

트리플로 쓰이는 *Tuber melanosporum*, *Tuber aestivum* 및 *Tuber magnatum*의 유용성분

정희경¹ · 임승빈¹ · 김경제¹ · 진성우¹ · 고영우¹ · 하늘이¹ · 윤경원² · 서경순^{1,*}

¹(재)장흥군버섯산업연구원

²순천대학교 바이오한약자원학과

Useful components of *Tuber melanosporum*, *Tuber aestivum*, and *Tuber magnatum* used as truffles

Hee-Gyeong Jeong¹, Seung-Bin Im¹, Kyung-Je Kim¹, Seong-Woo Jin¹, Young-Woo Koh¹, Neul-I Ha¹, Kyeong-Won Yun², and Kyoung-Sun Seo^{1,*}

¹Jangheung Research Institute for Mushroom Industry, Jangheung 59338, Korea

²Department of Oriental Medicine Resources, Suncheon Nat'l University, Suncheon 57922, Korea

ABSTRACT: This study analyzed *Tuber melanosporum*, *Tuber aestivum*, and *Tuber magnatum*, specifically the content of β -glucan, amino acids, nucleic acid-related substances, vitamin C, and ergosterol. The β -glucan content was highest in *T. magnatum* (20.54%). The free amino acid content was highest in *T. aestivum*, with the major amino acids being cystine, glutamic acid, and aspartic acid. The total amino acid content was the highest in *T. magnatum*, the primary amino acids being cystine, glutamic acid, and lysine. The content of nucleotide related compounds was the highest in *T. magnatum* (5.09 mg/100 g). The highest content of vitamin C (10.15 mg/100 g) and ergosterol (596.91 mg/100 g) was found in *T. magnatum*, which had the highest useful component content among the three truffles. Additional studies investigating the variation in useful components according to collection time and growth environment are needed.

KEYWORDS: *Tuber aestivum*, *Tuber magnatum*, *Tuber melanosporum*, Truffles, Useful Components

서론

외생균근(Ectomycorrhizae)은 수목의 뿌리에 공생하며 균투(Fungal sheath)를 형성하고 피층 세포 사이에 침투하여 하티그망(Hartig net)을 형성함으로써 토양 내 병원균, 중금속으로부터 숙주식물의 뿌리를 보호하고, 토양 수분 및 여러 양분의 흡수를 높여 식물 성장에 기여한다(Smith and Read, 2010; Lee *et al.*, 2021). 지구상에 존재하는 외생균근은 약 10,000 여종이 분포하는 것으로 알려져 있으며 국내에는 1,900 여종의 버섯 중 균근성 버섯이 약 35%를 차지하는 것으로 보고되고 있다(An *et al.*, 2020). 그 중 트리플(Truffles)은 자낭균류(Ascomycetes)에 속하며 균사체가 지상부에 발생하는 일반적인 버섯과 달리 지하생 자실체이다. 트리플은 독특한 풍미와 향으로 인해 고부가가치 버섯 중 하나로 평가되고 있으며, 형태학적으로 트리플의 색상은 종에 따라 흰색, 갈색, 검은색 음영에 이르기까지 다양한 색상을 보유하고 있다. 표

J. Mushrooms 2022 December, 20(4):227-234
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2022.20.4.227>
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853
 © The Korean Society of Mushroom Science

Hee-Gyeong Jeong(Research engineer), Seung-Bin Im(Research engineer), Kyung-Je Kim(Principal Research engineer), Seong-Woo Jin(Principal Research engineer), Young-Woo Koh(Research engineer), Neul-I Ha(Research engineer), Kyeong-Won Yun(Professor), Kyoung-Sun Seo(Principal Research engineer)

*Corresponding author

E-mail : astragali@daum.net

Tel : +82-61-862-8877, Fax : +82-61-862-8847

Received November 30, 2022

Revised December 14, 2022

Accepted December 21, 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.

면 질감은 주름지고 사마귀가 있거나 멍이 있는 것부터 매끄러운 모양, 그물 모양에 이르기까지 다양하다. 껍질은 두꺼운 벽 조직으로 구성되어 있으며, 내부에는 울타리가 늘어져 있는 정교한 모양을 가지고 있다(Allen and Bennett, 2021).

블랙 트러플에 속하는 *Tuber melanosporum*은 맛과 향이 우수하며 인공재배가 가능해 가장 대표적인 트러플로 알려져 있다(Bach *et al.*, 2021). 또한, *T. melanosporum*은 중추신경계의 면역 조절제와 지방산 신경 전달 물질로 알려진 anandamide를 함유하고 있어 면역 조절 작용을 하는 것으로 알려져 있으며, *Tuber aestivum*은 화이트 트러플에 속하며 5월부터 9월까지 유럽 전역에서 수확된다(Allen and Bennett, 2021; Bach *et al.*, 2021). *T. aestivum*은 인공재배가 가능하며 항돌연변이 활성에 효과가 있어 식용 트러플 중 가장 많은 연구가 진행되고 있다(Fratianni *et al.*, 2007). *Tuber magnatum*은 주로 이탈리아, 스위스, 발칸 반도, 프랑스 남동부 등 수분 함량이 높은 토양에서 수확되며 다른 트러플과 달리 인공재배가 어려운 것으로 알려져 있다(Bach *et al.*, 2021). *T. magnatum*은 음식에 첨가시 풍미를 향상시켜주는 역할을 가지고 있어 고급 식재료로 평가되며 인공재배를 위한 많은 연구가 수행되어 왔다(Zambonelli *et al.*, 1999; Bertini *et al.*, 2006; Barbieri *et al.*, 2007).

