pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 37, No. 5, pp. 323~327 (2022)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2022.37.5.323

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

국내산과 수입산 송이의 다량 및 미량 미네랄 함량 비교

정희경[1,2] · 김경제[2] · 서경순[2] · 진성우[2] · 고영우[2] · 임승빈[2] · 하늘이[2] · 김중범[1]*
[1]순천대학교 식품공학과, [2](재)장흥군버섯산업연구원

Comparison of Macro and Micro Mineral Contents in Domestic and Imported *Tricholoma matsutake*

Hee-Gyeong Jeong[1,2], Kyung-Je Kim[2], Kyoung-Sun Seo[2], Seong-Woo Jin[2], Young-Woo Koh[2], Seung-Bin Im[2], Neul-I Ha[2], Jung-Beom Kim[1]*
[1]*Department of Food Science and Technology, Sunchon National University, Suncheon, Korea*
[2]*Jangheung Research Institute for Mushroom Industry, Jangheung, Korea*

(Received June 19, 2022/Revised August 10, 2022/Accepted August 24, 2022)

ABSTRACT - The mineral content of *Tricholoma matsutake* was evaluated for comparison of mineral contents according to the area of cultivation. Ten domestic and thirty Chinese (10 Yanji, 10 Yunnan and 10 Tibet) *T. matsutake* specimens were assessed using an atomic absorption spectrophotometer (AAS) and inductively coupled plasma mass spectrometer (ICP-MS). The Na, Mg, K, and Ca contents of domestic *T. matsutake* were 128.12±85.25 mg/kg, 218.52±105.35 mg/kg, 7,534.58±2,691.52 mg/kg, and 17.69±7.14 mg/kg, respectively, while those of Yanji *T. matsutake* were 124.89±57.24 mg/kg, 64.07±27.52 mg/kg, 1,439.18±311.04 mg/kg, and 10.88±4.52 mg/kg, respectively. The Na, Mg, K, and Ca contents of Yunnan *T. matsutake* were 90.78±23.23 mg/kg, 77.40±28.36 mg/kg, 1,446.29 ±126.33 mg/kg, and 28.42±5.18 mg/kg respectively, while those of Tibet *T. matsutake* were 143.50±41.54 mg/kg, 124.64±50.18 mg/kg, 3,530.95±2,714.99 mg/kg, and 21.05±8.71 mg/kg, respectively. The Cu contents of domestic, Yanji, Yunnan, and Tibet *T. matsutake* were 105.43±32.97 mg/kg, 19.92±8.95 mg/kg, 54.51±16.91 mg/kg, and 64.80±23.01 mg/kg, respectively. Both domestic and Chinese *T. matsutake* samples showed significantly different K, Mg, and Cu levels in this study. Therefore, a comparative evaluation of the K, Mg, and Cu contents of multiple domestic and Chinese *T. matsutake* varieties is needed to determine the appropriate area of cultivation in the future.

Key words: *Tricholoma matsutake*, Macro mineral, Micro mineral, Cultivation area

버섯은 균류(Fungi)의 한 종류로 대부분이 담자균류 및 자낭균류로 분류되고, 우산 모양의 자실체(포자)를 형성한다[1-3]. 버섯은 다양한 비타민, 무기질, 필수 아미노산을 포함해 탄수화물, 단백질, 지질 등의 영양성분을 함유하고 있다. 특히 β-glucan, ergosterol, ergothioneine 등 다양한 생리활성 물질을 함유하고 있어 항암 작용과 항산화 활성 등이 보고되고 있다[4-6]. 고대로부터 버섯은 종교의 식에 이용되었고 중세에는 약용 및 식용으로 이용되었다[7]. 그러나 최근 재배기술이 발달함에 따라 버섯생산량이 증가하여 다양한 식재료 및 의약품의 원료로 활용되고 있다[7]. 현재 약 2,000여 종의 식용버섯이 전 세계적으로 보고되고 있으며 국내에서는 약 350여 종이 보고되고 있다[8]. 이중 재배가 가능한 버섯은 표고, 느타리 등 30여 종으로 한정되어 있으며 송이, 능이 등의 고가 버섯은 자연에서 채취하는 야생버섯이다[7].

