pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 33, No. 3, pp. 200~206 (2018)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2018.33.3.200

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

능이버섯과 미강 혼합 추출물의 β-Glucan 함량 및 항산화 활성

심완섭 · 최선일 · 정태동 · 조봉연 · 최승현 · 한웅호 · 이진하 · 서유리[1] · 김혜빈[1] · 임기택[1] · 이옥환*
강원대학교 식품생명공학과, [1]강원대학교 바이오시스템공학과

β-Glucan Content and Antioxidant Activity of Mixed Extract from *Sarcodon aspratus* and Rice Bran

Wan-Sup Sim, Sun-Il Choi, Tae-Dong Jung, Bong-Yeon Cho, Seung-Hyun Choi, Han Xionggao, Jin-Ha Lee, Yu-Ri Seo[1], Hye-Been Kim[1], Ki-Taek Lim[1], and Ok-Hwan Lee*
Department of Food Science and Biotechnology and
[1]Department of Biosystems Engineering, Kangwon National University, Chuncheon, Korea
(Received March 7, 2018/Revised April 14, 2018/Accepted May 8, 2018)

ABSTRACT - This study was to investigate the optimal condition of mixture ratio for development of functional food ingredient from *Sarcodon aspratus* and rice bran. First, °Brix was measured along with extraction time. Five kinds of mixtures of *Sarcodon aspratus* and rice bran (10:0, 7:3, 5:5, 3:7, 0:10) were extracted in 95°C water over a one-hour period and the extraction yield was evaluated. We further evaluated β-glucan content, DPPH radical scavenging activity, ferric ion reducing antioxidant power (FRAP), total phenolic content and total flavonoids content. As a result, both *Sarcodon aspratus* and rice bran showed a constant °Brix after 45 minutes of extraction time. The content of β-glucan was highest in the *Sarcodon aspratus* and rice bran mixture with a ratio of 3:7. As the ratio of rice bran increased in all mixtures, the antioxidant capacity also increased. In conclusion, to create a functional food ingredient the optimal mixing ratio of *Sarcodon aspratus* to rice bran is 3:7.

Key words : *Sarcodon aspratus*, Rice bran, β-Glucan, Antioxidant capacity

최근 급속한 경제성장과 서구화된 식생활로 인해 비만, 고지혈, 고콜레스테롤증, 당뇨, 고혈압, 동맥경화 및 암 등 다양한 생활습관병이 연쇄적으로 발병하여 여러 합병증을 유발하는 것으로 보고되고 있다[1]. 그로 인해, 웰빙에 대한 소비자들의 관심이 높아지면서 기호적 기능뿐만 아니라 만성질환 및 성인병 등을 예방할 수 있는 생리적 기능성을 지닌 식품의 선호도가 증대되고 있으며 이에 따라 천연 기능성 소재를 이용한 식품 개발 연구가 활발하게 진행되고 있다[2]. 소재들마다 우수한 생리활성이 각기 다르므로 이들을 적절하게 혼합함으로써 상승효과를 기대할 수 있으나 동시에 서로 상쇄 효과를 나타낼 수도 있으므로 혼합물의 종류 및 혼합비율별로 각각의 생리활성을 재확인할 필요가 있다[3].

능이버섯(*Sarcodon aspratus*)은 민주름버섯목(*Aphyllophorales*)의 굴뚝버섯과(*Telephoracea Sarcodon*)에 속하는 식용 버섯으로 그 맛과 향이 뛰어나다[4,5]. 선행 연구로 밝혀진 능이버섯의 주요 대사산물 및 유용성분으로는 높은 활성의 protease[6]와 향기 성분으로 1-octen-3-ol benzenaldehyde 등이 알려져 있고[7], cyclopropyl-valyl 등의 항산화 물질[8], 유리당과 아미노산 등의 영양성분 등이 보고 되어있다[9]. 또한 버섯에 함유되어 있는 대표적인 다당류인 β-glucan은 면역활성체의 기능, 항산화능, 생체조직 재생과 치유기능, 항생제, 항균, 항바이러스 및 대식세포를 자극하여 돌연변이 세포를 인식하고 공격하는 항종양효과가 있다고 보고되어 있다[10,11,12].

