

팽이 기능성 육종소재 발굴을 위한 영양성분 및 유용 기능성 물질 분석

임지훈 · 오민지 · 오연이 · 김민식 · 이종원

농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부 버섯과

Analysis of nutritional contents and useful functional materials for finding breeding resources in *Flammulina velutipes*

Ji-Hoon Im, Minji Oh, Youn-Lee Oh, Min-Sik Kim, and Jong-Won Lee

Mushroom Research Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Eumseong 27709, Chungbuk, Korea

ABSTRACT: *Flammulina velutipes*, known as winter mushroom in the family of *Physalacriaceae*, is the main edible and export mushroom with the third highest production after oyster and king oyster mushroom in Korea. However, as normal consumers regard *F. velutipes* as a simple subsidiary material, there is a limitation to increasing mushroom demand. In order to overcome the consumption limit and increase the differentiation of new varieties, it is necessary to breed varieties with enhanced functionality in consideration of consumer preferences. Therefore, the study was performed to analyze nutrient components and several useful functional substances with 26 genetic resources of *F. velutipes*. Analyses of inorganic compound(Ca, K, Mg) and 15 amino acids revealed that Strain 4148 had the highest content among the 26 strains. Beta-glucan, which increases immune activity and polyphenol, which exert antioxidant effects were higher in non-white strains than in white strains with a small number of exceptions. Among the five fatty acids, linoleic acid(an omega-6 fatty acid) and α -linolenic acid(an omega-3 fatty acid), were detected in six mushroom strains. α -linolenic acid, which was not found in five major mushrooms including oyster mushrooms, was identified in *F. velutipes*. The results of HPLC analysis showed that 'Auram' (Strain 4232) and 'Baekseung'(Strain 4230) had the highest content of the stabilizing neurotransmitter GABA(15.38 μ g/ml and 20.56 μ g/ml, respectively) among non-white and white strains, respectively. Our findings provide useful information for breeding *F. velutipes* to obtain strains with enhanced functionality.

KEYWORDS: Breeding, *Flammulina velutipes*, Functional substances, Nutrient component

서론

팽이(*Flammulina velutipes*)는 분류학적으로 담자균문(*Basidiomycota*), 담자균강(*Agaricomycetes*), 주름버섯목(*Agaricales*), 뿔나무버섯과(*Physalacriaceae*), 팽이버섯속(*Flammulina*)으로 종내에서 형태적인 다양성을 보인다. 일반적으로 상업적으로 재배되는 팽이는 대가 가늘고 길며, 갓은 매우 작고 순백색을 띠지만 야생종은 노란색에서 진한 갈색까지 다양한 색깔을 보이며 대와 갓의 모양과 크기도 제각각이다(Wang *et al.*, 2018). 팽이는 야생에서는 늦은 가을에서 겨울까지 죽은 나무에서 발견되며 재배종 또한 다른 버섯에 비해 저온요구도가 높아 겨울 버섯(winter mushroom)이라고 불린다. 팽이는 재배적으로 저온이라는 태생적인 단점을 가졌음에도 국내에서 1990

J. Mushrooms 2022 December, 20(4):218-226
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2022.20.4.218>
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853

© The Korean Society of Mushroom Science
 Ji-Hoon Im(Researcher), Minji Oh(Researcher), Youn-Lee Oh(Researcher),
 Min-Sik Kim(Postdoctoral researcher), Jong-Won Lee(Senior researcher)

*Corresponding author

E-mail : jihooni24@korea.kr

Tel : +82-43-871-5714, Fax : +82-43-871-5702

Received November 16, 2022

Revised November 23, 2022

Accepted November 25, 2022

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

년대 재배과정이 기계화되고 액체종균 기술이 발전하면서 시설내에서 대량생산이 가능하게 되었다. 국내 팽이 재배 농가수는 19호이며, 연간 생산량이 27,083톤(Ministry of agriculture, food and rural affairs, 2021)으로 느타리, 큰느타리 다음으로 많고 수출 주력 품목으로 팽이는 국내 버섯산업에서 매우 중요한 버섯이다.

팽이는 대표적인 식용버섯으로서 영양학적인 가치가 우수한 식품이다. 팽이는 칼로리가 낮고 식이섬유가 많아 다이어트에 좋고(Yeh *et al.*, 2014) 모든 필수아미노산을 포함한 단백질, 미네랄, 비타민 등을 보유하고 있다(Karaman *et al.*, 2010). 또한, 팽이에는 유용한 기능성분이 많이 들어있다. 항암효과가 있는 flammulin 성분이 발견되었으며 간암세포(HepG2), 결장암세포(HCT116), 자궁경부암세포(HeLa) 등에 대한 항암활성에 효과가 있는 것으로 확인됐다(Younis *et al.*, 2014). 또한, 교감신경의 흥분을 억제하는 신경전달 물질인 GABA(γ -Aminobutyric acid)함유량이 다른 버섯보다 많다(Kim *et al.*, 2009). 더불어, 세포용해 단백질로 알려진 flammutoxin(Tomita *et al.*, 1998)과 Ergothioneine과 같은 항산화 물질(Bao *et al.*, 2008)을 함유해 면역력 증진에도 효과가 있다.

팽이는 소비자들에게는 가격이 저렴하고 맛과 영양까지 풍부해 많은 장점이 있지만 여전히 찌개나 탕류에 첨가되는 단순 부재료로 인식돼 소비를 늘린다는 한계가 있고 외국품종으로 자리잡은 국내 흰색 팽이 생산 및 소비시장에서 갈색 등 다른 팽이 자원과 흰색 국산 품종이 새롭게 진입하기는 매우 어려운 실정이다. 이에 팽이의 소비한계를 극복하고 기존 품종과의 차별성을 높이고자 기능성이 강화된 품종개발을 위한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구는 기능성이 우수한 육종소재를 발굴하기 위해 버섯과에서 보유하고 있는 팽이 유전자원을 대상으로 기본적인 영양성분과 몇 가지 유용한 기능성분에 대한 기초적인 데이터를 확보하고 비교 평가하였다.