현재, 트러플의 생산이 급감함에 따라 인공재배와 관련된 연구가 활발히 진행되고 있으나, 트러플 종류에 따른 유용성분에 대한 과학적인 연구는 미약한 실정이다(Chang, 2006; Jeon *et al.*, 2015). 따라서 가장 대표적인 트러플로 알려진 *T. melanosporum*, *T. aestivum* 및 *T. magnatum*의 β -glucan, 아미노산 및 비타민 함량 등을 분석하여 트러플 간의 이화학적 특성을 비교분석하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에서 사용된 트러플은 중국 윈난성 루치안현에서 2019년 12월에 채취한 *Tuber aestivum*와 전남산림자원연구소에서 수집한 *Tuber melanosporum*와 *Tuber magnatum*를 제공 받았으며, 채취한 자실체 및 전남산림자원연구소에서 제공받은 시료는 -72°C 의 초저온 냉동고에 급속 동결 보관하여 시료로 사용하였다.

시약

실험에 사용된 추출 및 분석용 용매, chromatography용 용매와 시약은 일급 또는 특급시약을 사용하였다.

β -Glucan 분석

β -Glucan 함량은 Megazyme kit(Mushroom and Yeast β -glucan Assay Procedure K-YBGL, Megazyme,

Wicklow, Ireland)를 이용하여 분석하였다. β -Glucan 함량은 total glucan 함량을 구한 후 α -glucan 함량을 제외한 값으로 계산하였다. Total glucan 함량은 100 mesh로 분쇄한 시료 100 mg에 37% HCl 1.5 mL을 가하고 30°C 에서 45 분간 분해하였다. 분해된 시료에 증류수 10 mL를 가하여 100°C 에서 2 시간 가열한 후 방냉하였다. 방냉 후 2 N KOH 10 mL를 가하고 200 mM sodium acetate 완충액을 사용하여 100 mL로 정용하였다. 정용된 시료의 상등액 0.1 mL에 exo-1,3- β -glucanase와 β -glucosidase를 0.1 mL씩 가하여 혼합하였다. 시약 음성군은 acetate 완충액 0.2 mL를 가하고, D-glucose는 D-glucose 0.1 mL와 acetate 완충액 0.1 mL를 가하여 혼합한 후 40°C 에서 60 분 동안 반응시켰다. 반응액에 glucose oxidase/peroxidase mixture(GOPOD) 3 mL를 가하고 40°C 에서 20 분 동안 반응 후, 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. α -Glucan은 100 mesh로 분쇄한 시료 100 mg에 2 M KOH 2 mL를 가하고 20 분간 교반하였다. 이후 1.2 M sodium acetate buffer 8 mL와 amyloglucosidase 및 invertase 0.2 mL를 가하여 40°C 에서 30 분간 반응시켰다. 반응액의 상등액 0.1 mL에 200 mM sodium acetate buffer 0.1 mL와 GOPOD 3 mL를 가하고 40°C 에서 20 분간 반응 후 510 nm 흡광도에서 측정하였다.

구성아미노산 분석

구성아미노산 함량은 Strydom과 Cohen의 방법을 준용하여 분석하였다(Strydom and Cohen, 1993). 시료 0.5 g을 가수분해용 시험관에 취하고 6 N HCl 용액 10 mL를 가한 후 110°C 에서 24 시간 동안 가수분해하여 얻은 여액을 원심분리하였다. 원심분리한 상등액을 50°C 에서 농축하여 염산과 물을 완전히 증발시킨 후 20 mM HCl(pH 2.2)을 사용하여 5 mL로 정용한 다음 0.45 μm membrane filter로 여과하였다. 여액을 취하여 Agilent amino kit 시약으로 유도체화 시킨 후 시험용액으로 하였다. 구성아미노산 함량은 integrator에 의한 외부표준법으로 계산하였으며, HPLC 분석조건은 Table 1과 같다.

