

식용 및 약용버섯류의 단당류, 이당류, 당알코올 함량 비교 분석

조재한* · 박혜성 · 한재구 · 이강호 · 성기호 · 전창성

국립원예특작과학원 버섯과

Comparative analysis of total sugar and sugar alcohol contents of the fruiting bodies in edible and medicinal mushrooms.

Jae-Han Cho*, Hye-Sung Park, Jae-Gu Han, Gang-Hyo Lee, Gi-Ho Sung and Chang-Sung Jhune

Mushroom Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA Chungbuk Eumseong 369-873, Korea

ABSTRACT: We analyzed saccharide by dividing and comparing Monosaccharide, Disaccharide and sugar Alcohol. At first, Glucose had outstanding contained quantity of ASI 7114 with 81.11 g/l even comparing with other mushrooms for medical use and edibility. And 119.98 g/l of Fructose was observed at *Hericium erinaceum* that was more contained quantity than *Flammulina velutipes* and *Lentinus edodes*. But, the most contained quantity observed in *Ganoderma lucidum* was ASI 7015 with 15.70 g/l that was the level of 1/8 approximately against *Hericium erinaceum*. Ribose was found at low level generally that was hardly contained. Xylose was also observed low level. ASI 7004 was detected at 0.96g/l that was the most content with imperceptible difference by comparing with other mushrooms for medical use and edibility. Next, 35.21 g/l of Trehalose, disaccharide was observed at *Agaricus bisporus* that was around 11 times of content than ASI 3.09 g/l that was the most content of *Ganoderma lucidum*. For α -Lactose, *Sparassis crispa* has the most amount of 3.38 g/l that was around 12.5 times of ASI 7060 0.27 g/l that was the most content of *Ganoderma lucidum*. For Glycerol, sugar alcohol, 64.74 g/l was observed at *Pleurotus eryngii*. We knew it was around 8 times of ASI 7004 8.61 g/l that was the most content of *Ganoderma lucidum*. 0.72 g/l of Solbitol was observed at *Flammulina velutipes*. We knew it was around 2times of ASI 7003 0.31 g/l that was the most content of *Ganoderma lucidum*. Moreover most of *Ganoderma lucidum* didn't contain Solbitol. 2.96 g/l of Mannitol was observed at *Agaricus bisporus*. that was the most content among other mushrooms. Also Mannitol was contained in *Lentinus edodes* and *leurotus cornucopiae* only. Even *Ganoderma lucidum* didn't have Mannitol. At last, as a result of myo-Inositol content analysis, it was seemed not to be involved in any of mushrooms.

KEYWORDS: Carbohydrate, Monosaccharide, Disaccharide, Sugar alcohol

서론

최근 여러 분야에서 눈부시게 빠른 경제성장과 서구화로 다양한 식생활의 변화로 인해 식품산업이 차지하는 비중은 날이 늘어나고 새롭게 변모해 가고 있다. 이런 식품 중에서도 버섯이 차지하는 비중은 극히 미비하지만 식용버섯 및 약용버섯의 인공재배가 대량화, 규모화로 되어가고 버섯이 갖고 있는 영양성분과 약용가치가 점차 밝혀짐에 따라 그 수요도 증가하고 있다. 버섯은 그 독특한 향미로 널리 식용되거나 또는 약용으로 하는가 하면 목숨을 앗아가는 독버섯으로 두려움을 받기도 하였다. 버섯은 인체에 독성이 없고 신선하게 먹을 수 있는 식용버섯과 약리적인 기능이 강한 약용버섯으로 구분되어진다. 식용버섯에는 팽이, 양송이, 느타리, 새송이, 표고

J. Mushrooms 2014 December, 12(4):316-323
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2014.12.4.316>
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853
 © The Korean Society of Mushroom Science

*Corresponding author
 E-mail : agroup@korea.kr
 Tel : +82-43-871-5717, Fax : +82-43-871-5702

Received November 5, 2014
 Revised December 8, 2014
 Accepted December 22, 2014

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.

등이 속하며, 약용버섯은 영지, 상황, 동충하초, 차가버섯, 운지버섯 등을 말한다. 무엇보다도 이러한 식용 및 약용 버섯류가 갖고 있는 가장 일반적이며 중요한 기능은 영양공급원으로서의 기능이라 볼 수 있다(Kim *et al.*, 2006; Park *et al.*, 2006; Cho *et al.*, 2007). 영양공급원은 당, 단백질, 지질, 미네랄, 비타민 등이 이에 속한다. 일반적으로 버섯은 지질이 적고 당 또는 단백질이 풍부한 것과 양쪽 성분이 비슷하게 함유된 것으로 크게 나뉜다. 버섯의 당은 자일로즈, 글루코즈, 트레할로즈 등 저분자 당과 베타글루칸, 헤테로글리칸, 키틴질 등 고분자 당으로 구분된다. 이러한 종류의 당을 일컬어 탄수화물이라고 하며, 구성하고 있는 원소(CnHnOn)가 탄소, 수소, 산소라서 합수탄소(carbohydrate)라고도 불린다. 총 섭취량의 60% 이상을 차지하는 주된 영양소이다(KHIDI, 2013; KFDA, 2009, 2010). 이러한 탄수화물의 주요한 생리적 기능은 적혈구와 중추신경계의 유일한 에너지원으로 이용된다는 것이며 이런 탄수화물이 부족하게 되면 단백질이 포도당으로 분해되어 에너지원으로 쓰이기 때문에 단백질 고유의 기능을 하지 못하게 된다. 그리고 체내에서 지질분해가 불완전하게 되어 중간산물인 케톤체가 증가하게 되며, 이것은 혈액을 산성으로 만들어 산독증을 유발하기도 한다. 이와는 반대로 탄수화물이 과잉되게 되면 체내의 에너지가 남아 포도당이 아세틸 CoA에서 TCA 회로로 들어가지 않고 지방산 합성경로로 이동하여 해당경로의 중간과정에서 생성되는 글리세롤이 지방산과 결합하여 중성지방이 합성되어 결국 체지방량의 증가로 비만, 당뇨병, 심장순환계 질병 유발, 수명 단축이 나타나게 된다(Kim *et al.*, 2006; Hi *et al.*, 1982, 1984, 1986a, 1986b, 1996).