재료 및 방법

공시재료 및 시료확보

본 연구에 사용된 팽이 유전자원은 총 26점으로 유색 13점, 백색 13점이다(Table 1). 성분분석용 버섯시료 확보를 위해 일반적인 병재배 방법에 준하여 재배하였다. 배지는 콘코브 36, 미강 36, 비트펄프 8.8, 건비지 3.8, 밀기울 6.8, 면실피 5.1, 폐화석 3.5(%), v/v) 수준으로 혼합하고 배지 수분을 65%로 조정된 뒤 1,100 ml PP병에 입병한 후 121°C에서 90분간 고압멸균 하였다. 멸균이 완료된 배지는 냉각실에서 24시간 정도 냉각 후 클린벤치 내에서 Potato dextrose broth(PDB)배지에 5일간 통기배양해서 제조한 액체종균을 병당 15 ml씩 접종하였다. 배양온도 20°C, 습도 65%의 조건에서 30일간 배양 후 균균기를 실시하였고 생육실로 이동하여 실내온도 14°C, 상대습도

95%에서 발이를 유도하였다. 발이 후에는 실내온도와 습도를 조금씩 낮춰주어 4°C 범위에서 균일한 발이를 위해 생육을 억제했으며, 상대습도는 85~90% 수준을 유지했다. 병 목으로 1 cm정도 자실체가 발생이 되면 권지를 씌우고, 온도 7°C, 상대습도 75~80% 환경에서 자실체를 생육시켜 7일 후 수확한 버섯을 동결건조(-70°C, 5일)하여 균주별로 시료를 준비하였다.

일반성분 분석

조단백질 함량 분석은 단백질 추출장치(2400 Kjeltac Analyzer Unit, Foss Tecator, Sweden)를 이용해 질소를 정량하여 질소계수 6.25를 곱하여 %함량으로 계산하였다. 지방은 시료 일정량에 대해 속슬렛법에 준하여 조지방 추출기로 측정하였다. 탄수화물 정량은 전체 100%에서 수분, 조단백, 조지방, 회분 함량을 제외한 값으로 수분은 상압가열건조법에 따라 측정하였으며 회분은 시료 일정량을 도가니에 취하고 대부분의 수분을 제거한 다음 알코올 소량을 가하여 점화하여 탄화시키고 전기곤로상에서 더욱 탄화시킨 다음 회화법에 따라 측정하였다. 총식이섬유 함량은 식약처 고시 식품공전의 효소-중량법으로 측정하였으며 시료에 α -amylase, protease, amyloglucosidase를 처리해 전분과 단백질을 제거하고 에탄올을 침전시켜 여과기에 통과한 뒤 남은 잔사의 수분을 제거하여 그 무게에 단백질/회분 값을 보정해 계산하였다. 무기물(Ca, K, Mg) 함량은 건식분해법으로 건조시료 약 0.7 g을 칭량하여 450~550°C에서 회화하고 그 회분에 HCl희석액을 10 ml 가해 6시간 상온 분해하고 50 ml volume metric flask에 깔때기를 끼우고 필터지로 여과한 다음 Distilled water로 희석해 이를 시험용액으로 사용하였다. 시험용액과 무기질 표준물질을 질산에 녹여 혼합제조한 표준용액을 Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer(ICP-OES)에 주입해 분석원소별 파장대에 따라 농도를 구하였다.

아미노산 분석 시료 제조

버섯 건조시료 0.1 g을 6 N HCl 30 ml를 분해병에 넣고 혼합한 다음 105°C에서 22시간 동안 가수분해하였다. 가수분해한 시료를 50°C에서 회전 증발 농축시킨 다음 증류수로 50 ml를 맞추어 희석시키고 0.45 μ m 여과지로 여과하였다. 여과한 시료 20 μ l를 아미노산 분석기(L-8900, Hitachi, Japan)를 이용하였으며 실험 조건은 유속 0.4 ml/min, Column size 4.6 mm ID \times 60 mm, Hitachi buffer kit(PH1~4)이며, Injection volumn은 20 μ l를 직접 주입하고 Detector(UV/VIS 570 nm, 440 nm)에서 검출하였다. 미리 구해 놓은 농도의 아미노산 표준의 피크 면적과 함량으로부터 검량 곡선을 작성한 다음 시험용액으로부터 얻어진 피크 면적으로 시험용액 중의 아미노산 함량을 계산하였다.

Table 1. Genetic resources of *F. velutipes* used in the study

| No. | Strains (ASI NO.) | Color | Collection year | Collection country | Strain information |
|-----|-------------------|-----------|-----------------|--------------------|--|
| 1 | 4019 | non-white | 1982 | Korea | - |
| 2 | 4049 | non-white | 1993 | Korea | - |
| 3 | 4057 | non-white | 1994 | China | - |
| 4 | 4090 | non-white | 1994 | Korea | MGL4012 |
| 5 | 4103 | non-white | 2003 | Korea | - |
| 6 | 4111 | non-white | 2004 | philippines | - |
| 7 | 4146 | non-white | 2005 | Korea | - |
| 8 | 4149 | non-white | 2006 | Korea | Garlmoe |
| 9 | 4163 | non-white | 2008 | Japan | - |
| 10 | 4175 | non-white | 2010 | Korea | - |
| 11 | 4218 | non-white | 2014 | Korea | Yeoreumhyang 1ho |
| 12 | 4219 | non-white | 2014 | Korea | Yeoreumhyang 2ho |
| 13 | 4232 | non-white | 2019 | Korea | Auram |
| 14 | 4074 | white | 1997 | Korea | Baekseol |
| 15 | 4166 | white | 2009 | Korea | Baeka |
| 16 | 4168 | white | 2010 | Japan | - |
| 17 | 4209 | white | 2012 | Korea | - |
| 18 | 4210 | white | 2012 | Korea | Greenpeace F6ho |
| 19 | 4216 | white | 2013 | Korea | Hansol |
| 20 | 4217 | white | 2013 | Korea | Baekjung |
| 21 | 4226 | white | 2014 | Japan | Okinomegumi |
| 22 | 4228 | white | 2017 | Japan | Chikumakasei T-011 |
| 23 | 4230 | white | 2016 | Korea | Baekseung |
| 24 | 4231 | white | 2017 | Korea | Baek |
| 25 | 4235 | white | 2020 | Korea | Seolhan |
| 26 | 4148 | white | 2005 | Korea | <i>F. velutipes</i> var. <i>lactea</i> |