송이(*Tricholoma matsutake*)는 담자균아문(*Basidiomycotina*), 송이과(*Tricholomataceae*) 버섯으로 맛과 향이 우수한 식재료로 보고되고 있다[9]. 송이의 주요 기능성 물질은 β-glucan 등으로 칼슘대사, 항산화 촉진, 면역력 강화 및 심장질환과 생활습관병 예방에 효과가 있다[10]. 송이의 주요 자생지는 대한민국을 포함해 중국, 일본 등으로 보고되고 있으며, 소나무, 가문비나무 등 침엽수에 생육한다. 국

*Correspondence to: Jung-Beom Kim, Department of Food Science and Technology. SunChon National University.
255 Jungangro, Suncheon, Jeonnam, 57933 Korea.
Tel: +82-61-750-3259, Fax: +82-61-750-3208
E-mail: okjbkim@sunchon.ac.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal 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.

내에서는 주로 소나무(*Pinus densiflora*)에서 생육하는 것으로 보고되고 있다[11-13]. 송이는 우리나라와 중국의 운남성, 사천성, 만주 등에서 야생버섯으로 채취되고 있으며, 국내에서는 태백산맥과 소백산맥을 중심으로 채취되고 있다[13]. 2018년 국내 송이 채취량은 212톤으로 국내 수요를 충족시키지 못하고 있어[14], 2015년 저가의 중국산 냉동 송이가 국내 채취량의 4배 수입되고 있다[15].

국내에서 생산되는 송이는 자연적 채취만 가능하여 저가의 수입산 송이가 고가의 국내산 송이로 위변조되어 판매되는 경우가 보고되고 있다[16]. 수입산 버섯의 원산지 판별은 갓 표면과 모양 및 주름상태 등 주관적 기준에 따라 판별되고 객관적인 판별 방법이 없어 과학적인 판별법이 필요하다[16]. 그러나 현재까지의 송이 연구를 살펴보면 송이버섯의 향기 성분 분석[13], 근적외선 분광광도법을 이용한 송이의 원산지 판별[17], 질량분석기가 연결된 전자코를 사용한 송이버섯의 원산지 판별[16] 등이 연구되었으나 송이의 원산지를 정확하게 판별할 수 있는 연구는 미약한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 국내산 및 수입산 송이에 대한 다량과 미량 미네랄 함량을 분석하여 원산지 판별에 이용 가능성을 분석하고자 하였다.

Materials and Methods

실험 재료

본 실험에서 사용한 송이(*Tricholoma matsutake*)는 국내산 송이와 중국 연길, 운남 및 티벳 지역에서 수입된 송이 각각 10건, 총 40건을 사용하였다. 중국산 송이는 한국송이무역(Chilgok, Korea)에서 구입하였으며, 국내산 송이는 전라남도에서 채취된 송이를 구입하여 사용하였다.

전처리

미네랄 분석을 위하여 국내산 및 중국산 송이 약 0.5 g을 취하여 질산용액(Dong Woo Fine Chem. Co., Ltd., Iksan, Korea) 7 mL, 과산화수소(Dong Woo Fine Chem. Co., Ltd., Iksan, Korea) 1 mL를 가하고 식품공전의 마이크로웨이브법[18]에 따라 분해하였다. 분해 후 초순수제조장치(Mili-Q, Millipore Co., Boston, MA, USA)로 정제된 3차 증류수를 가하여 일정량으로 정용한 후시험용액으로 사용하였다.