위에서 언급한 것과 같이 여러 대사활동에서 중요한 역할을 하는 탄수화물의 종류에는 단당류, 이당류, 올리고당류, 다당류로 구분되어 진다. 단당류는 당질의 가장 기본 단위이며, 이당류는 단당류 2분자가 글리코사이드 결합으로 이뤄진 것이고, 올리고당류는 단당류가 3개 이상 10개 미만으로 결합된 물질이고, 다당류는 단당류가 10개 이상으로 결합되어진 것을 말하며, 보통 수 천개 이상으로 결합되어 있다.

최근 대사성질환의 치료제로 천연물신약 개발과 건강식품산업의 발전과 더불어 버섯은 다양한 질병치료제와 건강보조식품으로 중요시 여겨지며, 현재 기능성과 바이오소재 및 의약품의 좋은 소재로 각광을 받고 있다. 따라서 본 연구에서는 식용 및 약용버섯류가 갖고 있는 단당류, 이당류, 당 알코올 함량을 비교분석함으로써 버섯의 다양한 소재화 연구에 기초자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

공시균주

Table 1. List of *Ganoderma* strains used in this study

| ASI No. | Scientific name | Collection year | Country |
|---------|--------------------------------|-----------------|------------------|
| 7001 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1982 | Japan |
| 7002 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1980 | Korea |
| 7003 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1981 | Korea |
| 7004 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1985 | Korea |
| 7005 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1981 | Japan |
| 7011 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1984 | Japan |
| 7012 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1984 | Japan |
| 7013 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1984 | Korea |
| 7014 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1984 | Korea |
| 7015 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1984 | Japan |
| 7016 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1984 | Korea |
| 7017 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1984 | Korea |
| 7019 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1985 | Japan |
| 7020 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1982 | Korea |
| 7021 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1985 | Korea |
| 7022 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1985 | Korea |
| 7023 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1985 | Japan |
| 7024 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1981 | Japan |
| 7025 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1985 | Korea |
| 7026 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1986 | Japan |
| 7027 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1986 | Japan |
| 7028 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1986 | Korea |
| 7029 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1984 | Korea |
| 7030 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1986 | Korea |
| 7031 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1994 | USA |
| 7032 | <i>Ganoderma neo-japonicum</i> | 1987 | Korea |
| 7033 | <i>Ganoderma</i> sp | 1987 | Papua New Guinea |
| 7034 | <i>Ganoderma</i> sp | 1987 | Papua New Guinea |
| 7035 | <i>Ganoderma</i> sp | 1987 | Papua New Guinea |
| 7037 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1987 | Papua New Guinea |
| 7038 | <i>Ganoderma</i> sp | 1987 | Papua New Guinea |
| 7039 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1987 | Korea |
| 7040 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1987 | Korea |
| 7041 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1987 | Korea |
| 7044 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1987 | Korea |
| 7051 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1988 | USA |
| 7052 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1988 | USA |
| 7053 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1988 | USA |
| 7054 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1988 | USA |
| 7056 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1994 | USA |
| 7057 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1995 | Korea |
| 7058 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1995 | Korea |

Table 1. Continued

| ASI No. | Scientific name | Collection year | Country |
|---------|-----------------------------|-----------------|---------|
| 7059 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1995 | Korea |
| 7060 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1995 | Korea |
| 7061 | <i>Ganoderma lobatis</i> | 1988 | USA |
| 7063 | <i>Ganoderma oregonense</i> | 1988 | USA |
| 7067 | <i>Ganoderma oregonense</i> | 1988 | USA |
| 7068 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1988 | USA |
| 7069 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1988 | USA |
| 7070 | <i>Ganoderma oregonense</i> | 1988 | Korea |
| 7071 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1988 | Korea |
| 7073 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1988 | Korea |
| 7075 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1991 | Korea |
| 7076 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1991 | Korea |
| 7077 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1991 | Korea |
| 7078 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1991 | Korea |
| 7079 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1992 | Korea |
| 7080 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1992 | Korea |
| 7081 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1992 | Korea |
| 7082 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1992 | Korea |
| 7083 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1992 | Korea |
| 7085 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1992 | Korea |
| 7086 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1992 | Korea |
| 7087 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1992 | Korea |
| 7088 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1992 | Korea |
| 7089 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1992 | Korea |
| 7090 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1992 | Korea |
| 7101 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1993 | Korea |
| 7102 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1993 | Korea |
| 7103 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1993 | Korea |
| 7104 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1994 | China |
| 7105 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1994 | China |
| 7106 | <i>Ganoderma adspersum</i> | 1994 | Korea |
| 7107 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1994 | Korea |
| 7108 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1994 | Japan |
| 7109 | <i>Ganoderma tsugae</i> | 1994 | USA |
| 7110 | <i>Ganoderma tsugae</i> | 1995 | USA |
| 7111 | <i>Ganoderma tsugae</i> | 1996 | Taiwan |
| 7112 | <i>Ganoderma tropicum</i> | 1996 | Taiwan |
| 7113 | <i>Ganoderma tropicum</i> | 1996 | Taiwan |
| 7114 | <i>Ganoderma tropicum</i> | 1996 | Taiwan |
| 7117 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1996 | Korea |
| 7118 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1997 | USA |
| 7121 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1997 | Taiwan |