베타글루칸 함량분석

베타글루칸 함량은 Megazyme Kit(Mushroom and Yeast β-glucan Assay Procedure)을 이용해 분석하였다. 각각 흡광도 510 nm에서 Oligosaccharides, Sucrose, free D-glucose에서 측정된 Total glucan + D-glucose의 함량과 Sucrose, free D-glucose에서 측정된 α-glucan + free D-glucose의 함량을 Mega-Calc 함량 계산식을 참고하여 함량(% , w/w)값으로 계산하였다. 최종적으로 베타글루칸은 Total glucan 함량에서 α-glucan 함량을 빼준 값으로 계산하였다.

총 폴리페놀 함량분석

시료 약 1 g을 정량하고 80% 에탄올 30 ml를 가하고, 진탕기를 사용해 20분간 혼합하였다. 70°C에서 1시간 동안 초음파 추출한 후 원심분리(20,000 rpm, 15분)를 통해 상층액을 취한 후 0.45 μm nylon syringe filter로 여과하

였다. 시험관에 표준용액과 시험용액 각각 1 ml씩 넣고 증류수 8 ml과 1N Phenol reagent(Folin & Ciocalteu’s Phenol reagent) 1 ml를 가한 후 5분간 충분히 혼합하였다. 15% Na₂CO₃ 용액 1 ml를 넣고 실온에서 1시간 정치시킨 후 흡광도 760 nm에서 측정하였다. 표준물질 gallic acid의 농도별 흡광도와 각 농도별 시료의 흡광도의 차를 이용해 표준물질의 검량선을 작성했으며, 폴리페놀 함량은 시료 중량 100 g당 mg gallic acid equivalent로 나타내었다.

지방산 분석

시료 전처리를 위해 건조 분말시료 2 g에 Chloroform: Methanol = 2:1 용액 30 ml을 넣고 초음파처리(2시간) 후 상온으로 식힌 다음 5M NaOH 용액 10 ml을 넣고 초음파 처리 후 증탕가열 30분하였다. 14% Borontrifluoride (BF₃) 용액 5 ml 넣고 증탕 가열 10~15분 진행하고

Table 2. Nutritional contents(g/100g) and inorganic compound(mg/100g) of different strains in *F. velutipes*

| Strains | Carbohydrates | Proteins | Fats | Total dietary fiber(TDF) | Calcium (Ca) | Potassium (K) | Magnesium (Mg) |
|---------|---------------|----------|------|--------------------------|--------------|---------------|----------------|
| 4019 | 60.5 | 26.6 | 4.2 | 30.5 | 9.9 | 3448.2 | 137.0 |
| 4049 | 67.6 | 21.4 | 4.4 | 34.3 | 2.1 | 2165.1 | 99.5 |
| 4057 | 69.2 | 20.9 | 3.6 | 25.9 | 3.6 | 1919.4 | 80.7 |
| 4090 | 65.1 | 22.4 | 3.7 | 34.0 | 3.9 | 2891.2 | 114.8 |
| 4103 | 62.5 | 25.6 | 4.2 | 32.5 | 6.3 | 2447.7 | 121.2 |
| 4146 | 68.8 | 20.5 | 4.1 | 29.1 | 2.1 | 2135.6 | 100.9 |
| 4149 | 69.0 | 19.7 | 5.1 | 36.7 | 2.7 | 1908.2 | 82.9 |
| 4163 | 62.1 | 23.3 | 7.4 | 16.8 | 1.4 | 1969.0 | 78.1 |
| 4175 | 66.9 | 18.8 | 5.3 | 31.1 | 1.6 | 2487.1 | 110.2 |
| 4218 | 65.3 | 22.8 | 4.7 | 29.1 | 2.8 | 2182.8 | 96.2 |
| 4219 | 62.1 | 22.3 | 8.2 | 28.2 | 2.6 | 2100.2 | 87.0 |
| 4232 | 67.1 | 20.3 | 5.7 | 29.3 | 2.2 | 2081.0 | 91.0 |
| 4166 | 68.0 | 20.3 | 4.8 | 21.0 | 1.8 | 2047.8 | 81.0 |
| 4168 | 67.7 | 20.6 | 4.1 | 21.9 | 9.4 | 2084.9 | 97.2 |
| 4209 | 63.8 | 23.6 | 3.2 | 30.0 | 2.7 | 2451.4 | 92.4 |
| 4210 | 68.5 | 21.9 | 1.6 | 22.5 | 2.3 | 2362.6 | 86.7 |
| 4216 | 61.8 | 27.3 | 3.1 | 25.3 | 1.9 | 2311.3 | 85.3 |
| 4217 | 68.0 | 22.6 | 1.5 | 22.2 | 1.8 | 2350.9 | 83.9 |
| 4226 | 66.7 | 22.3 | 2.3 | 26.4 | 2.5 | 2332.7 | 81.6 |
| 4228 | 68.8 | 21.9 | 2.1 | 23.7 | 3.1 | 2398.2 | 90.9 |
| 4230 | 66.0 | 24.0 | 2.1 | 24.4 | 2.0 | 2353.8 | 85.5 |
| 4231 | 65.9 | 22.6 | 3.4 | 24.7 | 1.4 | 2370.9 | 80.2 |
| 4235 | 60.6 | 29.9 | 2.8 | 23.6 | 2.5 | 2079.2 | 67.7 |
| 4148 | 66.4 | 21.1 | 3.4 | 30.3 | 12.9 | 3011.3 | 122.4 |

Hexane 4 ml을 넣고 중탕가열 5분 진행하였다. 상온으로 식힌 후 5N NaCl 5 ml을 넣고 원심분리해 상등액 Hexane 층을 채취해 GC-MS(SHIMADZU QP 2020 NX, Japan)로 분석하였다. 분석칼럼은 Rtx-5 ms(30 m, 0.25 mmID, 0.25 μ m), 컬럼조건은 180°C에서 1°C/min, 210°C에서 30°C/min로 최종 250°C까지이며 유속은 0.5 ml/min으로 설정하여 각 지방산 함량을 분석하였다.