미강(Rice bran)은 벼 도정시 부산물로서 발생되어지는 것으로 이는 연간 60만 톤의 생산량으로 추정된다[13]. 미강은 산패하기 쉽고, 저장이 어려워 사료용이나 농산부산물로 이용되고 있는 실정이다[14]. 그러나 미강에는 식이섬유, 비타민류, 미네랄류 외에 γ-oryzanol, tocopherols, tocotrienols과 같은 phenolic 성분 등의 항산화 물질들이 대량 존재하기 때문에 기능성 식품 소재로서의 이용이 기대된다[15,16].

*Correspondence to: Ok-Hwan Lee, Department of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea
Tel: 82-33-250-6454, Fax: 82-33-259-5565
E-mail: loh99@kangwon.ac.kr

강원도 철원 지역은 오대쌀의 주요 생산지로 쌀 부산물인 미강을 활용한 고부가가치 연구가 매우 절실한 상황이다. 본 연구에서는 오대쌀 미강과 철원군 특산물인 능이버섯을 혼합하여 건강기능식품 소재화를 위한 기초자료를 제공하고자 하였다. 따라서 능이버섯과 미강이 혼합된 추출물 제조를 위한 최적 혼합 비율 설정을 위하여 추출 시간 별 °Brix 측정실험을 하였고 추출 수율을 구하였다. 또한 β-glucan 함량과 DPPH radiacl 소거능, FRAP value, 총 페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량의 항산화 실험을 통해 기능성 식품으로서의 가능성을 확인하고자 하였다.

Materials and Methods

실험재료 및 시약

본 연구에 사용한 능이버섯과 미강은 (주)우창(Cheorwon, Korea)으로부터 제공받았으며 실험 결과값의 함량을 명확히 하기 위하여 이들을 건조한 뒤 분쇄하여 사용하였다. 분쇄된 능이버섯을 혼합 무게 100 g을 기준으로 미강과 100%, 70%, 50%, 30%, 0%의 5가지 비율로 혼합하여 그 순서대로 S-1, S-2, S-3, S-4, S-5로 명명하였다. 본 혼합물의 추출물을 제조하기 위해, 각각의 혼합물 당 10배의 물을 첨가하여 95°C에서 1시간 추출 후 filter paper (Whatman, No. 3, Maidstone, Kent, UK)로 여과한 것을 2회 반복하였다. 제조된 추출물은 회전식 진공 농축기(Tokyo Rikakikai Co., Ltd, Tokyo, Japan)를 이용하여 감압 농축한 뒤 동결건조기(Ilshinbiobase Co., Ltd, Gyeonggi, Korea)를 이용하여 동결건조물로 제조하여 –20°C에서 보관하며 사용하였다. β-Glucan 분석은 Megazyme kit (Mixed-linkage β-glucan, McCleary method, Megazyme Co., Wicklow, Ireland)를 사용하였다. 항산화 활성 조사에 사용된 L-ascorbic acid, TPTZ (2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine), ferric chloride tetrahydrate, Folin-Ciocalteu's phenol reagent, gallic acid, rutin은 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였으며, 그 외 분석용으로 사용한 시약류는 분석용 특급 시약을 사용하였다.

°Brix 측정

능이버섯과 미강에 함유된 유용성분은 수용성 다당체 성분으로 최적 추출조건 설정은 Lin 등[17]의 방법을 변형하여 추출 시간에 대한 °Brix를 평가하여 나타내었다. 각각의 능이버섯과 미강 무게의 10배의 물을 가하여 95°C에서 2시간 동안 추출하면서 °Brix의 변화를 측정하였다. °Brix 측정은 굴절당도계(Hand refractometer, N-1E, 0~32%, ATAGO, Tokyo, Japan)를 사용하여 상온(25°C)에서 측정한 후 °Brix로 나타내었다[18].

β-Glucan 함량 분석

β-Glucan 함량은 Shin 등[19]의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 시료 50 g을 0.5 mm 크기로 곱게 분쇄하여 0.1 g을 tube에 넣고 툭툭 쳐 시료가 바닥에 모이게 하였다. 50% ethanol 0.2 mL과 sodium phosphate buffer (4.0 mL, 20 mM, pH 6.5)를 첨가한 후 교반하였다. 그 후 tube를 항온수조에 넣고 60초간 incubate 시킨 후 다시 100°C에서 2분간 더 incubate 시키고 50°C에서 5분간 incubate 시킨 뒤 lichenase (0.2 mL, 10 U)를 첨가 후 50°C에서 1시간 반응시켰다. 그 후 sodium acetate buffer (5.0 mL, 200 mM, pH 4.0)를 첨가 후 상온(25°C)에서 5분간 방치하고 원심분리(1,000 × g, 10 min) 한 뒤 상등액만 0.1 mL 취하고 이에 β-glucosidase (0.1 mL, 0.2 U), GOPOD reagent 3.0 mL 첨가 후 50°C에서 20분간 반응시킨 뒤 510 nm에서 흡광도를 측정한 후 시료의 β-glucan 함량은 다음 식에 의해 계산하였다.