유리아미노산 분석

유리아미노산 함량은 Ohara and Ariyoshi의 방법을 준용하여 분석하였다(Ohara and Ariyoshi, 1979). 시료 0.5 g을 취해 증류수를 가하고 homogenizer(T25D, IKA, Staufen, Germany)를 이용하여 마쇄하였다. 마쇄한 시료를 교반·침출시켜 10 mL로 정용한 다음 3,000 rpm에서 30 분간 원심분리하고 0.45 μm membrane filter(Millipore Co., Burlington, Massachusetts, USA)를 이용하여 여과하였다. 여과한 여액 10 mL에 sulfosalicylic acid 25 mg을 가하여 4°C 에서 4 시간 동안 방치한 후 50,000 rpm에서 30 분간 원심분리하여 단백질 등을 제거하였다. 원심분리된 상등액을 0.45 μm membrane filter로 여과하여 시

Table 1. HPLC conditions for the analysis of amino acids

Item	Condition
Instrument	Agilent Technologies 1200 Series
Detector	Agilent Technologies 1200 Series DAD
Column	Poroshell HPH C ₁₈ (2.1 × 150 mm, 4 μm)
Column temp.	40°C
	A : 10 mM Sodium phosphate Di-basic : 10 mM 10 mM Sodium tetraborate 7H ₂ O = 1 : 1, pH 8.2 (Adjusted with phosphoric acid), B : Acetonitrile : Methanol : Water = 45 : 45 : 10
	Time (min) A (%) B (%)
	0 98 2
	5 84 16
	9 72 28
Buffer solution	13 60 40
	15 40 60
	15.1 10 90
	17 10 90
Wavelength	UV 338 nm
Flow rate	0.35 mL/min
Injection volume	5 μL

Table 2. HPLC conditions for the analysis of nucleotides related compounds

Item	Condition
Instrument	Agilent Technologies 1200 Series
Column	Symmetry C ₁₈ (4.6 × 250 mm, 5 μm)
Solvent	50 mM phosphate buffer (pH 5.8) : Methanol = 95 : 5
Column temp.	20°C
Wavelength	UV 254 nm
Flow rate	0.4 mL/min
	Time (min) A (%) B (%)
	0 95 5
Gradient	3 100 0
	12 50 50
	13.5 50 50

용액으로 하였으며, 유리아미노산 함량은 integrator에 의한 외부표준법으로 계산하였다. HPLC(1200 Series, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) 조건은 Table 1과 같다.

핵산관련 물질 분석

핵산관련 물질 분석은 분쇄된 시료 0.5 g을 취해 증류수 50 mL를 가하여 추출한 후 100°C의 항온수조에서 1 시간 정치하였다. 정치된 추출액을 30 초간 vortexing하고

Table 3. HPLC conditions for the analysis of vitamin C

Item	Condition
Instrument	Agilent Technologies 1200 Series
Column	Agilent XDB-C ₁₈ (Method development kit) (4.6 × 150 mm, 5 μm)
Solvent	0.05 M KH ₂ PO ₄ : ACN = 60 : 40
Column temp.	28.8°C
Wavelength	UV 254 nm
Flow rate	1.0 mL/min
Injection volume	20 μL

Table 4. HPLC conditions for the analysis of ergosterol

Item	Condition
Instrument	Agilent Technologies 1200 Series
Column	Agilent XDB-C ₁₈ (Method development kit) (4.6 × 150 mm, 5 μm)
Solvent	98% Methanol
Column temp.	28.8°C
Wavelength	UV 280 nm
Flow rate	1.0 mL/min
Injection volume	20 μL

실온에서 충분히 방랭한 후 여과하여 분석에 사용하였다. HPLC 분석조건은 Table 2와 같다.

Vitamin C 분석

시료 1 g을 취해 10% 메타인산용액을 가하고 5 분간 sonication 하였다. 그 후 5% 메타인산용액을 사용하여 50 mL로 정용한 후 filter paper(Advantec, Tokyo, Japan)로 여과하여 분석에 사용하였다. Vitamin C의 함량은 외부표준법으로 계산하였으며, HPLC 분석조건은 Table 3과 같다.

Ergosterol 분석

시료 1 g을 취해 에탄올 20 mL, 피로갈롤에탄올용액 40 mL 및 90% 수산화칼륨용액 10 mL를 가하고 30 분간 sonication한 후 85°C에서 45 분간 환류추출 하였다. 환류추출 후 시료를 방랭하고 헥산 80 mL를 가하여 분액깔대기로 진탕혼합한 후 헥산층을 취하였다. 다음 과정을 3 회 반복한 후 1 N KOH를 이용하여 수차례 세척하여 헥산층을 취하였다. 여과지에 무수황산나트륨을 이용하여 헥산층을 여과시키고 40°C에서 완전 농축시킨 후 메탄올 5 mL를 가하여 녹여 시험용액으로 하였다. Ergosterol 함량은 외부표준법으로 계산하였으며, HPLC 분석조건은 Table 4와 같다.

통계분석

실험 결과는 SPSS(Statistical Package for Social

Science, version 25, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하였으며, 3회 반복한 측정값을 평균값±표준편차 (means±SD)로 표시하였다. 시료간의 유의적인 차이는 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)로 유의수준 5% ($p>0.05$)에서 검증하였다.