Table 1. Continued

| ASI No. | Scientific name | Collection year | Country |
|---------|--------------------------|-----------------|---------|
| 7123 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1997 | Taiwan |
| 7125 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1998 | Korea |
| 7126 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1998 | Taiwan |
| 7127 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1998 | China |
| 7130 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 1999 | Korea |
| 7131 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 2000 | Korea |
| 7133 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 2001 | Vietnam |
| 7135 | <i>Ganoderma lucidum</i> | 2004 | Korea |
| 7137 | <i>Ganoderma</i> | 2008 | Korea |
| 7140 | <i>Ganoderma</i> | 2008 | Korea |

Table 2. Analytical conditions for analysis of sugars and sugar alcohols with HPLC

| | |
|------------------|---|
| | Waters 515 HPLC pump |
| Instrument | Waters 717plus auto-sampler |
| | Waters pump control module |
| Column | Grace Prevail carbohydrate ES 5 μ (250 \times 4.6 mm) |
| Mobile phase | 75% Acetonitrile |
| Detection | Waters 410 Differential Refractometer detector |
| Flow rate | 0.9 ml/min (isocratic mode) |
| Injection volume | 10 μ l |
| Oven temperature | 27°C |
| Software | Empower pro |

실험에 사용된 영지버섯자실체와 상황버섯자실체는 Table 1과 같이 농촌진흥청 국립원예특작과학원 버섯과에 보존되어 있는 ASI(Agricultural Sciences Institute) 균주 중 93종을 충북 음성에 위치한 버섯과 버섯종합재배동 원목재배사에서 재배하였다. 재배법은 영지버섯 및 상황버섯의 표준재배법에 따라 참나무 원목에 재배하여 각각의 자실체를 수확한 후에 열풍건조하여 분쇄한 시료를 얻었다. 기타 식용 및 약용버섯은 건물을 구입하여 실험에 사용하였다. (Table 1)

약용버섯 자실체의 당 분석 시료조제

자실체를 수확 후 건조된 시료를 분쇄하여 분말 시료를 사용하였다. 시료 0.5 g을 85% EtOH 25 ml과 혼합하여 shaking incubator에서 48 h동안 추출한 후 원심분리하고, 상등액 1 ml를 취해 speed-vacuum(Hanil, KR/AUTOSPIN 4080C)으로 농축하였다. 농축액을 3차 증류수 200 μ l에 용해한다. 이용액을 1ml 주사기에 취해 syringe filter(Pall Syringe Filters with PVDF Membrane, 13 mm, 0.45 μ m)로 여과하여 HPLC 분석 시료로 사용하였다.

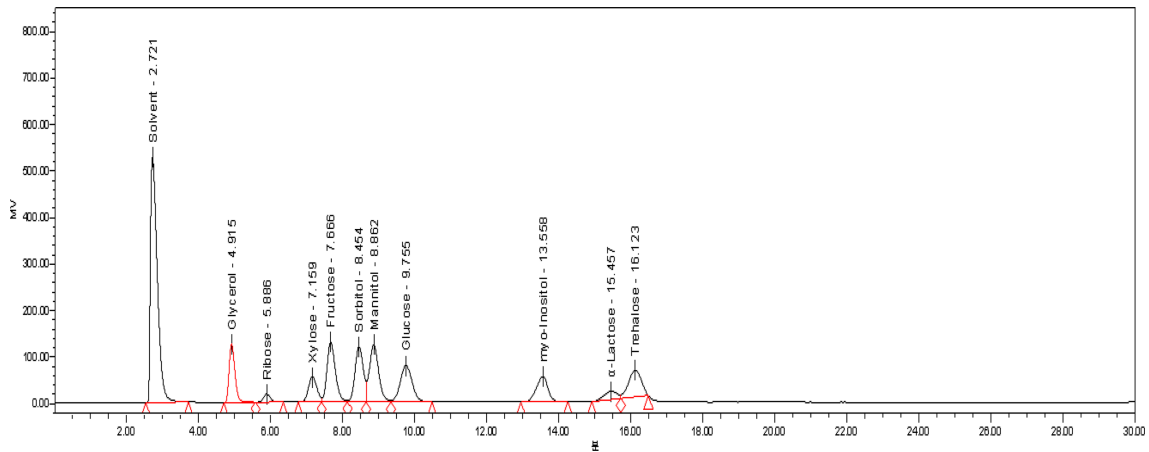


Fig. 1. Standard spectrum of sugars and sugar alcohols.