다량 미네랄 분석

다량 미네랄은 식품공전의 원자흡광광도법[18]에 따라 분석하였다. 표준용액을 원자흡광광도계(Analyst 400, Perkin Elmer, Norwalk, CT, USA)에 주입하여 검량선을 작성한 후 전처리된 시험용액의 흡광도를 측정하여 Na, Mg, K, Ca의 농도를 측정하였다. 기기의 분석 조건은 다음과 같다. Fuel flow는 C_2H_2 2.0 L/min, oxidant flow는 air 10.0 L/min으로 설정하였으며, 분석 파장은 Na, Mg, K, Ca 각각 589.00, 285.51, 766.49, 422.67 nm로 조정하여 흡광도를 측정하였다.

미량 미네랄 분석

미량 미네랄은 식품공전의 유도결합플라즈마 질량분석법[18]에 따라 분석하였다. 유도결합플라즈마 질량분석기(NexION 300 D, Perkin Elmer, Norwalk, CT, USA)의 분석 조건은 RF power 1,600 Watt, pulse stage voltage 900 V로 조정하였으며, Aux. gases는 argon 1.2 L/min, Neb. gases는 argon 1.02 L/min로 설정하였다. Cr, Cu의 mass spectrum은 각각 51.941, 62.930 m/z를 분석하였다.

통계분석

통계분석은 SPSS 프로그램(Statistical Package for the Social Science, Version 26.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균과 표준편차를 계산하였다. 국내산과 수입산 송이의 미네랄 함량은 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 이용하여 $P<0.01$의 수준에서 Duncan's multiple range test로 사후검정 하였다.

Results and Discussion

회수율과 정밀성

송이에 미네랄을 첨가하여 회수율과 정밀성을 산출하였다. 회수율은 89-109%, 정밀성은 0.01-0.12%로 분석되었고 이러한 결과는 ICH 허용 범위인 회수율 80-120%, 정밀성 20% 이내를 만족하였다[19]. 송이의 미네랄 분석은 능이의 미네랄 분석[20]과 동시에 실험하였으며 직선성 결정계수는 0.99 이상, Ca의 검출한계는 0.8 mg/Kg, 그 외 미네랄은 0.3 mg/Kg 이상으로 나타났고, Ca의 정량한계는 2.4 mg/Kg 이상, 그 외 미네랄은 0.8 mg/Kg 이상으로 나타났다.

다량 미네랄 함량

원자흡광광도계를 이용해 분석한 국내산과 중국산 송이의 다량 미네랄 함량은 Table 1에 나타내었다. 국내산 송이의 다량 미네랄 함량은 Na 128.12±85.25 mg/kg, Mg 218.52±105.35 mg/kg, K 7,534.58±2,691.52 mg/kg 및 Ca 17.69±7.14 mg/kg으로 분석되었다. 중국 연길산 송이의 다량 미네랄 함량은 Na 124.89±57.24 mg/kg, Mg 64.07 ±27.52 mg/kg, K 1,439.18±311.04 mg/kg 및 Ca 10.88 ±4.52 mg/kg으로 분석되었다. 또한 중국 운남산 송이의 다량 미네랄 함량은 Na 90.78±23.23 mg/kg, Mg 77.40±28.36 mg/kg, K 1,446.29±126.33 mg/kg 및 Ca 28.42±5.18 mg/kg으로 분석되었다. 중국 티벳산 송이의 다량 미네랄 함량

Table 1. Comparison of macro minerals contents in *Tricholoma matsutake* according to the production sites

Sample		Macro mineral (mg/Kg)			
		Ca	K	Na	Mg
Korea (n=10)		17.69±7.14[1)ab]	7,534.58±2,691.52[b]	128.12±85.25[a]	218.52±105.35[b]
China (n=30)	Yanji (n=10)	10.88±4.52[a]	1,439.18±311.04[a]	124.89±57.24[a]	64.07±27.52[a]
	Yunnan (n=10)	28.42±5.18[c]	1,446.29±126.33[a]	90.78±23.23[a]	77.40±28.36[a]
	Tibet (n=10)	21.05±8.71[bc]	3,530.95±2,714.99[a]	143.50±41.54[a]	124.64±50.18[a]

[1)] All values are mean±SD.
[a-c)] The different superscripts within the same column are significantly different by Duncan's multiple range test (P<0.01).

