

담자균이 배양된 곡물의 유리당 조성 변화

Comparison of Free Sugar Content in Grains Fermented with Mycelia of the Basidiomycetes

정 인 창*
하 효 철**
곽 희 진***

【목 차】

I. 서론	IV. 요약
II. 재료 및 방법	Abstract
III. 결과 및 고찰	참고문헌

I. 서론

산업의 발달과 영양 불균형 등의 이유로 각종 질병이 급격히 늘어남에 따라 만성 질환의 치료방법으로서 식이요법을 중요하게 생각하게 되었다. 최근에는 담자균에 많은 연구가의 관심이 높아지고 있으며, 이를 이용한 새로운 식품소재 및 가공식품의 개발과 성인병 등의 각종 질병예방이 주목되고 있다. 이러한 담자균의 균사체는 자실체와 마찬가지로 생리적 기능을 가지는 것으로 밝혀지고 있으므로(Jorge et al., 1983) 자실체 형성을 필요로 하지 않을 경우 다양한 식용배지를 개발하는 것이 필요하며, 특히 곡류 등의 고체재료에 배양하면 균사체가 배양된 곡물을 추출하는 공정

*서라벌대학 관광호텔조리과

**영남대학교 자연자원대학 식품가공학과

***한국관광대학 외식산업과

2 · 관광식음료경영연구

의 필요없이 바로 이용하는 것이 가능하다. 이들 담자균 중 영지버섯(*Ganoderma lucidum*(Fr.) Karsten)은 神農本草經과 本草綱目に 한약과 생약으로 사용되었음이 기록되어 있으며(中村克哉, 1981), 우리나라에서는 1980년대 이후 건강식품으로 주목받아 오고 있고(金 등, 1986), 다양한 약리효과에 대하여 많은 연구들이 이루어지고 있다(Jorge et al., 1983; 이 등, 1991). 장수버섯(*Fomitella fraxinea*(Fr.) Imaz.)은 영지버섯과 형태적으로 유사하여 민간에서는 “아카시아영지”라 불리며, 성인병, 항암 등에 효과가 있다고 水野 貞 등(1992)이 보고하는 등 최근 약용 균류로 취급되어 왔다. *Phellinus igniarius*(말뚝진흙버섯)는 민주름버섯목 진흙버섯과에 속하는 백색부후균으로 상황버섯으로 잘 알려져 있는데, 최근에는 특히 항암 등에 효과가 있는것으로 알려져(中國本草圖鑑, 1994) 의약품 개발의 자원으로서 그 가능성이 시사되어져 왔으나, 다년생으로 자연계에서 분포 및 발생수가 극히 적어 자실체를 얻기 어려우며 인공배양 역시 어려운 것으로 알려져있으므로 균사체를 이용하는 방법의 개발이 필요하다고 하겠다.

따라서 본 연구에서는 *Ganoderma lucidum* 7094, *Fomitella fraxinea* 81003, *Phellinus igniarius* 26005와 같이 자실체의 식용이 불가능한 약용버섯의 균사체를 식품으로 섭취할 수 있도록, 곡류와 같은 고체재료에 배양하고 발효된 곡물의 유리당 조성 변화를 관찰함으로써 기능성식품 개발의 기초자료로 이용하고자 하였다.

II . 재료 및 방법

1. 균주

본 연구에 사용된 균주는 농업기술연구소에서 분양 받은 *Ganoderma lucidum* 7094, *Fomitella fraxinea* 81003, *Phellinus igniarius* 26005로써 본 연구실에서 계대배양하면서 사용하였다.

2. 배지

균의 액체배양용 MYG배지(malt extract 1.0%, yeast extract 0.4%, glucose 0.4%, agar

1.5%)를 제조하여 121℃에서 15분간 고압살균하였다. 또한 담자균 배양용 고체재료로는 시판 보리, 수수, 울무, 밀의 4 종류였으며, 4℃에 보관하면서 사용하였다. 각 곡물배지의 제조는 곡물을 10배 무게량의 냉수(18℃)에 침지시키면서 시간의 경과에 따라 각 곡물이 최대수화에 도달하였을 때 곡물의 표면수를 완전히 제거하지 않고 흐르는 물기만 제거한 후 톱밥종균 배양병(1000 ml)에 500 g 씩 담고 121℃에서 30분간 고압살균하여 사용하였다.