$$\beta-glucan(\%, w/w) = \Delta A \times F \times \frac{FV}{0.05} \times \frac{1}{1000} \times \frac{W}{100} \times \frac{162}{180} \times D$$

ΔA	Absorbance
F	50 (μg of D-glucose) / Absorbance of 50 μg of D-glucose
FV	Final volume
0.05	Volume of sample analysed
1/1000	Conversion from μg to mg
100/W	Factor to express β-glucan content as a percentage of sample weight
162/180	Factor to convert from free D-glucose to anhydro-D-glucose
D	Dilution factor

DPPH radical 소거능 측정

DPPH radical 소거능은 Lee 등[13]의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 0.2 mL에 0.4 mM DPPH 용액 0.8 mL를 첨가하여 혼합한 뒤 암소에서 10분간 반응시킨 후 microplate reader를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{DPPH radical 소거능}(\%) = \{1-[A_{experiment}/A_{control}]\} \times 100$$

$A_{experiment}$ = Absorbance of experimental group
$A_{control}$ = Absorbance of control group

FRAP 측정

FRAP은 Kim 등[20]의 방법을 변형하여 측정하였다. 300 mM sodium acetate buffer (pH 3.6), 10 mM TPTZ, 20 mM $FeCl{\cdot}6H_2O$를 10:1:1로 혼합하여 혼합용액 1.5 mL, 시료 50 μL, DW 150 uL를 각각 혼합하여 37°C에서 4분간 반응시킨 후 microplate reader를 이용하여 593 nm에서 흡광도를 측정하였다.

총 페놀 함량 분석

총 페놀 함량은 Kim 등[21]의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 1 mL에 10% Folin-Ciocalteu 시약과 2% Na_2CO_3 시약을 순서대로 첨가한 뒤 암소에서 1시간 동안 반응시킨 후 microplate reader를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid를 사용하였으며 표준검량 곡선($y = 17.884x - 0.0199$, $R^2 = 0.9997$)으로부터 총 페놀 함량을 계산하였다.

총 플라보노이드 함량 분석

총 플라보노이드 함량은 Chun 등[22]의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 0.5 mL에 95% ethanol 1.5 mL을 첨가한 후 10% aluminum nitrate 0.1 mL, 1 M potassium acetate 0.1 mL와 증류수 2.8 mL를 혼합하여 상온에서 30분간 반응시킨 후 microplate reader를 이용하여 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 rutin을 사용하였으며 표준검량 곡선($y = 1.709x - 0.0021$, $R^2 = 1$)으로부터 시료의 총 플라보노이드 함량을 계산하였다.

통계처리

β-Glucan 함량, DPPH radical 소거능, FRAP value, 총 페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량 값의 통계처리는 SAS version 9.4 (SAS institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분석하였다. 유의성 분석은 one-way ANOVA 검정을 실시하였으며 Duncan의 다중범위 검정법(Duncan's multiple range test)으로 유의성은 $p < 0.05$ 수준에서 검정하였다.

Results and Discussion

추출시간에 따른 °Brix의 변화

능이버섯과 미강의 추출시간에 따른 °Brix 함량 변화를 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 추출 후 45분까지 능이버섯과 미강에서 모두 °Brix 함량이 증가하였지만, 45분 경과부터 120분까지 능이버섯은 2.8 °Brix, 미강은 0.6 °Brix의 포화 상태를 유지하였다. 따라서 미강의 최적 추출조건을 연구한 Lin 등[17]의 결과와 본 연구의 °Brix 값이 포화된 시간에 따라 추출시간을 확립하여 95°C 열수 조건에서 1시간 동안 능이버섯과 미강을 추출하여 추출물을 제조한 뒤 실험에 사용하였다.

