019년 2월 : 안산대학교 식품영양학과 겸임교수
- 2022년 4월 ~ 현재 : 리하베스트 연구소장

<관심분야>

식품개발, 기능성 식품 개발, 발효식품학

남 규 봉(Kyu-Bong Nam)

[정회원]



- 2004년 2월 : 수원대학교 기계공학과 (공학학사)
- 2015년 3월 ~ 2018년 3월 : 원익그룹
- 2020년 2월 ~ 현재 : 리하베스트 이사

<관심분야>

식품개발, 환경, 식품공정, 기능성 물질 탐색

임 성 현(Sung-Hyun Lim)

[정회원]



- 2022년 2월 : 강원대학교 생물의소재공학과 (이학사)
- 2022년 7월 ~ 현재 : 리하베스트 연구원

<관심분야>

식품개발, 미생물, 생명과학, 이화학적 분석