Table 2. Comparison of micro mineral and hazardous heavy metal contents in *Tricholoma matsutake* according to the production sites

Sample		Micro mineral (mg/Kg)	
		Cr	Cu
Korea (n=10)		5.42±0.54[1)a]	105.43±32.97[c]
China (n=30)	Yanji (n=10)	5.08±1.17[a]	19.92±8.95[a]
	Yunnan (n=10)	6.11±1.71[a]	54.51±16.91[b]
	Tibet (n=10)	6.00±0.44[a]	64.80±23.01[b]

[1)] All values are mean±SD.
[a-c)] The different superscripts within the same column are significantly different by Duncan's multiple range test (P<0.01).

은 Na 143.50±41.54 mg/kg, Mg 124.64±50.18 mg/kg, K 3,530.95±2,714.99 mg/kg 및 Ca 21.05±8.71 mg/kg으로 분석되었다.

송이의 다량 미네랄은 K 함량이 가장 높고, Ca 함량이 가장 낮게 나타났으나 국내산 송이에 대한 다량 미네랄 함량 연구가 미약하여 비교분석이 곤란하였다. 그러나 중국산 송이의 다량 미네랄 함량은 Ca 270±110 mg/kg, K 2,400±1,300 mg/kg, Na 270±130 mg/kg 및 Mg 370±74 mg/kg으로 보고되어[21] 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

성인 남녀의 Ca 권장섭취량은 각각 800 mg/day, 700 mg/day으로 보고되고 있으며 상한섭취량은 2,500 mg/day로 보고되고 있다[22]. 호르몬 분비와 근육수축 등에 관여하는 Ca은 골다공증 예방에 효과가 있다[23]. 12세 이상의 K의 충분섭취량은 3,500 mg/day로 보고[22]되고 있으며 고혈압 예방에 효과가 있어 그 중요성이 증가되고 있다[24]. Na은 체내 혈액량 조절 등에 필요한 필수 영양소이나 과다 섭취할 경우, 고혈압 및 심혈관질환을 초래할 수 있다[25]. 성인의 Na 목표섭취량은 2,000 mg/day로 규정되고 있다[22]. 30세 이상 남성의 Mg 평균필요량은 305 mg/day, 권장섭취량은 370 mg/day, 상한섭취량은 350 mg/day로 보고되고 있다[22]. Mg은 체내에 4번째로 많은 미네랄로[26] 효소활성의 보조인자로 작용하며 단백질 합성과 근육수축 등에 중요한 미네랄로 보고되고 있다[27]. 또한 알코올 중독과 영양불량 등으로 결핍증이 발생할 수 있다[28]. 본 연구 결과, 맛과 향이 뛰어난 송이는 섭취 시 인체에 다량 미네랄을 공급할 수 있는 식량자원으로 판단되었다. 지역별 송이의 다량 미네랄 함량을 P<0.01의 유의수준으로 분석한 결과, 국내산과 수입산 송이 간의 K과 Mg 함량이 유의적 차이를 나타내었다. Ha 등[29]의 보고에 따르면 생육환경과 토양의 유기물 함량 등이 버섯의 미네랄 함량에 영향을 미친다고 보고되고 있다. 소나무의 뿌리에서 생육하는 송이는 생육하는 소나무와 소나무가 자생하는 지역의 토양 미네랄 함량에 따라 K과 Mg 함량의 유의적인 차이가 나타난 것으로 판단된다. 자생지역에 따른 송이의 Ca과 Na 함량은 유의적인 차이를 나타내지 않아 원산지 판별의 지표로 사용하기 어려운 것으로 판단되었다. 국내산과 수입산 송이의 K과 Mg 함량은 자생지역별로 유의적인 차이를 나타내어, 향후 다수의 송이 시료를 대상으로 한 비교연구가 필요한 것으로 판단되었다.