추출 수율 측정

능이버섯과 미강의 혼합 비율에 따른 혼합 추출물들의 추출 수율을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 추출 수율의 범위는 24.3%~35.3%였으며, 100% 미강만 함유되어 있는 S-5 추출물을 제외한 나머지 추출물에서 모두 30%가 넘는 비교적 높은 추출수율을 획득하였다. 반면, S-5 추출물에서는 24.3%의 가장 낮은 추출 수율을 보였다. 이는 Woo 등[23]이 보고한 80% methanol을 이용해 제조한 미강 추출물의 추출 수율인 19.05%와 유사한 값임을 확인하였다. 또한 Kim 등[24]의 연구에 의하면 추출 수율은 복합물질의 혼합비, 용매-용질의 혼합비, 추출 시간 등에 따라 영향을

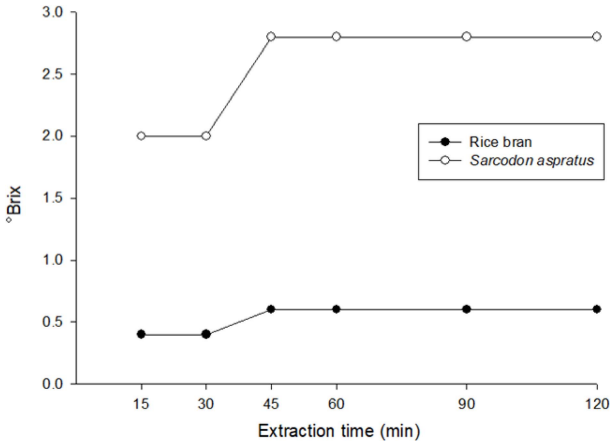

Fig. 1. Changes of the °brix of *Sarcodon aspratus* and rice bran during extraction time.

Table 1. Extraction yields of five mixture ratios of *Sarcadon aspratus* and rice bran

Samples	Extraction yields (%)
S-1[1)]	33.1
S-2[2)]	34.5
S-3[3)]	35.3
S-4[4)]	30.7
S-5[5)]	24.3

[1)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 10 : 0.
[2)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 7 : 3.
[3)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 5 : 5.
[4)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 3 : 7.
[5)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 0 : 10.

Table 2. β-Glucan content in five mixture ratios of *Sarcodon aspratus* and rice bran

Samples	β-Glucan content (%, w/w)
S-1[1)]	1.50 ± 0.07^{bc}[6)]
S-2[2)]	1.46 ± 0.07^{c}
S-3[3)]	1.53 ± 0.07^{b}
S-4[4)]	1.73 ± 0.11^{a}
S-5[5)]	1.51 ± 0.07^{bc}

[1)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 10 : 0.
[2)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 7 : 3.
[3)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 5 : 5.
[4)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 3 : 7.
[5)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 0 : 10.
[6)]Each value represents mean ± SD (n = 3). [a-c]Means with different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

받는다는 보고가 있어 본 혼합물들의 추출 수율은 각각의 혼합 비율에 따른 용매에 대한 용해도 차이에 기인된 것으로 사료된다.

β-Glucan 함량

능이버섯과 미강의 비율에 따른 혼합물들의 β-glucan 함량을 분석한 결과는 Table 2와 같다. β-Glucan은 곡류 및 버섯류의 세포벽을 구성하면서 단백질 혹은 기타 세포벽 성분과 결합하여 면역활성체, 항산화능, 항균 활성, 항바이러스 등의 효과가 있는 다당류의 일종이다[9,10,11]. β-Glucan이 버섯에 풍부하다는 기존의 보고[12]와 달리, 능이버섯이 100% 함유된 S-1 추출물의 1.50 ± 0.07% 보다 능이버섯이 30% 함유된 S-4 추출물에서 1.73 ± 0.11%의 유의적으로 가장 높은 β-glucan 함량 값을 확인하였다. Ballance 등[25]의 연구에 의하면 식물에서 모든 β-glucan을 추출하기 매우 어렵고, 추출 및 정제된 β-glucan 내에 기타 성분들이 일부 혼입될 수 있다는 보고가 있어, β-glucan에 미강에서 추출된 성분들이 일부 혼입된 것으로 사료된다.