결과 및 고찰

β-Glucan 함량

트리플로 사용되는 *T. melanosporum*, *T. aestivum* 및 *T. magnatum*의 β-glucan 함량 분석 결과는 Table 5와 같다. *T. melanosporum*과 *T. aestivum*의 β-glucan 함량은 각각 5.81%와 6.17%로 분석되었으며, *T. magnatum*는 20.54%로 분석되었다. β-glucan 함량이 가장 높게 나타난 *T. magnatum*는 인공재배가 어려워 자연산 채집으로만 수집되는 것으로 알려져 있으며, β-glucan 함량이 낮게 나타난 *T. melanosporum*는 트리플 중 가장 대표적인 품종으로 알려져 있다(Bach et al., 2021).

β-Glucan은 다당류의 일종으로 주로 약용버섯에 다량

Table 5. β-Glucan content of *Tuber melanosporum*, *Tuber aestivum*, and *Tuber magnatum*

Samples	β-Glucan (%)
<i>T. melanosporum</i>	5.81±0.12 ^{a)} b ^{b)}
<i>T. aestivum</i>	6.17±0.14b
<i>T. magnatum</i>	20.54±0.46a

^{a)}All data were presented by means±standard deviation.

^{b)}Mean with different small alphabet letters (a, b) are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

함유되어 있는 주요 생리활성 물질로 보고되고 있다. 또한, 세포조직의 면역을 향상시켜 항당뇨, 혈압조절 작용에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(An et al., 2021). 약용으로 사용되는 영지, 상황버섯의 β-glucan 함량을 비교분석한 결과, 각각 16.21%와 17.50%로 나타나서 본 연구의 *T. magnatum*이 약용버섯인 영지 상황보다 높은 β-glucan 함량을 나타내었다(Cho et al., 2013). 따라서 *T. magnatum*는 버섯의 주요 생리활성 물질인 β-glucan을 다량 함유하여, 고급 미식 재료로서의 활용 뿐 아니라 면역증진에도

Table 6. Total amino acids content in *Tuber melanosporum*, *Tuber aestivum*, and *Tuber magnatum*

Amino acids	Contents (mg/100 g)		
	<i>T. melanosporum</i>	<i>T. aestivum</i>	<i>T. magnatum</i>
Aspartic acid	613.83±83.93 ^{a)} c ^{b)}	914.32±38.71b	1,477.47±80.52a
Glutamic acid	770.39±130.57c	1,133.52±11.66b	2,340.67±19.44a
Serine	337.22±43.36c	434.21±15.62b	725.42±63.06a
Histidine	244.29±33.48c	365.26±6.42b	747.37±61.77a
Glycine	310.82±41.51c	583.97±26.82b	748.38±61.38a
Threonine	326.38±40.83c	469.45±1.30b	785.28±19.96a
Arginine	324.54±42.18c	632.81±15.83b	829.80±72.92a
Alanine	488.01±67.81b	467.48±12.04c	933.74±37.30a
Tyrosine	231.25±32.47c	511.08±6.96b	623.54±32.02a
Cystine	1,671.01±171.39b	1,446.92±66.68c	3,770.67±530.34a
Valine	333.19±39.40c	411.86±2.05b	828.07±6.36a
Methionine	156.03±21.75c	193.00±15.31b	400.46±26.72a
Phenylalanine	229.08±27.72c	330.02±4.97b	504.23±17.49a
Isoleucine	323.04±39.80b	329.98±0.42b	623.57±15.56a
Leucine	372.83±47.60c	474.58±13.87b	774.96±56.22a
Lysine	546.15±60.18c	1,005.86±33.19b	1,656.86±153.45a
TAA ^{c)}	7,278.06±923.98c	9,704.32±271.85b	17,770.50±1,254.51a
EAA ^{d)}	2,530.99±310.76c	3,580.01±77.53b	6,320.80±357.53a
EAA/TAA(% ^{e)}	34.78±0.15b	36.89±0.10a	35.57±0.37ab

^{a)}All data were presented by means±standard deviation.

^{b)}Mean with different small alphabet letters (a, b, c) are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

^{c)}TAA, total amino acids.

^{d)}EAA, essential amino acids(Threonine+Valine+Methionine+Isoleucine+Leucine+Phenylalanine+Histidine+Lysine).

^{e)}EAA/TAA(%), essential amino acids/total amino acids.

Table 7. Free amino acids content in *Tuber melanosporum*, *Tuber aestivum*, and *Tuber magnatum*