미량 미네랄 함량

유도결합플라즈마 질량분석기를 이용하여 측정한 국내산과 수입산 송이의 미량 미네랄 함량은 Table 2에 나타내었다. 국내산 송이의 미량 미네랄 함량은 Cr 5.42±0.54 mg/kg, Cu 105.43±32.97 mg/kg으로 분석되었으며, 중국 연길산 송이는 Cr 5.08±1.17 mg/kg, Cu 19.92±8.95 mg/kg으로 분석되었다. 또한 중국 운남산 송이는 Cr 6.11±1.71 mg/kg, Cu 54.51±16.91 mg/kg으로 분석되었고, 중국 티벳산 송이는 Cr 6.00±0.44 mg/kg, Cu 64.80±23.01 mg/kg으로 분석되었다.

송이의 미량 미네랄 함량은 Cr이 낮게 분석되었고 Cu

가 높게 나타났으나 국내산 송이에 대한 미량 미네랄 함량 연구가 부족하여 비교분석이 곤란하였다. 그러나 중국산 송이의 미량 미네랄 함량은 Cr 2.6±0.9 mg/kg, Cu 20.0±7.0 mg/kg으로 보고[21]되어 본 연구와 유사하였다. Cr은 혈당을 개선시키는 것으로 보고되고 있으며, 19세 이상 남성의 충분섭취량은 35 μg/day, 여성은 25 μg/day로 보고되고 있다[22]. Cu는 필수 미량 미네랄로 부족 시 빈혈, 신경학적 이상 등을 초래한다[26]. 본 연구 결과, 송이는 인체에 미량 미네랄을 보충할 수 있는 식재료로 판단되었다. 지역별 송이의 미량 미네랄 함량을 $P<0.01$의 유의수준으로 분석한 결과, 국내산과 수입산 송이의 Cu 함량은 유의적 차이를 나타냈으나 Cr의 경우 유의적 차이가 나타내지 않았다. 이러한 결과는 송이가 자생하는 지역의 토양과 소나무의 미네랄 함량에 영향을 받은 것으로 판단된다[30]. 자생지역에 따른 송이의 Cu 함량은 자생지역별로 유의적인 차이를 나타내어, 향후 다수의 송이 시료를 대상으로 한 비교연구가 필요한 것으로 판단되었다.

이러한 결과를 종합해 볼 때, 국내산과 수입산 송이의 원산지 판별에 K, Mg 및 Cu 함량을 활용하기 위해 향후 다수의 송이 시료를 대상으로 한 비교연구가 필요한 것으로 판단되었다.

국문요약

국내산과 수입산 송이에 대한 다량 및 미량 미네랄 함량을 분석하여 원산지 판별 가능성을 비교하고자 하였다. 송이의 미네랄 함량은 원자흡광광도계 및 유도결합플라즈마 질량분석기를 이용하여 분석하였다. 국내산 송이의 Na, Mg, K 및 Ca 함량은 각각 128.12±85.25 mg/kg, 218.52±105.35 mg/kg, 7,534.58±2,691.52 mg/kg, 17.69±7.14 mg/kg으로 분석되었다. 중국 연길산 송이의 Na, Mg, K 및 Ca 함량은 각각 124.89±57.24 mg/kg, 64.07±27.52 mg/kg, 1,439.18±311.04 mg/kg, 10.88±4.52 mg/kg으로 분석되었다. 또한 중국 운남산 송이의 Na, Mg, K 및 Ca 함량은 각각 90.78±23.23 mg/kg, 77.40±28.36 mg/kg, 1,446.29±126.33 mg/kg, 28.42±5.18 mg/kg으로 분석되었고, 중국 티벳산 송이의 Na, Mg, K 및 Ca 함량은 각각 143.50±41.54 mg/kg, 124.64±50.18 mg/kg, 3,530.95±2,714.99 mg/kg, 21.05±8.71 mg/kg으로 분석되었다. 자생지역별 송이의 K, Mg 함량은 국내산 송이에서 높게 나타나 중국산 송이와 유의적 차이를 나타내었다. 국내산 송이의 Cr 및 Cu 함량은 각각 5.42±0.54 mg/kg, 105.43±32.97 mg/kg으로 분석되었으며, 중국 연길산 송이의 Cr 및 Cu 함량은 각각 5.08±1.17 mg/kg, 19.92±8.95 mg/kg으로 분석되었다. 또한 중국 운남산 송이의 Cr 및 Cu 함량은 각각 6.11±1.71 mg/kg, 54.51±16.91 mg/kg으로 분석되었고, 중국 티벳산 송이의 Cr 및 Cu 함량은 각각 6.00±0.44 mg/kg, 64.80±23.01 mg/kg으로 분석되었다. 국내산과 중국산 송이의 Cu 함량은 유의적인 차이를 나타내었다. 따라서 송이의 원산지 판별을 위해 향후 다수의 국내산 및 수입산 송이의 K, Mg 및 Cu 함량 비교분석이 필요한 것으로 판단되었다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Hee-Gyeong Jeong https://orcid.org/0000-0002-6505-5454
Kyung-Je Kim https://orcid.org/0000-0002-8546-0465
Kyoung-Sun Seo https://orcid.org/0000-0003-2397-5305
Seong-Woo Jin https://orcid.org/0000-0002-0443-5429
Young-Woo Koh https://orcid.org/0000-0001-7414-1760
Seung-Bin Im https://orcid.org/0000-0003-4900-2704
Neul-I Ha https://orcid.org/0000-0002-7117-9816
Jung-Beom Kim https://orcid.org/0000-0002-0290-2687