항산화 활성 측정

비율에 따른 능이버섯과 미강 혼합물들의 항산화 활성을 측정하기 위해 DPPH radical 소거능과 FRAP을 측정하였다. DPPH는 항산화 능력을 측정하는데 있어 대표적인 반응물질로 그 자체로 매우 안정한 자유 라디칼이며 DPPH radical 소거능은 hydroxy radical (-OH)을 갖는 페놀성 화합물이나 플라보노이드를 가진 물질에서 수소 공여를 통한 라디칼의 소거로 자색 화합물이 노란색으로 탈색되는 원리를 이용하는 방법이다[26]. FRAP은 Fe^{3+}가 Fe^{2+}로 환원되어 TPTZ와 결합하여 blue 계열의 색을 나타내어 환원력을 흡광도 값으로 나타내는 방법이다[20]. 비율에 따른 능이버섯과 미강 혼합물들의 DPPH radical 소거능 및 FRAP 활성을 확인한 결과는 각각 Fig. 2와 Fig. 3과 같다. DPPH radical 소거능 및 FRAP 활성 모두 혼합물 내 미강의 함유량이 높아질수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였으며, 미강이 100% 함유된 S-5 추출물의 경우 2.5, 5.0, 10.0 mg/mL 농도에서 45.03%~79.87%의 DPPH radical 소거능과 0.17~0.62의 FRAP value로 혼합물 농도에 따른 유의적인 증가를 확인하였다. 특히 DPPH radical 소거능의 경우, 10.0 mg/mL 농도의 모든 추출물에서 양성대조군으로 사용한 Ascorbic acid의 0.05 mg/mL 농도와 유사한 효과를 확인하였다. 이는 Lee 등[13]이 보고한 미강의 항산화 우수성에 대한 연구 결과와 유사한 것을 확인하였다.

항산화 성분 분석

비율에 따른 능이버섯과 미강 혼합물들의 항산화 성분을 분석하기 위해 총 페놀 및 총 플라보노이드 분석을 실시하였다. 폴리페놀계 물질들은 식물체에 특수한 색깔을

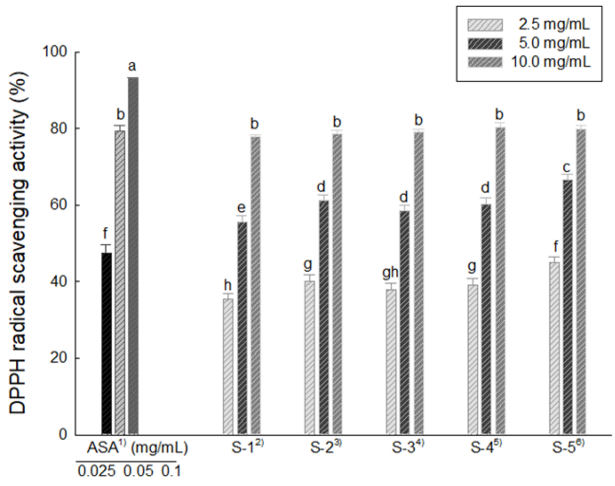

Fig. 2. DPPH radical scavenging activity of five mixture ratios of *Sarcodon aspratus* and rice bran. Each value represents mean ± SD (n = 3). [a-h]Means with different letters on the same kind of bars are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.
[1)]Ascorbic acid.
[2)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 10 : 0.
[3)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 7 : 3.
[4)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 5 : 5.
[5)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 3 : 7.
[6)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 0 : 10.

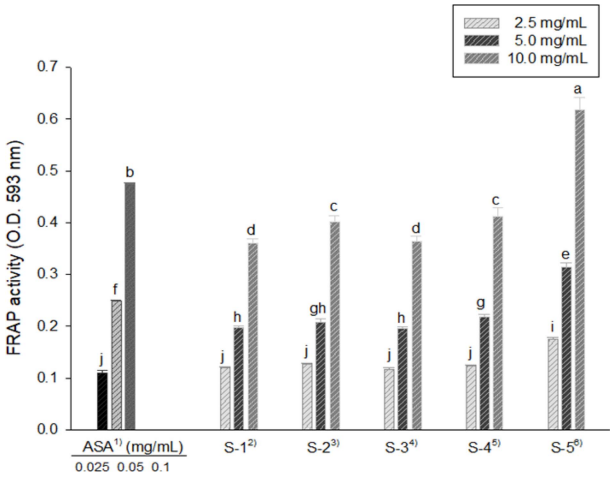

Fig. 3. FRAP activity of five mixture ratios of *Sarcodon aspratus* and rice bran. Each value represents mean ± SD (n = 3). [a-j]Means with different letters on the same kind of bars are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.
[1)]Ascorbic acid.
[2)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 10 : 0.
[3)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 7 : 3.
[4)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 5 : 5.
[5)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 3 : 7.
[6)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 0 : 10.