Amino acids	Contents (mg/100 g)		
	<i>T. melanosporum</i>	<i>T. aestivum</i>	<i>T. magnatum</i>
Aspartic acid	86.85±24.06 ^{a) b)}	311.48±32.67a	208.26±5.79b
Glutamic acid	160.87±31.47b	560.44±97.74a	42.78±6.74c
Serine	76.25±2.21c	155.82±30.98a	152.18±0.37a
Histidine	40.70±6.31ac	151.09±30.61a	97.27±0.65b
Glycine	47.38±9.06c	175.43±48.87a	95.81±0.89b
Threonine	45.02±80c	169.16±28.80a	124.21±1.85b
Arginine	66.32±9.62b	258.42±49.78a	255.12±0.96a
Alanine	169.22±4.37c	251.47±42.40b	540.48±4.23a
Tyrosine	31.22±6.60c	126.96±23.47a	95.01±0.97b
Cystine	252.50±13.33c	726.68±181.02a	546.26±7.07b
Valine	65.62±7.86c	180.53±24.97b	270.79±1.96a
Methionine	32.36±2.86c	84.50±16.59b	116.51±3.19a
Phenylalanine	28.70±6.05c	107.20±19.14a	70.15±1.16b
Isoleucine	60.97±3.51c	130.05±20.32ab	140.90±1.34a
Leucine	42.29±9.80c	164.81±33.73a	119.95±0.62b
Lysine	50.48±11.75c	279.05±70.28a	124.86±6.27b
TFA ^{c)}	1,256.75±148.11c	3,833.08±751.36a	3,000.54±5.09b
EAA ^{d)}	366.14±56.13c	1,266.39±244.45a	1,064.64±3.21b
EAA/TAA (%) ^{e)}	29.07±1.04c	33.05±0.10b	35.48±0.05a

^{a)}All data were presented by means±standard deviation.

^{b)}Mean with different small alphabet letters (a, b, c) within same rows are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

^{c)}TFA, total free amino acids.

^{d)}EAA, essential amino acids(Threonine+Valine+Methionine+Isoleucine+Leucine+Phenylalanine+Histidine+Lysine).

^{e)}EAA/TAA(%), essential amino acids/total amino acids.

구성아미노산 함량

T. melanosporum, *T. aestivum* 및 *T. magnatum*의 구성 아미노산 함량 분석 결과는 Table 6과 같다. Aspartic acid, glutamic acid, serine 등 총 16종의 아미노산이 검출되었다. *T. melanosporum*의 주요 아미노산은 cystine (1,671.01 mg/100 g), glutamic acid(770.39 mg/100 g), aspartic acid(613.83 mg/100 g) 순으로 높게 나타났으며, *T. aestivum*의 주요 아미노산은 cystine(1,446.92 mg/100 g), glutamic acid(1,133.52 mg/100 g), lysine(1,005.86 mg/100 g) 순으로 높게 나타났다. *T. magnatum*의 주요 아미노산은 cystine(3,770.67 mg/100 g), glutamic acid(2,340.67 mg/100 g), lysine(1,656.86 mg/100 g) 순으로 높게 나타났다. 총 구성아미노산 함량은 *T. magnatum*이 17,770.50 mg/100 g로 가장 높게 나타났으며, *T. melanosporum*이 7,278.06 mg/100 g로 가장 낮은 함량을 나타내었다. 그 중 필수아미노산 8 종으로 알려진 threonine, valine, methionine, lysine, isoleucine, leucine, histidine, phenylalanine의 총 함량은 *T. magnatum*이 6,320.80 mg/100 g로 가장 높게 나타났으며, *T. melanosporum*이 2,530.99 mg/100 g

로 가장 낮은 필수아미노산 함량을 나타내었다.

시중 식용으로 사용되는 것으로 알려진 표고, 송이의 구성아미노산 함량을 비교분석한 결과, 표고의 총 구성아미노산 함량은 11,326.01 mg/100 g, 필수아미노산 함량은 5,107.58 mg/100 g, 주요 아미노산은 glutamic acid, lysine, valine으로 나타났으며(Kim *et al.*, 2017), 송이의 총 구성아미노산 함량은 6,074.74 mg/100 g, 필수아미노산 함량은 4,312.32 mg/100 g, 주요 아미노산은 methionine, glutamic acid, glycine으로 나타났다(Kim *et al.*, 2018). 본 연구결과 *T. magnatum*의 총 구성아미노산과 필수아미노산 함량이 선행연구의 표고, 송이보다 높게 나타남을 확인하였다.

유리아미노산 함량

T. melanosporum, *T. aestivum* 및 *T. magnatum*의 유리아미노산 함량 분석 결과는 Table 7과 같다. 유리아미노산 함량 분석 결과, aspartic acid, glutamic acid, serine 등 총 16종의 아미노산이 검출되었다. *T. melanosporum*의 주요 유리아미노산은 cystine(252.50 mg/100 g), alanine

(169.22 mg/100 g), glutamic acid(160.87 mg/100 g) 순으로 높게 나타났으며, *T. aestivum*의 주요 아미노산은 cystine(726.68 mg/100 g), glutamic acid(560.44 mg/100 g), aspartic acid(311.48 mg/100 g) 순으로 높게 나타났다. *T. magnatum*의 주요 아미노산은 cystine(546.26 mg/100 g), alanine(540.48 mg/100 g), valine(270.79 mg/100 g) 순으로 높게 나타났다. 총 유리아미노산 함량은 *T. aestivum*이 3,833.08 mg/100 g로 가장 높게 나타났으며, *T. melanosporum*이 1,256.75 mg/100 g로 가장 낮은 유리아미노산 함량을 나타내었다. 그 중 필수아미노산 8 종으로 알려진 threonine, valine, methionine, lysine, isoleucine, leucine, histidine, phenylalanine의 총 함량은 *T. aestivum*이 1266.39 mg/100 g로 가장 높게 나타났으며, *T. melanosporum*이 366.14 mg/100 g로 가장 낮은 필수아미노산 함량을 나타내었다.