References

1. Xu, X.M., Jun, J.Y., Jeong, I.H., A study on the antioxidant activity of *Hae-Songi* mushroom (*Hypsizigus marmoreus*) hot water extracts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **36**, 1351-1357 (2007).
2. Joo, O.S., Chemical components and physiological activities of *Neungee* mushroom (*Sarcodon aspratus*). *Korean J. Food Preserv.*, **15**, 864-871 (2008).
3. Kim, S.M., Kim, K.J., Jo, A.R., Park, J.K., Jo, C.H., Kwon, K.S., Kim, J.B., Comparison of moisture content and drip amount between domestic and imported frozen *Tricholoma matsutake* and *Sarcodon aspratus*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **47**, 440-446 (2018).
4. Mau, J.L., Lin, H.C., Chen, C.C., Antioxidant properties of several medicinal mushrooms. *J. Agric. Food Chem.*, **50**, 6072-6077 (2002).
5. 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).
6. Mattila, P.H., Piironen, V.I., Uusi-Rauva, E.J., Koivistoinen, P.E., Vitamin D contents in edible mushrooms. *J. Agric. Food Chem.*, **42**, 2449-2453 (1994).
7. Yoo, Y.B., Jang, K.Y., Lee, C.J., Shin, P.G., Sung, G.H., Noh, H.J., (2022, June 6). Chronicle of mushrooms. Retrieved from http://www.nongsaro.go.kr/portal/contentsFileView.do?ep=RVxzoRO6qonbkx7VTo7z@bDp1w/VGwS/8A8al7oQrKWIMVFqTJmmdJj0sqMvCFk9
8. Noh, J.G., Park, J.S., Choi, J.S., Song, I.G., Yun, T., Min, K.B., A study of useful wild mshrooms by segregation and