Table 3. Standard curve of sugars and sugar alcohols

| Component | Equation | R ² | Standard Error |
|--------------|--|----------------|------------------------|
| fructose | $Y=(2.21 \times 10^2 \times X)-(1.10 \times 10^5)$ | 0.9998 | 2.810868×10^4 |
| glucose | $Y=(2.03 \times 10^2 \times X)-(1.66 \times 10^5)$ | 0.9999 | 1.467522×10^4 |
| glycerol | $Y=(1.67 \times 10^2 \times X)-(1.41 \times 10^5)$ | 0.9999 | 1.694460×10^4 |
| α-lactose | $Y=(5.86 \times 10^2 \times X)-(2.10 \times 10^4)$ | 0.9997 | 1.025287×10^4 |
| mannitol | $Y=(2.38 \times 10^2 \times X)-(1.50 \times 10^5)$ | 0.9999 | 1.387915×10^4 |
| myo-inositol | $Y=(2.70 \times 10^2 \times X)-(7.64 \times 10^3)$ | 0.9999 | 1.240851×10^3 |
| ribose | $Y=(2.86 \times 10^1 \times X)-(3.67 \times 10^4)$ | 0.9972 | 1.625337×10^4 |
| sorbitol | $Y=(2.19 \times 10^2 \times X)-(1.44 \times 10^5)$ | 0.9999 | 1.734150×10^4 |
| trehalose | $Y=(1.88 \times 10^2 \times X)-(1.30 \times 10^5)$ | 0.9999 | 1.239648×10^4 |
| xylose | $Y=(1.02 \times 10^2 \times X)-(8.73 \times 10^4)$ | 0.9998 | 1.311008×10^4 |

HPLC에 의한 당 성분 분석

당 분석에 이용된 HPLC의 구성은 Waters 515 HPLC pump, Waters 717Plus Auto-sampler, Waters 410 Differential Refractometer Detector, Waters Column Heater Module, Waters Pump Control Module, Empower pro software를 이용했다. Grace Prevail Carbohydrate ES 5 μ (250×4.6 mm) 분석 Column을 사용했으며, 이동상은 75% Acetonitrile 용액을 isocratic mode로 1 ml/min으로 흘려주었다. Injection volume는 10 μl를 주입하였고, Waters 410 Differential Refractometer Detector (27°C)를 사용하여 검출하였다. (Table 2)

당성분 표준물질

표준물질은 fructose, glucose, glycerol, lactose, mannitol, myo-inositol, ribose, sorbitol, trehalose, xylose를 포함하고 있는 표준물질을 사용하였으며, 표준물질은 Monosaccharide kit, Disaccharide kit, Oligosaccharide kit, Sugar alcohol kit(Supelco)를 사용하였다. (Fig. 1) 3차 증류수로 2%, 1%, 0.5%, 0.2% 농도로 희석하여 표준용액을 조제하여 HPLC 분석을 실시하였고, 시료의 당 성분 10종류를 분석 하였다. 시료와 표준품의 spectrum을 비교하여 일치 되는 성분을 Peak area로부터 standard curve를 작성하여 당 성분의 함량 변화를 정량하였다. (Table 3)

결과 및 고찰

식용 및 약용버섯류의 단당류 함량 비교분석

단당류의 종류는 많지만 그 중 가장 대표적인 4가지 종류에 관하여 분석하였다. 우선 포도에 많이 들어 있는 glucose와 꿀이나 잘 익은 과일에 들어 있어 가장 단맛을 내는 fructose, 식물계에 널리 분포하고 있어 wood sugar라고 불리는 xylose, RNA와 ATP, 니코틴아미이드뉴클레오티드 등 여러 조효소의 구성성분인 ribose의 함량을 비교분석 하였다.

Glucose의 함량이 제일 높은 것은 ASI 7114로 81.11(g/l)이었으며, 다음은 ASI 7002로 61.89(g/l)이었다. Fructose의 함량이 제일 높은 것은 119.98(g/l)로 노루궁뎅이버섯이었으며, 다음은 팽이버섯으로 92.68(g/l)이었다. Ribose의 함량은 노랑느타리 0.88(g/l), 양송이 0.47(g/l)순으로 대부분의 영지버섯이나 약용버섯에는 함유하고 있지 않았다. 마지막으로 Xylose의 함량은 노루궁뎅이 2.41(g/l)로 높았고, 다음으로 ASI 7004 0.96(g/l)이었다. 4가지 종류의 단당류가 검출되지 않은 것이 41개이었으며, 비록 많은 양은 아니지만 모두 검출된 것은 ASI 7003뿐이었다. 3가지 이상의 단당류를 갖고 있는 것은 14개이었다. (Table 4)