일반적으로 식품의 맛은 아미노산에 의해 영향을 받으며, 버섯은 감칠맛을 내는 glutamic acid가 다량 함유되어 있다(Kim *et al.*, 2017). 본 연구에서 주요 아미노산으로 검출된 glutamic acids와 aspartic acid는 글루타민산 나트륨 유사성분(MSG-like)으로 버섯의 감칠맛을 내는 성분으로 알려져있으며 alanine은 단맛을 내는 성분으로 알려져 있다(Yamaguchi, 1979). 시중 식용으로 사용되는 것으로 알려진 표고, 팽이버섯의 유리아미노산 함량을 비교분석한 결과, 표고의 총 유리아미노산 함량은 4,981.91 mg/100 g, 필수아미노산 함량은 2,581.03 mg/100 g, 주요 아미노산은 glutamic acid, histidine, arginine으로 나타났으며(Kim *et al.*, 2017), 팽이버섯의 총 유리아미노산 함량은 6,626.92 mg/100 g, 필수아미노산 함량은 3,303.79 mg/100 g, 주요 아미노산은 glutamic acid, alanine, aspartic acid로 나타났다(Kim *et al.*, 2014). 본 연구결과와 비교하여 트러플 3 종의 총 유리아미노산 함량이 유의적으로 낮게 나타났으나, 주요 아미노산이 glutamic acid, aspartic acid, alanine 등으로 유사하게 나타났다. 향 후 채취시기, 생육 환경에 따른 다양한 트러플 종을 수집하여 추가 실험을 통한 비교분석이 필요할 것으로 판단된다.

핵산관련 물질 함량

T. melanosporum, *T. aestivum* 및 *T. magnatum*의 핵산관련 물질 함량 분석 결과는 Table 8과 같다. *T. melanosporum*, *T. aestivum* 및 *T. magnatum* 3종 모두에서 5'-GMP(5'-Guanosine cyclic monophosphate) 만이 검출되었으며, *T. melanosporum*의 5'-GMP 함량은 1.64 mg/100 g, *T. aestivum*은 6.12 mg/100 g, *T. magnatum*은 5.09 mg/100 g의 함량을 나타내었다.

핵산관련 물질은 정미성분으로 버섯의 맛 성분을 구성하는 중요한 물질이며, 핵산관련 물질 중 5'-GMP가 가장 강한 맛을 나타내고 5'-XMP가 가장 약한 맛을 나타내는 것으로 알려져 있다(Apostolopoulos and Gilbert, 1990).

Table 8. Nucleotide related compound content in *Tuber melanosporum*, *Tuber aestivum*, and *Tuber magnatum*

Samples	5'-GMP ^{a)}
	Contents (mg/100 g)
<i>T. melanosporum</i>	1.64±0.07 ^{b)c)}
<i>T. aestivum</i>	6.12±0.12a
<i>T. magnatum</i>	5.09±0.52b

^{a)}5'-GMP, 5'-Guanosine cyclic monophosphate.
^{b)}All data were presented by means±standard deviation.
^{c)}Mean with different small alphabet letters (a, b, c) within same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

시중 식용으로 사용되는 팽이버섯, 표고의 핵산관련 물질 함량을 비교분석한 결과, 팽이버섯의 5'-GMP 함량은 93.48 mg/100 g, 표고는 5.28 mg/100 g로 나타났다. 본 연구결과와 트러플들이 다소 낮은 함량을 나타내었으나 핵산물질의 함량은 건조 방법과 건조 온도에 따라서 변하는 것으로 보고된바 있어(Kim *et al.*, 2014; Ko *et al.*, 1999), 추후 건조 방법에 따른 트러플들의 핵산관련 물질의 연구가 필요할 것으로 판단된다.

Vitamin C 함량

T. melanosporum, *T. aestivum* 및 *T. magnatum*의 vitamin C 함량 분석 결과는 Table 9와 같다. *T. melanosporum*의 vitamin C 함량은 1.65 mg/100 g, *T. aestivum*은 1.90 mg/100 g으로 분석되었으며, *T. magnatum*의 경우 10.15 mg/100 g으로 분석되었다. *T. magnatum*의 vitamin C 함량이 가장 높게 나타났으며 *T. melanosporum*이 가장 낮게 나타났다.

시중 식용으로 사용되는 것으로 알려진 표고, 능이의 vitamin C 함량을 비교분석한 결과, 표고의 vitamin C 함량은 224.78 mg/100 g(Cha *et al.*, 2004), 능이는 5.43 mg/100 g(Lee *et al.*, 2003)으로 나타나 본 연구결과에서 가장 높은 함량을 나타낸 *T. magnatum* 보다 높거나 낮은 함량을 나타내었다. 따라서 채취시기, 발생 환경에 따른 다양한 트러플을 수집하여 추가 실험을 통한 비교분석이 필요할 것으로 판단된다.