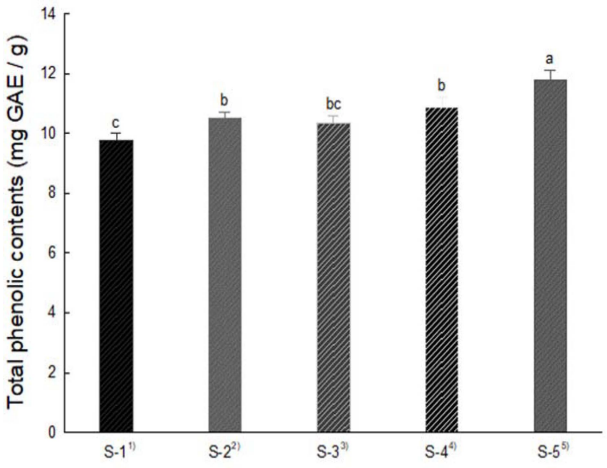

Fig. 4. Total phenolic contents of five mixture ratios of *Sarcodon aspratus* and rice bran. Each value represents mean ± SD (n = 3). [a-c]Means with different letters on the same kind of bars are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.
[1)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 10 : 0.
[2)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 7 : 3.
[3)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 5 : 5.
[4)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 3 : 7.
[5)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 0 : 10.

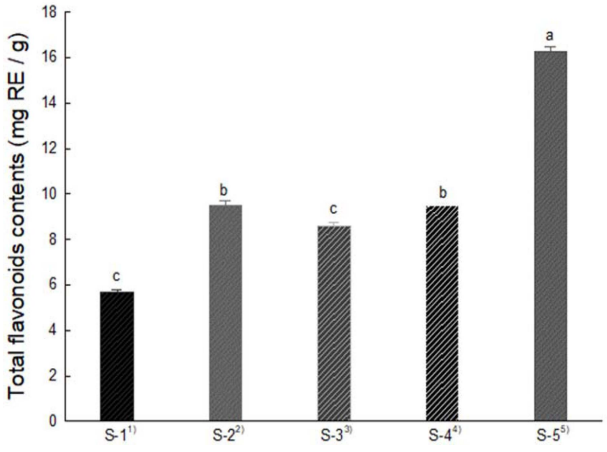

Fig. 5. Total flavonoids contents of five mixture ratios of *Sarcodon aspratus* and rice bran. Each value represents mean ± SD (n = 3). [a-c]Means with different letters on the same kind of bars are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.
[1)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 10 : 0.
[2)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 7 : 3.
[3)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 5 : 5.
[4)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 3 : 7.
[5)]*Sarcodon aspratus* : rice bran = 0 : 10.

부여하고 산화 환원반응에서 기질로 작용하며, 한 분자 내에 2개 이상의 phenolic hydroxyl (-OH)기를 가진 방향족 화합물을 가리키며 플라보노이드와 탄닌이 주성분으로 충치 예방, 고혈압 억제, 항에이즈, 항산화, 항암 등의 다양한 생리활성을 가진다고 보고되어 있다[27]. 총 페놀 함량은 gallic acid를 표준물질로 사용하여 그 함량을 확인하였다(Fig. 4). 총 페놀 함량은 혼합물 내 미강의 함량이 높아질수록 유의적으로 증가하였으며, 미강의 함량이 50%~100% 범위인 S-3, S-4, S-5 추출물에서 10.33 ± 0.24 mg GAE/g, 10.87 ± 0.33 mg GAE/g, 11.80 ± 0.30 mg GAE/g의 총 페놀 함량을 확인하였다. 총 플라보노이드 함량은 rutin을 표준물질로 사용하여 그 함량을 확인하였다(Fig. 5). 총 플라보노이드 함량 또한 혼합물 내 미강의 함량이 높아질수록 유의적으로 증가하였으며, 미강의 함량이 50%~100% 범위인 S-3, S-4, S-5 추출물에서 8.61 ± 0.14 mg RE/g, 9.52 ± 0.06 mg RE/g, 16.26 ± 0.21 mg RE/g의 총 플라보노이드 함량 값을 확인하였다. 이는 Chun 등[22]이 보고한 품종별 미강의 총 페놀 함량 값과 유사한 것을 확인하였다. 혼합물 중 미강이 70% 함유된 S-4 추출물에서 베타글루칸 함량이 유의적으로 가장 높았지만, 항산화 활성 및 항산화 성분 함량은 S-4 추출물보다 미강이 100% 함유된 S-5 추출물에서 가장 높았다. 이는 추출물에서 능이버섯에 함유되어 있는 유효 성분보다 미강에 함유되어 있는 γ-oryzanol, tocopherols, tocotrienols와 같은 phenolic 성분 등의 항산화 물질들이 대량 추출되었기 때문이라 사료된다.