Table 4. Comparative analysis of monosaccharides contents

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|------|-------|--------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| ASI No. | 7001 | 7002 | 7003 | 7004 | 7005 | 7011 | 7012 | 7013 | 7014 | 7015 | 7016 | 7017 | 7019 | 7020 | 7021 | 7022 | 7023 | 7024 | 7025 |
| Glucose | 0 | 61.89 | 20.86 | 0 | 0 | 0 | 2.98 | 0 | 3.71 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fructose | 1.59 | 0 | 0.54 | 0 | 0.74 | 0 | 0.43 | 0.37 | 0.56 | 15.7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.34 | 0 | 0 | 0 |
| Ribose | 0 | 0 | 0.06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Xylose | 0 | 0.1 | 0.44 | 0.96 | 0.16 | 0 | 0.4 | 0 | 0.15 | 0.18 | 0 | 0 | 0.1 | 0.08 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.07 |
| ASI No. | 7026 | 7027 | 7028 | 7029 | 7030 | 7031 | 7032 | 7033 | 7034 | 7035 | 7037 | 7038 | 7039 | 7040 | 7041 | 7044 | 7051 | 7052 | 7053 |
| Glucose | 0 | 3.56 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4.02 | 0 | 5.16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8.78 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fructose | 0.68 | 0 | 2.63 | 0 | 0 | 0 | 1.34 | 0.71 | 0.97 | 0 | 0.36 | 0 | 0 | 0.75 | 15.6 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ribose | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Xylose | 0.2 | 0.08 | 0 | 0 | 0.05 | 0 | 0.31 | 0.3 | 0.38 | 0 | 0 | 0.09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ASI No. | 7054 | 7056 | 7057 | 7058 | 7059 | 7060 | 7061 | 7063 | 7067 | 7068 | 7069 | 7070 | 7071 | 7073 | 7075 | 7076 | 7077 | 7078 | 7079 |
| Glucose | 3.74 | 4.18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5.01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.78 | 2.78 | 3.47 | 0 | 0 | 8.38 |
| Fructose | 1.01 | 1.42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.83 | 0.15 | 0 | 0 | 0 | 0.88 |
| Ribose | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Xylose | 0.26 | 0.45 | 0 | 0.09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.15 | 0.08 | 0 | 0.1 | 0.09 | 0.18 | 0.19 | 0.05 | 0 | 0.21 | 0.23 |
| ASI No. | 7080 | 7081 | 7082 | 7083 | 7085 | 7086 | 7087 | 7088 | 7089 | 7090 | 7101 | 7102 | 7103 | 7104 | 7105 | 7106 | 7107 | 7108 | 7110 |
| Glucose | 0 | 0 | 13.02 | 3.84 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3.07 | 0 | 0 | 0 | 7.56 | 0 | 0 |
| Fructose | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ribose | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Xylose | 0.12 | 0.08 | 0.09 | 0.15 | 0 | 0 | 0.16 | 0 | 0.08 | 0.1 | 0 | 0 | 0.09 | 0 | 0 | 0 | 0.14 | 0 | 0 |
| ASI No. | 7111 | 7112 | 7113 | 7114 | 7117 | 7118 | 7121 | 7123 | 7125 | 7126 | 7127 | 7130 | 7131 | 7133 | 7135 | 7137 | 7140 | 7151 | P.L. |
| Glucose | 4.65 | 0 | 0 | 81.11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2.9 | 0 | 38.59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fructose | 5.69 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.36 | 0.18 | 1.81 | 0 | 0 | 0 | 10.2 | 0 | 0.31 | 0 | 4.44 | 1.5 |
| Ribose | 0.18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Xylose | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.05 | 0 | 0 | 0.23 | 0.06 | 0 | 0.34 | 0.31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ASI No. | C.M. | S.C. | H.E. | C.V. | P.R. | A.A. | T.F. | S.I. | L.E. | A.B. | P.E. | F.V. | P.O. | P.C. | | | | | |
| Glucose | 2.35 | 8.95 | 14.88 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |
| Fructose | 0 | 2.23 | 119.98 | 0 | 0 | 0 | 0.8 | 0 | 34.43 | 0 | 0 | 92.68 | 0 | 0 | | | | | |
| Ribose | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.14 | 0 | 0.47 | 0.11 | 0 | 0 | 0.88 | | | | | |
| Xylose | 0 | 0 | 2.41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.19 | 0.18 | 0 | 0 | 0 | 0.02 | 0 | | | | | |

* P.L. ; *Phellinus linteus*, C.M. ; *Cordyceps militaris*, S.C. ; *Sparassis crispa*, H.E. ; *Hericium erinaceum*, C.V. ; *Coriolus versicolor*, P.R. ; *Phylloporia ribis*, A.A. ; *Auricularia auricula-judae*, T.F. ; *Tremella fuciformis*, S.I. ; *Sarcodon imbricatus*, L.E. ; *Lentinus edodes*, A.B. ; *Agaricus bisporus*, P.E. ; *Pleurotus eryngii*, F.V. ; *Flammulina velutipes*, P.O. ; *Pleurotus ostreatus*, P.C. ; *Pleurotus cornucopiae*

식용 및 약용버섯류의 이당류 함량 비교분석

이당류의 함량은 2가지 종류에 관하여 분석하였다. 곰팡이나 효모에 널리 발견되는 Trehalose 와 α-lactose에 대하여 함량을 분석하였다. Trehalose는 양송이가 35.21(g/l)로 가장 높았고, 능이버섯이 12.07(g/l)로 그 다음이었다. α-lactose는 꽃송이버섯이 3.38(g/l)로 가장 높았고, 다음으로 쫄레버섯이 0.49(g/l)이었다. 2가지 종류의 이당류가 검량되지 않은 것은 모두 29개 이었다. (Table 5)

식용 및 약용버섯류의 당알콜 함량 비교분석

전분의 가수분해로 제조되는 당류에 수소첨가의 환원반

응을 거치면 솔비톨, 만나톨, 자일리톨, 락티톨, 말티톨, 환원올리고당, 환원물엿 등의 당알코올(Polyols, sugar alcohol)류로 변화된다.