3. 일반성분 분석

곡물재료의 수분함량, 조단백질, 조지방, 조회분, 조섬유, 가용성 무질소물은 AOAC 법(1995)에 따라 정량하였다

4. 균사배양

액체배양 균사체는 MYG 액체배지에서 28℃, 20일간 정치배양하였다. 곡물배지에서 균사배양은 MYG 액체배지에서 28℃, 15일간 진탕배양한 접종원인 영지, 장수, 상황균사체를 곡물배지에 무게량의 5%되게 접종하여 28℃, 20일 동안 배양하였으며, 균사를 배양하는 도중 수분을 보충 첨가하여 균사의 활착을 촉진시켰다.

5. 유리당 조성

1) 액체배양 균사체

MYG 액체배지에서 배양한 균사체를 회수하여 증류수로 표면의 배지성분을 세척하였다. 균사체는 60℃에서 송풍 건조후 마쇄하였으며, AOAC 방법(1995)에 따라 유리당 조성을 측정하였다. 시료는 Soxhlet 장치를 이용하여 탈지시킨후, 80% ethanol을 가하여 80℃에서 환류냉각장치로 가온 추출하였다. 추출액은 냉각, 여과, 농축한 후 증류수로 정용하였고, 이온교환수지(mixed bed resin TMD-8)를 첨가하여 4℃에서 하룻밤 방치하였다. 상층액을 취하여 0.45 μm membrane filter로 여과한 후 측정용 시료로 하였다. 당 분석용 표준시약은 Merck제 arabinose, glucose, sucrose, inositol, trehalose, maltose, galactose, fructose, melibiose였으며, <표 1>의 조건으로 분석하였다.

4 · 관광식음료경영연구

2) 곡물자체와 담자균배양 곡물의 유리당 조성 변화

곡물자체와 담자균사체가 배양된 곡물의 유리당 조성 변화를 측정하였다(AOAC, 1995). 담자균이 배양된 곡물은 40℃에서 송풍 건조하였으며, 마쇄하여 시료로 사용하였다. 비교군으로 사용된 곡물 자체는 균사 접종 후 121℃에서 5분간 다시 고압살균하여 균사의 생장을 정지시켰으며, 균사를 배양하는 곡물과 동일하게 28℃ 배양기에서 20일 동안 정치 후 40℃에서 송풍 건조, 마쇄하여 분석에 이용하였다. 시료는 Soxhlet 장치를 이용하여 탈지시킨후, 상기 방법과 동일하게 처리하여 유리당 측정에 이용하였으며, <표 1>의 조건으로 분석하였다.

<표 1> 유리당 분석을 위한 HPLC 조건

Operating conditions	
Instrument	High performance liquid chromatograph (Young-In HPLC 9500 system)
Column	WATO 44355 Carbohydrate(4.6×250 mm)
Column temperature	35℃
Mobile phase	80% acetonitrile
Flow rate	1.0 ml/min
Detector	RI(RID-6A, Shimazu)

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 일반성분 분석

담자균사 배양용 곡물의 일반성분을 분석한 결과, 보리를 비롯한 모든 곡물은 탄소원인 당질의 함량이 66.94~77.01%로 큰 차이없이 높게 나타났다<표 2>.