Acknowledgement

본 연구는 2017년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의한 연구임[No.C1013243-01-01].

국문요약

본 연구에서는 능이버섯과 미강이 혼합된 기능성 식품소재 개발을 위해 혼합 비율의 최적화에 대한 연구를 실시하였다. 유용성분 분석 및 항산화능 평가에 앞서 소재별 추출 시간에 따른 °Brix를 측정함으로써 95°C 열수 조건에서 1시간 추출법의 최적의 추출 조건을 확립하였고, 혼합 비율 별 추출물을 제조 한 후 추출 수율, β-glucan 함량, DPPH radical 소거능, FRAP value, 총 페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량을 측정하였다. 추출 수율의 범위는 24.3%~35.3%였으며, 100% 미강이 함유된 S-5 추출물을 제외한 나머지 추출물에서는 모두 30% 이상의 높은 추출수율을 획득하였다. β-Glucan 함량은 능이버섯이 100% 함유된 S-1 추출물보다 능이버섯이 30% 함유된 S-4 추출물에서 1.73 ± 0.11%로 유의적으로 가장 높은 함량 값을 나타내었다. 혼합물들의 항산화능을 평가한 DPPH radical 소거능, FRAP value 측정, 총 페놀 및 총 플라보노이드 성분 함량 결과 혼합물 내 미강의 함량이 높아질수록 그 항산화력이 우수하였다. 이는 추출 과정에서 혼합물을 구성하고 있는 능이버섯과 미강의 상호작용에 의한 결과라고

사료된다. 따라서 본 연구 결과 능이버섯과 미강 따라서 30% 이상의 우수한 추출 수율, 가장 높은 β-glucan 함량 및 우수한 항산화력을 바탕으로 능이버섯과 미강을 활용한 기능성 식품 소재 개발을 위한 그들의 혼합비는 능이버섯과 미강의 3:7의 비율(S-4)로 혼합하여 추출하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