GABA(γ -aminobutyric acid) 분석

버섯 건조시료 0.025 g에 0.1N HCl 1 ml을 처리하여 실온에서 45분 정치한 후 0.45 μ m syringe filter로 여과하여 샘플을 준비하였다. 준비된 샘플을 water:Acetonitrile = 30:70 용액으로 적정 농도로 희석 후 o-phthalaldehyde(OPA)를 이용한 유도체화 과정 후 HPLC(SHIMADZU, Japan)에 적용하였다. HPLC 컬럼으로는 Supelcosil LC-18-DB(4.6 \times 250 mm, 5 μ m)을 사용하였으며, 이동상으로는 용매 A는 0.1% phosphoric acid 포함 water, 용매 B는 Acetonitrile을 사용하였다. 이동상의 농도 구배는 용매 A

를 100%로 분석을 시작해 15분 후에는 용매 A와 B 50%씩, 30분 후에는 용매 B를 90%가 되게 하였으며, 40분 후까지 용매 B가 100%가 되도록 조절하였다. 이동상의 유속은 0.5 ml/min로 고정하였고, 338 nm의 UV detector로 GABA를 검출하였다.

결과 및 고찰

팽이 영양성분 비교 분석

팽이는 다이어트 식품으로 잘 알려져 있는데, 자원들의 영양성분 비교를 통해 탄수화물 함량은 낮고 단백질, 식이섬유 함량이 높은 자원을 선발하고자 하였다. 팽이 26종의 영양성분 분석 결과(Table 2), 각 성분별로 함량 범위는 탄수화물 60.5~69.0 g, 단백질 18.8~29.9 g, 조지방 1.5~8.2 g, 총 식이섬유 16.8~36.7 g으로 확인되었다. 저탄수화물, 고단백, 고식이섬유를 보유하고 있는 자원은 유색인 4019와 4103이었으며, 특히, 4149는 식이섬유 함량이 36.7 g으로 가장 높았다. 흰색 자원에서도 4216

Table 3. Amino acid contents(%) of different strains in *F. velutipes*

| Strains | TAA | Asp | Thr | Ser | Glu | Gly | Ala | Val | Ile | Leu | Tyr | Phe | Lys | Arg | His | Pro |
|---------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 4019 | 17.7 | 1.9 | 1.0 | 0.9 | 2.9 | 0.9 | 1.4 | 1.2 | 0.9 | 1.5 | 0.7 | 0.8 | 1.3 | 1.1 | 0.7 | 0.7 |
| 4049 | 14.2 | 1.3 | 0.8 | 0.7 | 2.4 | 0.7 | 0.9 | 1.0 | 0.8 | 1.3 | 0.6 | 0.7 | 1.0 | 0.8 | 0.5 | 0.7 |
| 4057 | 13.4 | 1.2 | 0.7 | 0.7 | 2.5 | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.8 | 1.1 | 0.6 | 0.6 | 1.0 | 0.7 | 0.6 | 0.5 |
| 4090 | 15.7 | 1.6 | 0.9 | 0.8 | 2.4 | 0.8 | 1.2 | 1.1 | 0.9 | 1.4 | 0.7 | 0.8 | 1.1 | 0.8 | 0.6 | 0.7 |
| 4103 | 17.0 | 1.7 | 0.9 | 0.9 | 3.1 | 0.9 | 1.1 | 1.1 | 0.9 | 1.4 | 0.7 | 0.8 | 1.2 | 1.0 | 0.8 | 0.8 |
| 4146 | 13.7 | 1.5 | 0.8 | 0.7 | 1.9 | 0.7 | 1.0 | 1.0 | 0.7 | 1.2 | 0.6 | 0.7 | 1.0 | 0.8 | 0.5 | 0.6 |
| 4149 | 13.1 | 1.2 | 0.7 | 0.6 | 2.9 | 0.6 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 1.1 | 0.6 | 0.6 | 0.9 | 0.8 | 0.5 | 0.5 |
| 4163 | 12.9 | 1.2 | 0.7 | 0.7 | 2.1 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 0.8 | 1.1 | 0.6 | 0.6 | 1.0 | 0.7 | 0.6 | 0.6 |
| 4175 | 15.3 | 1.5 | 0.8 | 0.8 | 2.4 | 0.8 | 1.2 | 1.1 | 0.8 | 1.3 | 0.6 | 0.7 | 1.1 | 0.9 | 0.6 | 0.6 |
| 4218 | 13.0 | 1.3 | 0.7 | 0.7 | 2.1 | 0.7 | 1.0 | 0.9 | 0.7 | 1.1 | 0.6 | 0.6 | 0.9 | 0.7 | 0.5 | 0.6 |
| 4219 | 14.1 | 1.4 | 0.7 | 0.7 | 2.7 | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.7 | 1.1 | 0.6 | 0.6 | 1.0 | 0.7 | 0.6 | 0.7 |
| 4232 | 13.4 | 1.4 | 0.7 | 0.7 | 2.4 | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.7 | 1.1 | 0.6 | 0.6 | 0.9 | 0.7 | 0.5 | 0.6 |
| 4166 | 14.8 | 1.3 | 0.7 | 0.7 | 3.4 | 0.7 | 1.0 | 0.9 | 0.7 | 1.1 | 0.7 | 0.8 | 1.1 | 0.9 | 0.6 | 0.6 |
| 4168 | 14.5 | 1.4 | 0.7 | 0.7 | 3.2 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 0.7 | 1.1 | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 0.8 | 0.5 | 0.6 |
| 4209 | 15.7 | 1.2 | 0.7 | 0.7 | 3.6 | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.6 | 1.2 | 0.9 | 0.9 | 1.2 | 1.2 | 0.5 | 0.6 |
| 4210 | 15.5 | 1.4 | 0.7 | 0.7 | 3.4 | 0.7 | 1.1 | 0.9 | 0.7 | 1.2 | 0.8 | 0.8 | 1.1 | 0.8 | 0.5 | 0.7 |
| 4216 | 15.1 | 1.4 | 0.7 | 0.7 | 3.4 | 0.7 | 1.0 | 0.9 | 0.7 | 1.2 | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 0.8 | 0.5 | 0.6 |
| 4217 | 14.6 | 1.4 | 0.7 | 0.7 | 3.3 | 0.7 | 0.9 | 0.9 | 0.7 | 1.1 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 0.7 | 0.5 | 0.6 |
| 4226 | 16.6 | 1.5 | 0.8 | 0.8 | 3.8 | 0.8 | 1.1 | 0.9 | 0.7 | 1.2 | 0.8 | 0.9 | 1.3 | 0.8 | 0.6 | 0.7 |
| 4228 | 16.5 | 1.6 | 0.8 | 0.8 | 3.7 | 0.8 | 1.0 | 0.9 | 0.7 | 1.2 | 0.8 | 0.9 | 1.2 | 0.8 | 0.6 | 0.7 |
| 4230 | 16.8 | 1.6 | 0.8 | 0.8 | 3.2 | 0.9 | 1.1 | 1.0 | 0.8 | 1.5 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 0.9 | 0.6 | 0.7 |
| 4231 | 14.8 | 1.3 | 0.7 | 0.7 | 2.9 | 0.8 | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 1.3 | 0.7 | 0.8 | 1.0 | 0.8 | 0.6 | 0.6 |
| 4235 | 12.9 | 1.3 | 0.6 | 0.6 | 2.8 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.7 | 1.1 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.7 | 0.5 | 0.5 |
| 4148 | 22.8 | 2.3 | 1.2 | 1.1 | 4.0 | 1.2 | 1.4 | 1.5 | 1.1 | 1.9 | 1.1 | 1.3 | 1.6 | 1.3 | 0.8 | 1.0 |