Ergosterol 함량

T. melanosporum, *T. aestivum* 및 *T. magnatum*의 ergosterol 함량 분석 결과는 Table 9와 같다. *T. melanosporum*의 ergosterol 함량은 331.41 mg/100 g, *T. aestivum*은 302.43 mg/100 g으로 분석되었으며, *T. magnatum*의 경우 596.91 mg/100 g으로 분석되었다. *T. magnatum*의 ergosterol 함량이 가장 높게 나타났으며 *T. aestivum*이 가장 낮게 나타났다.

Ergosterol은 균류의 세포막에만 존재하는 스테로이드로, 비타민 D₂의 전구체로서 자외선에 노출시키면 비타민 D₂

Table 9. The contents of vitamin C and ergosterol in *Tuber melanosporum*, *Tuber aestivum*, and *Tuber magnatum*

Samples	Contents (mg/100 g)	
	Vitamin C	Ergosterol
<i>T. melanosporum</i>	1.65±0.09 ^{a)b}	331.41±6.61b
<i>T. aestivum</i>	1.90±0.11b	302.43±6.10c
<i>T. magnatum</i>	10.15±0.33a	596.91±7.46a

^{a)}All data were presented by means±standard deviation.
^{b)}Mean with different small alphabet letters (a, b, c) within same column are significantly different at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

로 변환되어 프로비타민 D 또는 ergosterin이라고도 한다 (Schnurer, 1993; Krzyczkowski *et al.*, 2009). 또한, 골다공증 예방효과가 있으며 구루병을 완화시키는 것으로 알려져 있다(Choi *et al.*, 2006). 시중 식용, 약용으로 사용되는 것으로 알려진 노루궁뎅이버섯, 그물버섯의 ergosterol 함량을 비교분석한 결과, 노루궁뎅이버섯의 ergosterol 함량은 16.0 mg/100 g, 그물버섯은 29.3 mg/100 g으로 보고된 바 있어(Krzyczkowski *et al.*, 2009), 본 연구결과 3종 트러플의 ergosterol 함량이 높음을 확인하였다. 본 연구결과 3종의 트러플은 다량의 ergosterol을 함유하고 있는 것으로 판단되어, 향후 프로비타민 D 활용제품 개발에 중요한 소재가 될 것으로 생각된다.

T. melanosporum, *T. aestivum* 및 *T. magnatum*의 유용성분 분석 결과 β-glucan, 총 구성아미노산, vitamin C 및 ergosterol 함량은 본 연구에 사용된 3종 트러플 중에서 *T. magnatum*에서 가장 높게 나타났으며, 총 유리아미노산과 핵산관련 물질은 *T. aestivum*에서 가장 높은 함량을 보였다. 이상과 같은 결과를 바탕으로 3종 트러플 중 버섯류에 함유된 유용성분 활용에는 *T. magnatum*이 가장 적합한 것으로 판단되었다.

적 요

트러플로 사용되는 *T. melanosporum*, *T. aestivum* 및 *T. magnatum*의 특성을 파악하고자, β-glucan, 아미노산, 핵산관련 물질, vitamin C, ergosterol 함량을 분석하였다. β-Glucan 함량은 *T. magnatum*이 20.54%로 가장 높게 나타났다. 총 유리아미노산 함량은 *T. aestivum*이 가장 높게 나타났으며 주요 아미노산은 cystine, glutamic acid, aspartic acid로 나타났다. 총 구성아미노산 함량은 *T. magnatum*이 가장 높게 나타났으며, 주요 아미노산은 cystine, glutamic acid, lysine으로 나타났다. 핵산관련 물질 함량은 *T. magnatum*이 1.64 mg/100 g로 가장 높게 나타났다. 3종의 트러플 중 vitamin C와 ergosterol 함량은 *T. magnatum*에서 각각 10.15 mg/100 g, 596.91 mg/100 g으로 가장 높게 나타났다. 따라서 3종의 트러플 중 *T.*

*magnatum*의 유용성분 함량이 가장 높은 것으로 확인되었으며, 채취시기, 성장환경에 따른 트러플들을 수집하여 추가적인 유용성분 연구가 필요한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구결과는 농림축산식품부 농생명산업기술개발사업 “트러플(서양송로) 인공재배를 위한 접종묘 생산 및 현장 실증(319106-05)” 수행 결과의 일부로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

Allen K, Bennett JW. 2021. Tour of truffles: aromas, aphrodisiacs, adaptogens, and more. *Mycobiology* 49: 201-212.

An GH, Han JG, Cho JH. 2020. Comparison of the antioxidant activity and nutritional contents of ectomycorrhizal mushroom extracts in Korea. *J Mushrooms* 18: 164-173.

An GH, Im JH, Cho JH, Kim OT, Han JG. 2021. Analysis of antioxidant activities, beta-glucan, and nutritional contents by different strains of *Volvariella volvacea*. *J Mushrooms* 19: 56-65.

Apostolopoulos D, Gilbert SG. 1990. Water sorption of coffee solubles by frontal inverse gas chromatography: thermodynamic considerations. *J Food Sci* 55: 475-477.