수산기(hydroxylgroups)의 수에 따라 4가 당알콜(tetritol), 5가 당알콜(pentitol), 6가 당알콜(hexitol) 및 7가 당알콜(heptitol)로 분류된다. 이들은 모두 천연적으로 존재하나 상업적으로는 합성에 의하여 얻어지며, 비환원말단(alcohol 기)으로 되면서 보습성향상, 안정성증대 및 체내소화성감소, 난충치성 등의 특징을 가지게 된다. 이들 당알코올류는 포도당사슬의 환원말단이 환원반응에 의해 당알코올의 함량은 4가지 종류에 관하여 분석하였다. 무색, 점조, 단

Table 5. Comparative analysis of disaccharides contents

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ASI No. | 7001 | 7002 | 7003 | 7004 | 7005 | 7011 | 7012 | 7013 | 7014 | 7015 | 7016 | 7017 | 7019 | 7020 | 7021 | 7022 | 7023 | 7024 | 7025 |
| Trehalose | 0 | 0.47 | 1.08 | 1.73 | 0.99 | 0.07 | 1.11 | 0 | 0.43 | 0.34 | 0 | 0 | 0.34 | 0.31 | 0 | 0.39 | 0.1 | 0 | 0.18 |
| α -Lactose | 0 | 0.19 | 0 | 0.23 | 0.14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ASI No. | 7026 | 7027 | 7028 | 7029 | 7030 | 7031 | 7032 | 7033 | 7034 | 7035 | 7037 | 7038 | 7039 | 7040 | 7041 | 7044 | 7051 | 7052 | 7053 |
| Trehalose | 1.14 | 0.18 | 0 | 0 | 0.19 | 0.09 | 1.14 | 3.09 | 1.89 | 0 | 0.11 | 0.3 | 0 | 0.21 | 0.7 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| α -Lactose | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.09 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ASI No. | 7054 | 7056 | 7057 | 7058 | 7059 | 7060 | 7061 | 7063 | 7067 | 7068 | 7069 | 7070 | 7071 | 7073 | 7075 | 7076 | 7077 | 7078 | 7079 |
| Trehalose | 1.53 | 2.81 | 0.16 | 0.44 | 0.35 | 0.17 | 0.09 | 0 | 0.59 | 0.05 | 0.07 | 0.56 | 0.3 | 0.5 | 0.87 | 0.26 | 0 | 0.58 | 2.19 |
| α -Lactose | 0.13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ASI No. | 7080 | 7081 | 7082 | 7083 | 7085 | 7086 | 7087 | 7088 | 7089 | 7090 | 7101 | 7102 | 7103 | 7104 | 7105 | 7106 | 7107 | 7108 | 7110 |
| Trehalose | 0.4 | 0.08 | 0.21 | 0.63 | 0 | 0.1 | 0.35 | 0.63 | 0.38 | 0.49 | 0 | 0.1 | 0.3 | 0 | 0.35 | 0 | 0.72 | 0 | 0 |
| α -Lactose | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ASI No. | 7111 | 7112 | 7113 | 7114 | 7117 | 7118 | 7121 | 7123 | 7125 | 7126 | 7127 | 7130 | 7131 | 7133 | 7135 | 7137 | 7140 | 7151 | P.L. |
| Trehalose | 0.4 | 0.51 | 0.06 | 0.17 | 0 | 0.16 | 0 | 0.08 | 0.8 | 0.34 | 0 | 0.27 | 0.22 | 0.18 | 0.07 | 0 | 0 | 0.31 | 0.26 |
| α -Lactose | 0.19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ASI No. | C.M. | S.C. | H.E. | C.V. | P.R. | A.A. | T.F. | S.I. | L.E. | A.B. | P.E. | F.V. | P.O. | P.C. | | | | | |
| Trehalose | 0 | 2.16 | 3.83 | 0 | 0.15 | 0 | 0.56 | 12.07 | 4.73 | 35.21 | 3.63 | 1.42 | 1.72 | 8.11 | | | | | |
| α -Lactose | 0 | 3.38 | 0 | 0 | 0.49 | 0.06 | 0.09 | 0.36 | 0 | 0 | 0.26 | 0 | 0.11 | 0 | | | | | |

* P.L. ; *Phellinus linteus*, C.M. ; *Cordyceps militaris*, S.C. ; *Sparassis crispa*, H.E. ; *Hericium erinaceum*, C.V. ; *Coriolus versicolor*, P.R. ; *Phylloporia ribis*, A.A. ; *Auricularia auricula-judae*, T.F. ; *Tremella fuciformis*, S.I. ; *Sarcodon imbricatus*, L.E. ; *Lentinus edodes*, A.B. ; *Agaricus bisporus*, P.E. ; *Pleurotus eryngii*, F.V. ; *Flammulina velutipes*, P.O. ; *Pleurotus ostreatus*, P.C. ; *Pleurotus cornucopiae*

맛이 있는 흡습성 액체로 대표적인 3가 알코올이고 당지질, 인지질, 중성지방 등의 성분으로 다량 존재하며, 알코올발효의 생성물로도 얻을 수 있는 글리세롤(glycerol)과 포도당과 같은 육탄당을 환원하여 얻는 6가 알코올의 일종이며 설탕과 유사한 단맛을 내는 솔비톨(sorbitol)로 우리나라 식품공전에 올라있고 감미료로 식품첨가물로 허가된 성분이다. 다음은 만니톨(mannitol)로 6가 알코올의 일종으로 백색 결정체이며, 물에 녹고, 단맛이 있는데 식물의 잎, 줄기, 뿌리, 해조, 지의류, 균류에 함유되어 있다. 6가 당알콜인 솔비톨(sorbitol)과 만니톨(mannitol)은 가장 효용성이 큰 물질이다.