References

1. Jang Y.S., Jeong J.M.: Effects of phyto-extract mixture on adiposity and serum lipid levels in obese mice induced by high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr*., **39**, 1439-1445 (2010).
2. Kim J.W., Kim S.D., Youn K.S.: Antioxidant activity of Hwangki and Beni-Koji extracts and mixture. *J Korean Soc Food Sci Nutr*., **40**, 1-6 (2011).
3. Oh H.S., Kim J.H.: Physiological functionalities of hot water extract of *Codonopsis lanceolata* and some medicinal materials, and their mixtures. *The Korean Society of Community Living Science*., **18**, 407-415 (2007).
4. Lee K.S., Kim J.B.: Effects of the *Sarcodon aspratus* on the high level of blood lipid and obesity induced by high fat-diet in rat. *J. Life Sci*., **19**, 1265-1270 (2009).
5. Joo O.S.: Chemical components and physiological activities of *Neungee Mushroom* (*Sarcodon aspratus*). *Korean J. Food Preserv*., **15**, 864-871 (2008).
6. Eun J.S., Yang J.H., Cho D.Y., Lee T.K.: Studies on higher fungi in Korea (I) Activity of proteolytic enzyme from *Sarcodon aspratus* (Berk) S. Ito. *JPI*., **18**, 125-131 (1988).
7. Jeong O.J., Yoon H.S., Min Y.K.: Aroma characteristics of Neungee (*Sarcodon aspratus*). *Korean J. Food Sci. Technol*., **33**, 307-312 (2001).
8. Kim J.W., Moon B.S., Park Y.M., Yoo N.H., Ryoo I.J., Chinh., Yoo I.D., Kim J.P.: Structures and antioxidant activity of diketopiperazines isolated from the mushroom *Sarcodon aspratus*. *J Korean Soc Appl Biol Chem*., **48**, 93-97 (2005).
9. Kang M.G., Bolormaa., Lee J.S., Seo G.S., Lee J.S.: Antihypertensive activity and anti-gout activity of mushroom *Sarcodon aspratus. Kor. J. Mycol*., **39**, 53-56 (2011).
10. Choi S.J., Lee Y.S., Kim J.K., Kim J.K., Lim S.S.: Physiological activities of extract from edible mushrooms. *J Korean Soc Food Sci Nutr*., **39**, 1087-1096 (2010).
11. Nakajima A., Ishida T., Koga M., Takeuchi T., Mazda O., Takeuchi M.: Effect of hot water extract from *Agaricus blazei* murill on antibody-producing cells in mice. *Int Immunopharmacol*., **2**, 1205-1211 (2002).
12. Song J.H., Lee H.S., Hwang J.K., Han J.W., Ro J.G., Keum D.H., Park K.M.: Physiological activity of *Sarcodon aspratus* extracts. *Korean J Food Sci Anim Resour*., **23**, 172-179 (2003).
13. Lee J.H., Oh S.K., Kim D.J., Yoon M.R., Chun A.R., Choi, I.S., Lee J.S., Kim Y.G.: Comparison of antioxidant activities by different extraction temperatures of some commercially available cultivars of rice bran in Korea. *J. Food Nutr*., **26**, 1-7 (2013).
14. Kim Y.S., Ha T.Y., Lee S.H., Lee H.Y.: Effect of rice bran dietary fiber on flour rheology and quality of wet noodles. *Korean J. Food Sci. Technol*., **29**, 90-95 (1997).
15. Lee J.H., Park J.S.: Antioxidant activities of rice bran extracts for wellness convergence. *Journal of Digital Convergence*., **13**, 401-406 (2015).
16. Oh S.K., Kim D.J., Chun A.R., Yoon M.R., Kim K.J., Lee J.S., Hong H.C., Kim Y.K.: Antioxidant compounds and antioxidant activities of ethanol extracts from milling by-products of rice cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr*., **39**, 624-630 (2010).
17. Lin Sheng-Dun., Mau Jeng-Leun., Hsu Ching-An.: Bioactive components and antioxidant properties of GABA tea leaves. *Food Science and technology*., **46**, 64-70 (2012).
18. Jeong S.J., Shin M.J., Jeong S.Y., Yang H.J., Jeong D.Y.: Aracteristic analysis and production of short-ripened korean traditional soy sauce added with rice bran. *J Korean Soc Food Sci Nutr*., **43**, 550-556 (2014).
19. Shin S.H., Kim K.H., Kang C.S., Cho K.M., Park C.S., Choo B.G., Park J.C.: Analysis of grain and malting quality during storage period of 2-row barley. *J. Agric. Life Sci*., **45**, 1-5 (2014).
20. Kim Y.H., Lee Y.J., Park S.O., Lee S.J., Lee O.H.: Antioxidant compounds and antioxidant activities of fermented black rice and its fractions. *Korean J. Food Sci. Technol*., **45**, 262-266 (2013).
21. Kim H.Y., Hwang I.G., Kim T.M., Park D.S., Kim J.H., Kim D.J., Lee J.S., Jeong H.S.: Antioxidant and angiotensin converting enzyme I inhibitory activity on different parts of germinated rough rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr*., **40**, 775-780 (2011).
22. Chun A.R., Lee Y.Y., Kim D.J., Yoon M.R., Oh S.K., Choi I.S., Hong H.C.: Cultivar comparison on tocopherols, tocotrienols, and antioxidant compounds in rice bran. *KSCS*., **58**, 367-375 (2013).
23. Woo K.S., Seo M.C., Kang J.R., Ko J.Y., Song S.B., Lee J.S., Oh B.G., Park G.D., Lee Y.H., Nam M.H., Jeong H.S.: Antioxidant compounds and antioxidant activities of the methanolic extracts from milling fractions of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *J Korean Soc Food Sci Nutr*., **39**, 1695-1699 (2010).
24. Kim Y.H., Kim W.S., Kim J.M., Choi S.I., Jung T.D., Lee J.H., Kim J.D., Lim J.K., Lee O.H.: Optimization of extraction conditions for mixture of *Camellia sinensis* L. and *Artemisia argyi* by response surface methodology. *J. Food Hyg. Saf*., **31**, 278-285 (2016).
25. Ballance G.M., Manners D.J.: Structural analysis and enzymic solubilization of barley endosperm cell walls. *Carbohydr Res*., **61**, 107-113 (1978).
26. Cho B.Y., Lee J.H., Choi S.I., Jung T.D., Choi S.H., Ra M.J., Kim S.Y., Kang I.J., Han K.C., Lee O.H.: Changes in antioxidant and antiobesity activities of *Cirsium setidens* Nakai ethanolic extract depending on different harvest time. *J.*

Food Hyg. Saf., **32**, 234-242 (2017).
27. Jung Y.T., Lee I.S., Key Whang., Yu M.H.: Antioxidant effects of *Picrasma quassioides* and *Chamaecyparis obtusa* (S. etZ.) ENDL extracts. *J. Life Sci*., **22**, 354-359 (2012).