identification native in middle area. *J. Mushrooms*, **7**, 49-56 (2009).
9. Choi, S.Y., Kim, N.N., Kim, Y.E., Lee, Y.M., Kim, S.J., Kim, J.H., Inhibitory effects of cultured *Tricholoma matsutake* mycelia on melanin biosynthesis. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **43**, 40-242 (2011).
10. Kim, S.S., Lim, K.S., Chong, M.S., Cho, H.E., Choi, Y.H., Lee, K.N., Effects of extracts from mixed culture with *Tricholoma matsutake* mycelium and *Cordyceps militaris* mycelium on blood glucose in streptozotocin-induced diabetic rats. *J. Physiol. Pathol. Korean Med.*, **22**, 365-370 (2008).
11. Choi, S.H., Quality characteristics of *Sulgidduk* added with pine mushroom (*Tricholoma matsutake* Sing.) powder. *Korean J. Food. Nutr.*, **23**, 549-555 (2010).
12. Hong, J.Y., Choi, Y.J., Kim, M.H., Shin, S.R., Study on the quality of apple dressing sauce added with pine mushroom (*Tricholoma matsutake* Sing) and chitosan. *Korean J. Food Preserv.*, **16**, 60-67 (2009).
13. Ku, K.H., Cho, M.H., Park, W.S., Characteristics of quality and volatile flavor compounds in raw and frozen pine-mushroom (*Tricholoma matsutake*). *Korean J. Food Sci. Technol.*, **34**, 625-630 (2002).
14. Korean Forest Service. (2022, June 6) Forest products research. Retrieved from http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=136&tblId=DT_13648_A010&conn_path=I3
15. Kim, K.J., Im, S.B., Kim, S.M., Park, J.K., Lee, S.H., Kim, J.B., Comparison of the proximate composition and amino acid content of domestic and imported *Tricholoma matsutake* and *Sarcodon aspratus*. *J. Mushrooms*, **16**, 208-212 (2018).
16. Lee, N.Y., Bae, H.R., Lim, C.L., Noh, B.S., Discrimination of geographical origin of mushroom (*Tricholoma matsutake*) using electronic nose based on mass spectrometry. *J. Food Process Eng.*, **10**, 275-279 (2006).
17. Lee, N.Y., Bae, H.R., Noh, B.S., Discrimination of geographical origin of mushroom (*Tricholoma matsutake*) using near infrared spectroscopy. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **38**, 835-837 (2006).
18. Ministry of Food and Drug Safety. (2022, June 6). Food code of Korea. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=12039
19. ICH Steering Committee. 2014. ICH Harmonised tripartite guideline validation of analytical procedures: text and methodology Q2(R1). Charlotte, NC, USA, pp. 1-13.
20. Jeong, H.G., Kim, K.J., Seo, K.S., Jin, S.W., Koh, Y.W., Im, S.B., Ha, N.I., Kim, J.B., Comparison of the mineral contents in domestic and Chinese *Sarcodon aspratus*. *J. Mushrooms*, **19**, 51-55 (2021).
21. Liu, H., Zhang, J., Li, T., Shi, Y., Wang, Y., Mineral element levels in wild edible mushrooms from Yunnan, China. *Biol Trace Elem Res.*, **147**, 341-345 (2012).
22. Ministry of Health and Welfare. 2015. Dietary reference intakes for Koreans 2015. Sejong, Korea, pp. 570-916.
23. Park, S.J., Development of nutrition education data for improving the consumption of calcium for teenagers. MA thesis, University of Inje, Gimhae, Korea (2011).
24. Lee, S.K., Chang, E.J., Choi, J.C., Bahn, K.N., Kim, M.H., Current assessment of sodium and potassium intakes in elementary and middle school students through school meals. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **42**, 578-585 (2010).
25. Dahl, L.K., Possible role of salt intake in the development of essential hypertension. *Int J. Epidemiol.*, **34**, 967-972 (2005).
26. Wester, P.O., Magnesium. *Am. J. Clin Nutr.*, **45**, 1305-1312, (1987).
27. Aikawa, J.K., 1996. Magnesium: Its biologic significance. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 233-237.
28. Cho, S.H., Effect of crab shell and methionine supplemented feeds on mineral concentration of cow's milk. MA thesis, University of Yonsei, Seoul, Korea (2002).
29. Ha, T.M., Kim, Y.H., Chi, J.H., Ju, Y.C., Kim, H.D., Sung, J.M., Survey on distribution and vegetation environment of *Tricholoma matsutake* in Kyonggi province, Korea. *J. Mushrooms*, **2**, 175-183 (2004).
30. Gast, C.H., Jansen, E., Bierling, J., Haanstra, L., Heavy metals in mushrooms and their relationship with soil characteristics. *Chemosphere*, **17**, 789-799 (1988).