* TAA, Total contents of amino acids; Asp, Aspartic acid; Thr, Threonine; Ser, Serine; Glu, Glutamic acid; Gly, Glycine; Ala, Alanine; Val, Valine; Ile, Isoleucine; Leu, Leucine; Tyr, Tyrosine; Phe, Phenylalanine; Lys, Lysine; Arg, Arginine; His, Histidine; Pro, Proline

과 4235와 같은 탄수화물이 낮고 단백질 함량이 높은 균주가 있었으나 식이섬유가 많은 자원은 4148을 제외하고는 없었다. 칼슘, 칼륨, 마그네슘과 같은 무기물 분석에서는 4019와 4148이 두드러지게 큰 값을 보였다 (Table 2, Fig. 4).

팽이 아미노산 성분 함량 비교분석

팽이 건조시료에 대한 15종의 아미노산 성분 함량을 분석한 결과(Table 3), 4148 균주가 분석한 모든 아미노산에서 가장 높은 함량을 보였다. 분석한 아미노산 중 글루탐산(glu)이 자원간의 변이가 상대적으로 컸으며, 흰색자원 4148(4.02%)과 4226(3.76%)의 글루탐산(glu) 함량이 높았으며, 유색자원인 4146(1.90%), 4163(2.05%), 4218(2.07%)은 낮게 검출되었다. 그 외 기타 아미노산은 자원간의 아주 큰 변이가 없었다. 아미노산 성분은 버섯의 맛과 관련성이 높으며 글루탐산(Glu)과 아스파르트산(Asp)는 감칠맛을 내는 성분이며, 트레오닌(Thr), 세린(Ser), 알라닌

(Ala)은 단맛을 담당하는 성분이며, 그 외 쓴맛과 무미건조한 맛을 나타내는 그룹이 있다(Mau *et al.*, 2001; Yang *et al.*, 2001). 팽이 26종 중에서 4148이 앞서 영양성분과 무기물 함량이 높았으며 아미노산 함량은 특히 우수하여 기호성 높은 품종개발을 위한 좋은 재료로 활용도가 높다.

팽이 베타글루칸과 폴리페놀 함량 비교분석

버섯의 대표적인 생리활성 물질인 베타글루칸은 다당류의 일종으로 면역기능 활성화를 통해 항당뇨, 혈압조절에 효과가 있다고 보고되어 있다(Chandrasekaran *et al.*, 2011; Kim *et al.*, 2015). 팽이 26종의 베타글루칸 함량을 비교분석한 결과(Fig. 1), 함량범위는 18.7~32.7%이었으며 4218(32.7%)와 4103(32.5%) 균주가 다른 자원들에 비해 상대적으로 높았으며, 4163(18.7%)이 가장 낮았다. 유색과 흰색자원간의 베타글루칸 함량을 비교해보면, 4163과 4057을 제외하고는 전반적으로 유색이 흰색에 비해 높은 수치를 보였다.