Bach C, Beacco P, Cammaletti P, Chen ZB, Levesque E, Todesco F, Cotton C, Robin B, Murat C. 2021. First production of Italian white truffle (*Tuber magnatum* Pico) ascocarps in an orchard outside its natural range distribution in France. *Mycorrhiza* 31: 383-388.

Barbieri E, Guidi C, Bertaux J, Klett PE, Garbaye J, Ceccaroli P, Saltarelli R, Zambonelli A, Stocchi V. 2007. Occurrence and diversity of bacterial communities in *Tuber magnatum* during truffle maturation. *Environ Microbiol* 9: 2234-2246.

Bertini L, Rossi I, Zambonelli A, Amicucci A, Sacchi A, Cecchini M, Gregori G, Stocchi V. 2006. Molecular identification of *Tuber magnatum* ectomycorrhizae in the field. *Microbiol Res* 161: 59-64.

Cha WS, Lee MY, Cho BS, Park SY. 2004. A study on the composition of seasoning using *Lentinus edodes*. *J Life Sci* 14: 826-833.

Chang HY. 2006. International situation of ectomycorrhizae Truffle spp. production. *Prac Agri Res Knac* 8: 3-22.

Cho JH, Lee JY, Lee MJ, Oh HN, Kang DH, Jhune CS. 2013. Comparative analysis of useful β-glucan and polyphenol in the fruiting bodies of *Ganoderma* spp. *J Mushrooms* 11: 164-170.

Choi SY, Sung NJ, Kim HJ. 2006. Physicochemical characteristics of traditional Doenjang with added *Lentinus edodes*. *Korean J Food Cook Sci* 22: 69-79.

Fратиanni F, Di LA, Coppola R, Nazzaro F. 2007. Mutagenic and antimutagenic properties of aqueous and ethanolic extracts from fresh and irradiated *Tuber aestivum* black truffle: a preliminary study. *Food Chem* 102: 471-474.

Jeon SM, Wang EJ, Ka KH. 2015. Characteristics of mycelial growth and enzyme activities of *Mattiroloomyces terfezioides*

- collected from *Robinia pseudoacacia* forest in Korea. *Kor J Mycol* 43: 165-173.
- Kim KJ, Im SB, Kim SM, Park JK, Lee SH, Kim JB. 2018. Comparison of the proximate composition and amino acid content of domestic and imported *Tricholoma matsutake* and *Sarcodon aspratus*. *J Mushrooms* 16: 208-212.
- Kim KJ, Im SB, Yun KW, Je HS, Ban SE, Jin SW, Jeong SW, Koh YW, Cho IK, Seo KS. 2017. Content of proximate compositions, free sugars, amino acids, and minerals in five *Lentinula edodes* cultivars collected in Korea. *J Mushrooms* 15: 216-222.
- Kim YD, Kwak SH, Kim KJ, Seo KS, Park TY. 2014. The analysis of useful components in *Flammulina velutipes* fruit body, *Flammulina velutipes* mycelium and *Cordyceps militaris* mycelium. *J Mushrooms* 12: 193-200.
- Ko JW, Lee WY, Lee JH. 1999. Absorption characteristics of dried Shiitake mushroom powder using different drying methods. *Korean J Food Sci Technol* 31: 128-137.
- Krzyszczkowski W, Malinowska E, Suchocki P, Kleps J, Olejnik M, Herold F. 2009. Isolation and quantitative determination of ergosterol peroxide in various edible mushroom species. *Food Chem* 113: 351-355.
- Lee JC, Park H, Eom AH. 2021. Community structure of ectomycorrhizal fungal communities *Colonizing Quercus* spp. in limestone areas of Korea. *Kor J Mycol* 46: 109-118.
- Lee SH, Kim NW, Shin SR. 2003. Studies on the nutritional components of mushroom (*Sarcodon aspratus*). *Korean J food Preserv* 10: 65-69.
- Ohara I, Ariyoshi S. 1979. Comparison of protein precipitants for the determination of free amino acid in plasma. *Agric Biol Chem* 43: 1473-1478.
- Schnurer J. 1993. Comparison of methods for estimating the biomass of three food-borne fungi with different growth patterns. *Appl Environ Microbiol* 59: 552-555.
- Smith SE, David JR. 2010. Mycorrhizal symbiosis. Academic press, Cambridge, UK. 1-611.
- Strydom DJ, Cohen SA. 1993. Sensitive analysis of cystine/ cysteine using 6-aminoquinolyl-N-hydroxysuccinimidy carbamate (AQC) derivatives. *Tech Prot Chem* 4: 299-306.
- Yamaguchi S. 1979. The umami taste. *Food Taste Chem* 1: 33-51.
- Zambonelli A, Iotti M, Amicucci A, Pisi A. 1999. Caratterizzazione anatomo-morfologica delle micorrize di *Tuber maculatum* Vittad. sub. *Ostrya carpinifolia* Scop. *Micol Ital* 28: 29-35.