myo-Inositol은 비타민 B복합체의 구성성분인 이노시톨형 성분으로 사이클로헥산 6가 알코올의 일종이며 생체의 막구성 성분임과 동시에 조직배양에서의 생장촉진물질로서 널리 사용하고 있으며 UDP-글루쿠론산이나 UDP-크실로오스 등으로 대사되어 세포벽 다당류의 생합성에 사용되고 있는 것이다. 우선 glycerol은 새송이버섯이 69.74(g/l)로 가장 높았고, 표고버섯이 44.03(g/l)로 그 다음이었다. sorbitol은 팽이버섯이 0.72(g/l)로 높았고, 영지버섯 균주 ASI 7003이 0.38(g/l)로 그 다음이었다. mannitol은 3곳에서만 검출되었는데 양송이 2.96(g/l), 표고버섯 1.03(g/l), 노랑느타리 0.78(g/l) 순이었다. 이와 비슷하게 myo-Inositol은 모든 곳에서 검출되지 않았다. (Table 6)

적 요

당류 성분을 단당류, 이당류, 알코올로 나눠서 비교 분석하였으며 우선 단당류에서 Glucose는 ASI 7114가 81.11 g/l 로 다른 약용버섯 및 식용버섯과 비교를 해 봐도 가장 많은 함량을 보였고, Fructose에서는 노루궁뎅이버섯이 119.98 g/l 이었고, 팽이버섯, 표고버섯도 많은 함량을 보였다. 하지만 영지버섯 중 가장 높게 나타난 것은 ASI 7015로 15.70 g/l 이었다. 노루궁뎅이 버섯보다는 1/8 정도 수준이었다. Ribose는 전체적으로 낮은 값을 보였으며, 대부분 함유하지 않음을 알 수 있었다. Xylose는 전체적으로 낮은 값을 보였으며, ASI 7004가 0.96 g/l 로 다른 약용버섯 및 식용버섯과 비교를 해 봐도 가장 많은 함량을 보였지만 큰 차이는 없었다.

다음은 이당류인 Trehalose에서는 양송이버섯이 35.21 g/l 로 가장 많은 함량을 보였고, 영지버섯중 가장 많은 함량을 갖고 있는 ASI 7033의 3.09 g/l 보다도 11배이상 함유하고 있음을 알 수 있었다. α -Lactose에서는 꽃송이버섯이 3.38 g/l 로 높은 값을 보였고, 영지버섯 중 가장 많은 함량을 갖고 있는 ASI 7060의 0.27 g/l 보다도 12.5 배 이상 함유하고 있음을 알 수 있었다.

당 알콜인 Glycerol 에서는 새송이버섯이 69.74 g/l 로 가장 많은 함량을 보였고, 영지버섯 중 가장 많은 함량을 갖고 있는 ASI 7004의 8.61 g/l 보다도 8배 이상 함유하

Table 6. Comparative analysis of sugar alcohol contents

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|------|------|
| ASI NO. | 7001 | 7002 | 7003 | 7004 | 7005 | 7011 | 7012 | 7013 | 7014 | 7015 | 7016 | 7017 | 7019 | 7020 | 7021 | 7022 | 7023 | 7024 | 7025 |
| Glycerol | 0 | 2.6 | 0.61 | 8.61 | 2.82 | 0 | 1.03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.47 | 0 | 1.79 | 0 | 0 | 1.24 | 0 | 0 |
| Sorbitol | 0 | 0 | 0.38 | 0 | 0 | 0 | 0.09 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mannitol | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| myo-Inositol | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ASI NO. | 7026 | 7027 | 7028 | 7029 | 7030 | 7031 | 7032 | 7033 | 7034 | 7035 | 7037 | 7038 | 7039 | 7040 | 7041 | 7044 | 7051 | 7052 | 7053 |
| Glycerol | 0.86 | 0.79 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.74 | 0.68 | 0.82 | 0 | 0 | 1.03 | 0 | 0 | 0.42 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Sorbitol | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mannitol | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| myo-Inositol | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ASI NO. | 7054 | 7056 | 7057 | 7058 | 7059 | 7060 | 7061 | 7063 | 7067 | 7068 | 7069 | 7070 | 7071 | 7073 | 7075 | 7076 | 7077 | 7078 | 7079 |
| Glycerol | 0.59 | 1.91 | 0 | 2.5 | 2.98 | 0 | 0 | 0 | 0.39 | 1.49 | 0.79 | 2.68 | 0.39 | 0 | 0.19 | 0.78 | 0 | 2.15 | 1.18 |
| Sorbitol | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mannitol | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| myo-Inositol | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ASI NO. | 7080 | 7081 | 7082 | 7083 | 7085 | 7086 | 7087 | 7088 | 7089 | 7090 | 7101 | 7102 | 7103 | 7104 | 7105 | 7106 | 7107 | 7108 | 7110 |
| Glycerol | 1.51 | 3.52 | 0 | 1.07 | 0 | 0.49 | 0 | 0 | 1.55 | 1.53 | 0.41 | 1.31 | 0.31 | 0 | 0 | 0 | 0.73 | 0 | 0 |
| Sorbitol | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mannitol | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| myo-Inositol | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ASI NO. | 7111 | 7112 | 7113 | 7114 | 7117 | 7118 | 7121 | 7123 | 7125 | 7126 | 7127 | 7130 | 7131 | 7133 | 7135 | 7137 | 7140 | 7151 | P.L. |
| Glycerol | 0 | 0.22 | 0 | 0.21 | 0 | 1.63 | 0 | 0 | 0 | 2.22 | 0 | 0.39 | 0.42 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.69 |
| Sorbitol | 0.3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Mannitol | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| myo-Inositol | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ASI NO. | C.M. | S.C. | H.E. | C.V. | P.R. | A.A. | T.F. | S.I. | L.E. | A.B. | P.E. | F.V. | P.O. | P.C. | | | | | |
| Glycerol | 0 | 3.76 | 4.4 | 3.05 | 6.11 | 7.01 | 14.76 | 12.32 | 44.03 | 0 | 69.74 | 3.57 | 0 | 15.21 | | | | | |
| Sorbitol | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.07 | 0 | 0.1 | 0.72 | 0.23 | 0.28 | | | | | |
| Mannitol | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.03 | 2.96 | 0 | 0 | 0 | 0.78 | | | | | |
| myo-Inositol | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | |

* P.L. ; *Phellinus linteus*, C.M. ; *Cordyceps militaris*, S.C. ; *Sparassis crispa*, H.E. ; *Hericium erinaceum*, C.V. ; *Coriolus versicolor*, P.R. ; *Phylloporia ribis*, A.A. ; *Auricularia auricula-judae*, T.F. ; *Tremella fuciformis*, S.I. ; *Sarcodon imbricatus*, L.E. ; *Lentinus edodes*, A.B. ; *Agaricus bisporus*, P.E. ; *Pleurotus eryngii*, F.V. ; *Flammulina velutipes*, P.O. ; *Pleurotus ostreatus*, P.C. ; *Pleurotus cornucopiae*

고 있음을 알 수 있었다.

Sorbitol에서는 팽이버섯이 0.72 g/l 로 가장 많은 함량을 보였고, 영지버섯 중 가장 많은 함량을 갖고 있는 ASI 7003의 0.38 g/l 보다도 2배정도 함유하고 있음을 알 수 있었다. 또한 대부분의 영지버섯에서는 함유하고 있지 않았다. Mannitol에서는 양송이가 2.96 g/l 로 가장 많은 함량을 갖고 있었으며, 표고버섯과 노랑느타리버섯에서만 함유하고 있었으며, 영지버섯에서는 함유하고 있지 않은 걸로 나타났다. 마지막으로 myo-Inositol의 함량을 분석한 결과, 모든 것에서 함유하고 있지 않은 걸로 보였다.

감사의 말씀

이 연구는 농촌진흥청 기관고유연구사업인 ‘약용버섯의 특성 및 기능성평가’ 과제에서 시행한 연구결과입니다. (과제번호 : PJ008523)

References

Kim, M.Y 2006. Comparioson of Free Amino acids, mono and di-saccharides, and phenolic compounds concentration, and antioxidant activities on edible and medicinal

- mushrooms. MS Thesis. Konkuk University
- Park YM, Sohn CM, Jang HC. 2006. Correlation of carbohydrate intake with obesity in type 2 diabetes mellitus patients. *J. Korean Diet. Assoc.* 12:254-263.
- Institute of Medicine, Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. The National Academies Press. (2002).
- Cho SH, Chung CE, Kim SH, Chung HK 2007. Establishment of total sugar reference value for Koreans. *Korean J Nutr* 40:3-8.
- Korean Food and Drug Administration : Labelling Standard of Food. Seoul, Korea (2010).
- Korean Food and Drug Administration : Food Additives Code. Korean Foods Industry Association, Seoul, Korea. pp. 233-234 (2009).
- Hi roshi Yoshida, Hiroko Sasaki, Suiseki Fujimoto, and Tatsuyuki Sugahara 1996. The chemical components of the vegetative mycelia of basidiomycetes. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*. 43(6):748-755
- Hi roshi Yoshida, Tatsuyuki Sugahara, Junzo Hayashi. 1982. Studies on free sugars, free sugalcohols and organic acids of edible mushrooms. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 29(8):451-459
- Hi roshi Yoshida, Tatsuyuki Sugahara, Junzo Hayashi. 1984. Studies on Free Sugars and Free Sugaralcohols of Mushrooms. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 31(12): 765-771
- Hi roshi Yoshida, Tatsuyuki Sugahara, Junzo Hayashi. 1986a. Changes in Carbohydrates and Organic Acids during Development of Mycelium and Fruit-bodies of Hiratake Mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 33(7): 519-528
- Hi roshi Yoshida, Tatsuyuki Sugahara, Junzo Hayashi. 1986b. Changes in the Contents of Carbohydrates and Organic Acids in Fruit-Bodies of Hiratake-Mushroom [*Pleurotus ostreatus* (Fr.) Quel] during Development and Post-Harvest Storage. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 34(5): 288-297
- Korea Health Industry Development Institute. 2013 food industry analysis report. Cheongju: Korea Health Industry Development Institute. 2013.