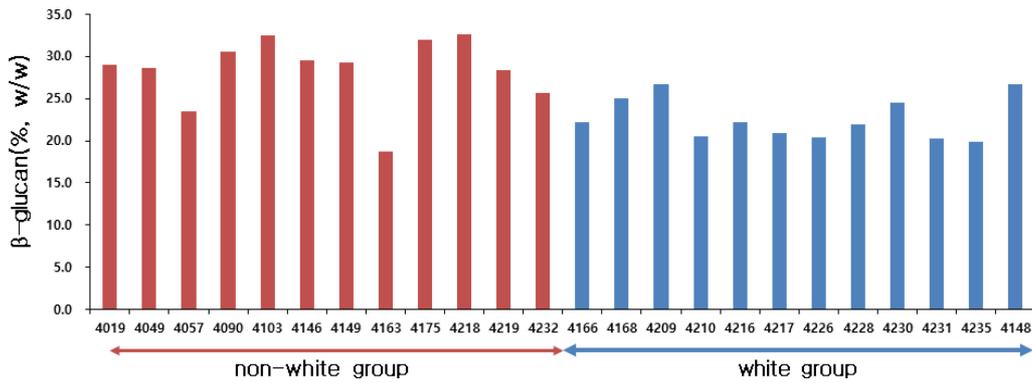


Fig. 1. β -glucan contents(%) of different strains in *F. velutipes*

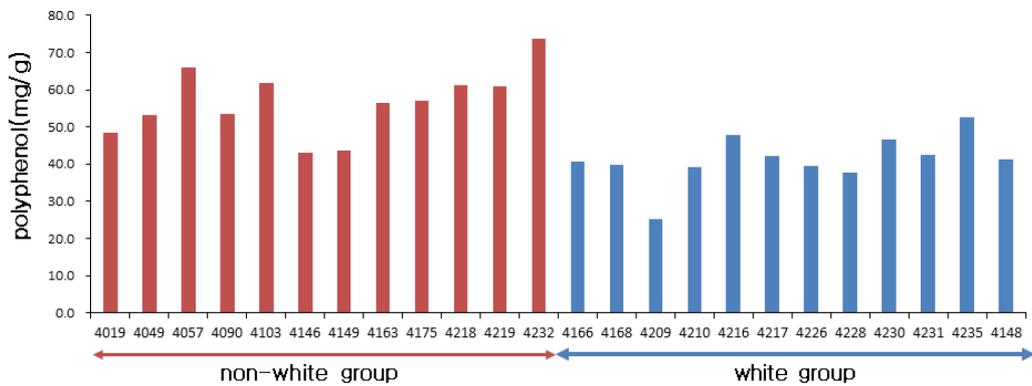


Fig. 2. Total polyphenol contents(mg/g) of different strains in *F. velutipes*

버섯의 폴리페놀은 체내 활성산소를 제거하여 항산화 작용을 한다고 알려져 있는데 특히, 팽이에서 추출한 폴리페놀은 저밀도 지질단백질의 산화를 저해하여 항산화 효과가 있다고 보고되어 있다(Rahman *et al.*, 2015). 팽이 자원의 폴리페놀 함량 범위는 25.3~73.6 mg GAE/100g으로 편차가 매우 크다(Fig. 2). 유색과 흰색자원간의 폴리페놀 함량도 4146과 4149를 제외하고는 유색이 흰색에 비해 높은 수치를 나타냈으며 특히, 4232 균주가 월등히 우수하였다.

팽이 지방산 함량 비교분석

팽이 26종과 기타버섯 5종(양송이, 느타리, 큰느타리, 느티만가닥버섯, 표고)을 대상으로 지방산 5가지를 분석한 결과(Table 4), 버섯에는 리놀렌산과 알파-리놀렌산(ALA)이 검출되었다. 체내 지방합성을 저해하는데 도움을 주는 물질인 Conjugated Linoleic acid(CLA)는 팽이를 포함한 기타버섯에도 검출되지 않았다. 알파-리놀렌산(ALA)은 팽이에만 유일하게 확인되었으며 함량 범위는 0.26~0.69 g이었다. 오메가-3 지방산 중 하나인 알파-리놀렌산은 혈중 콜레스테롤 수치를 낮추고 각종 심혈관질환을 예방하는 데 도움이 되는 성분이다(Fukumitsu *et al.*, 2013). 오메가-6 지방산의 일종인 리놀렌산은 팽이와 기타버섯 모두에 존재했으며, 기타버섯의 함량이 더 높았다.

팽이 자원내에서는 4232 균주가 리놀렌산과 알파-리놀렌산 함량이 가장 높았다.

팽이 GABA 함량 비교분석

GABA(γ -aminobutyric acid)는 신경 전달 물질 중 하나로 뇌세포의 대사기능을 촉진하고 신경을 안정시키는 기능이 있다고 알려져 있는데, 주요 버섯별로 GABA 함량을 비교한 결과 팽이에서 가장 높다고 보고가 되어있다(Kim *et al.*, 2009). GABA 함량분석은 Retention time 27.7분에서 GABA 표준물질의 피크면적을 기준으로 정량하였다(Fig. 3). 팽이 26종의 건조시료를 대상으로 GABA 분석 결과(Table 5), 함량범위는 2.00~20.56 μ g/ml이었으며 버섯 색깔과 관계없이 고른 편차를 보였다. 유색 자원에서는 ‘아랍’(4232) 품종이 15.38 μ g/ml으로 가장 높았고, 흰색은 ‘백승’(4230) 품종이 20.56 μ g/ml으로 가장 높았으며 두 품종은 고함량 GABA 팽이 신품종을 육성하는데 활용될 것으로 기대된다(Fig. 4).

적 요

팽이는 국내 생산량이 느타리, 큰느타리 다음으로 많고, 수출량도 버섯 전체 수출량의 60%이상 차지할 정도로 대

Table 4. Major fatty acid contents(g/100g) of different strains in *F. velutipes* and other mushrooms

| Samples | Linoleic acid (C18:2 cis) | α-Linolenic acid (C18:3n3) | Linoleic acid (C18:2 trans) | Conjugated Linoleic acid(CLA) | γ-Linolenic acid (C18L3n6) |
|-----------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 4049 | 1.08 | 0.59 | 0 | 0 | 0 |
| 4057 | 0.73 | 0.35 | 0 | 0 | 0 |
| 4090 | 0.67 | 0.42 | 0 | 0 | 0 |
| 4103 | 0.76 | 0.46 | 0 | 0 | 0 |
| 4111 | 0.72 | 0.38 | 0 | 0 | 0 |
| 4146 | 0.81 | 0.49 | 0 | 0 | 0 |
| 4149 | 0.69 | 0.32 | 0 | 0 | 0 |
| 4163 | 0.64 | 0.32 | 0 | 0 | 0 |
| 4175 | 0.76 | 0.47 | 0 | 0 | 0 |
| 4218 | 0.77 | 0.36 | 0 | 0 | 0 |
| 4219 | 0.92 | 0.51 | 0 | 0 | 0 |
| 4232 | 1.16 | 0.69 | 0 | 0 | 0 |
| 4166 | 0.69 | 0.41 | 0 | 0 | 0 |
| 4168 | 0.62 | 0.26 | 0 | 0 | 0 |
| 4210 | 0.79 | 0.48 | 0 | 0 | 0 |
| 4216 | 0.8 | 0.52 | 0 | 0 | 0 |
| 4217 | 0.87 | 0.5 | 0 | 0 | 0 |
| 4226 | 0.74 | 0.39 | 0 | 0 | 0 |
| 4228 | 0.71 | 0.34 | 0 | 0 | 0 |
| 4230 | 0.55 | 0.34 | 0 | 0 | 0 |
| 4231 | 0.93 | 0.56 | 0 | 0 | 0 |
| 4148 | 0.47 | 0.21 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Agaricus bisporus</i> | 2.4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Pleurotus ostreatus</i> | 1.71 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Pleurotus eryngii</i> | 1.99 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Hypsizygus marmoreus</i> | 1.59 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Lentinula edodes</i> | 1.16 | 0 | 0 | 0 | 0 |

표적인 버섯이며 가격이 저렴하여 소비자들이 쉽게 접근할 수 있는 품목이다. 그러나 팽이는 소비자들에게는 단순한 부재료로 인식되어 수요를 높이기에는 한계가 있다. 이에 팽이의 소비한계를 극복하고 품종의 차별성을 높이고자 기능이 강화된 품종 개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 팽이의 기호성과 기능이 높은 육종소재를 발굴하고자 유전자원 26점을 대상으로 아미노산, 무기물을 포함하는 일반 영양성분, 베타글루칸 및 폴리페놀, 지방산 5종 및 GABA 물질까지 분석하였다. 칼슘, 칼륨, 마그네슘과 같은 무기물과 아미노산 15종에서 4148 균주가 가장 함량이 높았다. 면역 활성을 높이는 베타글루칸과 항산화 효능이 있는 폴리페놀은 일부 균주를 제외하고는 유색자원이 흰색자원에 비해 높은 경향성을 보였다. 지방산은 5가지 중 오메가-6 지방산인 리놀렌산과 오메가-

3-지방산 중 하나인 알파-리놀렌산이 버섯에서 검출되었으며 특히, 알파-리놀렌산은 느타리 등 5가지 주요버섯에는 없고 팽이에만 유일하게 확인되었다. 신경안정에 도움이 되는 GABA는 유색자원에서는 ‘아람’(4232) 품종이 15.38 µg/ml으로 가장 높았으며, 흰색은 ‘백승’(4230) 품종이 20.56 µg/ml으로 가장 높았다. 본 연구결과는 기능이 강화된 팽이 신품종을 개발하는데 유용한 자료로 활용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 국립원예특작과학원 기본과제(PJ01516401)에서 수행한 연구 결과로 연구비 지원에 감사드립니다.

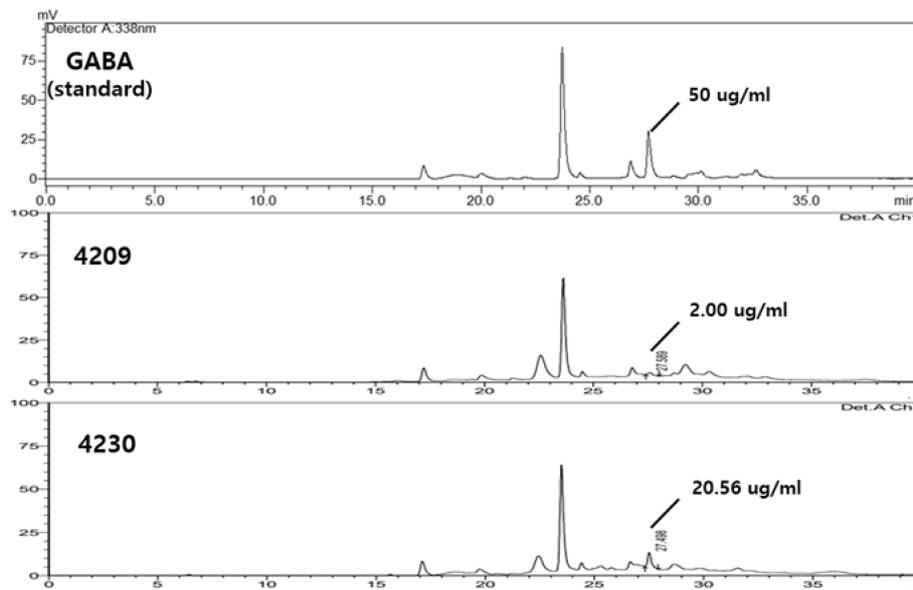


Fig. 3. HPLC chromatogram of GABA(γ -aminobutyric acid) in standard and *F. velutipes*(ASI 4209, 4230)

Table 5. GABA concentration of different strains in *F. velutipes*

| Sample | Retention time (min) | Area | Sample quantity (mg/ml) | GABA | |
|--------------------------|----------------------|--------|-------------------------|-------|------|
| | | | | mg/ml | % |
| GABA (standard material) | 27.7 | 27438 | - | 5 | - |
| 4019 | 27.6 | 34868 | 10 | 6.14 | 0.06 |
| 4049 | 27.7 | 83492 | 10 | 16.20 | 0.16 |
| 4057 | 27.7 | 41506 | 10 | 7.51 | 0.08 |
| 4090 | 27.7 | 59622 | 10 | 11.26 | 0.11 |
| 4103 | 27.7 | 97960 | 10 | 19.20 | 0.19 |
| 4146 | 27.6 | 66200 | 10 | 12.62 | 0.13 |
| 4149 | 27.7 | 35468 | 10 | 6.26 | 0.06 |
| 4163 | 28.0 | 60679 | 10 | 11.48 | 0.11 |
| 4175 | 27.6 | 75518 | 10 | 14.55 | 0.15 |
| 4218 | 27.9 | 59057 | 10 | 11.14 | 0.11 |
| 4219 | 27.5 | 37345 | 10 | 6.65 | 0.07 |
| 4232 | 27.5 | 79506 | 10 | 15.38 | 0.15 |
| 4166 | 28.0 | 53879 | 10 | 10.07 | 0.10 |
| 4168 | 28.0 | 27995 | 10 | 4.71 | 0.05 |
| 4209 | 27.6 | 14903 | 10 | 2.00 | 0.02 |
| 4210 | 27.6 | 69746 | 10 | 13.36 | 0.13 |
| 4216 | 27.6 | 86658 | 10 | 16.86 | 0.17 |
| 4217 | 27.6 | 98885 | 10 | 19.39 | 0.19 |
| 4226 | 27.5 | 21322 | 10 | 3.33 | 0.03 |
| 4228 | 27.5 | 35613 | 10 | 6.29 | 0.06 |
| 4230 | 27.5 | 104527 | 10 | 20.56 | 0.21 |
| 4231 | 27.5 | 80856 | 10 | 15.66 | 0.16 |
| 4235 | 27.5 | 34505 | 10 | 6.06 | 0.06 |
| 4148 | 27.7 | 62001 | 10 | 11.75 | 0.12 |

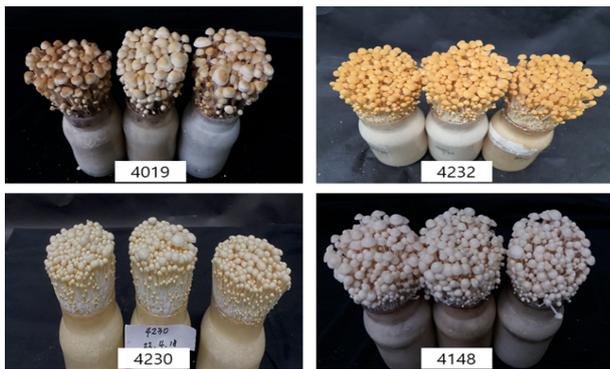


Fig. 4. Morphology of 4 strains(4019, 4232, 4230, 4148) with superior functionality

REFERENCES

- Bao HND, Ushio H, Ohshima T. 2008. Antioxidative activity and antidiscoloration efficacy of ergothioneine in mushroom (*Flammulina velutipes*) extract added to beef and fish meats. *J Agric Food Chem* 56: 10032-10040.
- Chandrasekaran G, Oh DS, Shin HJ. 2011. Properties and potential applications of the culinary-medicinal cauliflower mushroom, *Sparassis crispa* Wulf.:Fr. (Aphyllphoromycetidae): a review. *Int J Med Mushrooms* 13: 177-183.
- Fukumitsu S, Villareal MO, Onaga S, Aida K, Han J, Isoda H. 2013. α -Linolenic acid suppresses cholesterol and triacylglycerol biosynthesis pathway by suppressing SREBP-2, SREBP-1a and -1c expression. *Cytotechnology* 65: 899-907.
- Im JH, Jang KY, Oh YL, Oh MJ, Jegadeesh R, Kong WS. 2019. Breeding of a new cultivar of golden *Flammulina velutipes* 'Auram'. *J Mushrooms* 17: 218-223.
- Karaman M, Jovin E, Malbasa R, Matavuly M, Popović M. 2010. Medicinal and edible lignicolous fungi as natural sources of antioxidative and antibacterial agents. *Phytother Res* 24: 1473-1481.
- Kim MJ, Lee KW, Chang WB, Jeon JO, Kim IJ. 2018. Characteristics and breeding of 'Yeoreumhyang1ho': a new light brown variety of *Flammulina velutipes* adaptable to high temperature. *J Mushrooms* 16: 287-292.
- Kim MY, Chung IM, Lee SJ, Ahn JK, Kim EH, Kim MJ, Kim SL, Moon HI, Ro HM, Kang EY, Seo SH, Song HK. 2009. Comparison of free amino acid, carbohydrates concentrations in Korean edible and medicinal mushrooms. *Food Chem* 113: 386-393.
- Kim SC, Kim HS, Cho YU, Ryu JS, Cho SJ. 2015. Development of strain-specific SCAR marker for selection of *Pleurotus eryngii* strains with higher β -glucan. *J Mushrooms* 13: 79-83
- Kitamoto, Y, Nakamata M, Masuda P. 1993. Production of novel white strain of *Flammulina velutipes* by breeding. Genetics and Breeding of Edible mushrooms 65-86
- Mau JL, Chang CN, Huang SJ, Chen CC. 2004. Antioxidant properties of methanolic extracts from *Grifola frondosa*, *Morchella esculenta* and *Termitomyces albuminosus* mycelia. *Food Chem* 87: 111-118.
- Rahman MA, Abdullah N, Aminudin N. 2015. Antioxidative effects and inhibition of human low density lipoprotein oxidation in vitro of polyphenolic compounds in *Flammulina velutipes* (golden needle mushroom). *Oxid Med Cell Longev* 2015: 403023.
- Tang C, Hoo PCX, Tan LTH, Pusparajah P, Khan TM, Lee LH, Goh BH, Chan KG. 2016. Golden needle mushroom: a culinary medicine with evidenced-based biological activities and health promoting properties. *Front Pharmacol* 7: 474.
- Tomita T, Ishikawa D, Noguchi T, Katayama E, Hashimoto Y. 1998. Assembly of flammutoxin, a cytolytic protein from the edible mushroom *Flammulina velutipes*, into a pore-forming ring-shaped oligomer on the target cell. *Biochem J* 333: 129-137.
- Wang PM, Liu XB, Dai YC, Horak E, Steffen K, Yang ZL. 2018. Phylogeny and species delimitation of *Flammulina*: taxonomic status of winter mushroom in East Asia and a new European species identified using an integrated approach. *Mycol Progress* 17: 1013-1030.
- Woo S-I, Jang KY, Kong W-S. 2017. Characteristics of 'BaekSeung', a new cultivar *Flammulina velutipes*. *J Mushrooms* 15: 25-30.
- Yang JH, Lin HC, Mau JL. 2001. Non-volatile taste components of several commercial mushrooms. *Food Chem* 72: 465-471.
- Yeh MY, Ko WC, Lin LY. 2014. Hypolipidemic and antioxidant activity of enoki mushrooms (*Flammulina velutipes*). *Biomed Res Int* 2014: 352385
- Younis A, Stewart J, Wu FS, Shikh HE, Hassan F, Elaasser M. 2014. Effectiveness of different solvents extracts from edible mushrooms in inhibiting the growth of tumor cells. *Cancer Biology* 4: 1-15.