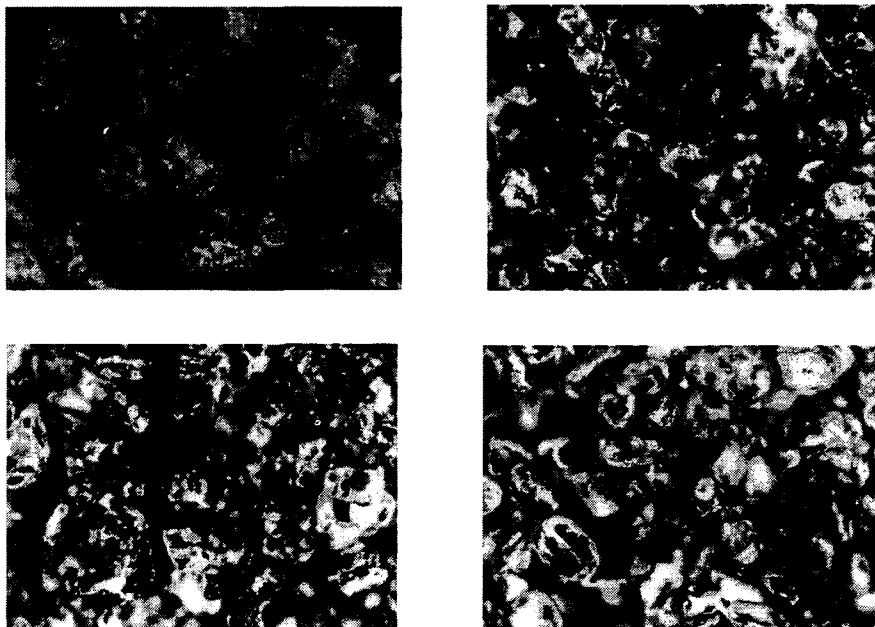
〈표 2〉 실험에 사용된 곡물의 일반성분

(단위 : %)

시료	수분	단백질	지질	탄수화물		회분
				비섭유소	섭유소	
보리	10.97	8.93	0.95	77.01	1.35	0.79
수수	13.79	8.23	2.82	72.75	0.79	1.62
울무	10.77	14.58	5.28	66.94	0.56	1.87
밀	12.60	10.68	1.49	70.83	2.71	1.69

2. 군사배양

냉침에 의하여 최대수화에 도달한 곡물을 톱밥종균 배양용 플라스틱 통에 담고 121℃에서 30분간 고압살균하였다. 여기에 영지, 장수, 상황균사체를 접종하고 28℃에서 20일간 배양하였다. 군사배양 중기에 멸균 증류수를 곡물배지에 첨가하고 골고루 섞어 줌으로써 곡물배지의 수분함량을 증대시켰으며 군사의 생장에 활력을 주어 각 곡물의 표면이 담자균사에 에워싸여 있는 모습을 볼수 있었다<사진 1>.



〈사진 1〉. 다양한 곡물에서 담자균의 군사체가 배양된 모습

3. 액체배양 균사체의 유리당 조성

대부분의 균류는 소당류와 다당류를 탄소원으로 이용할 수 있지만, 일반적으로 이들 분자는 너무 크기 때문에 세포내로 받아 들이기 위해서는, cellulase, amylase, pectinase, chitinase, dextranase, xylase 및 β -1,3-glucanase 등과 같은 효소에 의한 가수분해가 선행되어야 한다(Garraway and Evans, 1984a; Frazier, 1967).

본 실험에서 MYG 액체배지에서 배양된 담자균사체의 유리당 조성을 조사한 결과 <표 3>, 실험에 사용된 영지버섯, 장수버섯, 상황버섯의 균사체에서 검출된 유리당은 arabinose, glucose, inositol, trehalose의 4종류 였다.

<표 3> MYG 액체 배지에서 배양된 담자 균사체의 유리당 조성

(mg%, 건조 중량)

Free sugar	<i>G. lucidum</i>	<i>F. fraxinea</i>	<i>P. igniarius</i>
Arabinose	141.5	16.9	8,124.3
Glucose	112.8	123.9	428.6
Inositol	31.8	15.0	61.9
Trehalose	1,047.6	755.1	327.7
Total	1,333.7	910.9	8,942.5

유리당 중 arabinose는 hemicelluloses와 pectic polysaccharides 그리고 일부 미생물의 세포벽에 존재하는 물질로 다양한 미생물에 의해 물질대사가 이루어질 수 있다. 단맛은 sucrose(상대적 감미도: 1) 보다는 약하며 galactose(상대적 감미도: 0.6)보다는 달다고 하는데, 장내에서 흡수되지 않기 때문에 당뇨병 환자의 감미료로 적합하다(金, 1990).

유리당 중 inositol은 6-인산 에스테르인 phytic acid 또는 phytic acid의 염의 형태(Ca 염, Mg염 등)로 동물, 식물, 미생물계에 광범위하게 존재하는 환상 당알코올이며, 미생물의 생장인자로 알려져 있다(Frazier, 1967). 또한 일부 phospholipids의 구성요소로서 세포벽 polysaccharides(주로 β -1,3-glucan)의 합성에 영향을 미치는 주요 기능과 비타민으로의 생화학적인 역할이 고려되기도 한다(Garraway and Evans, 1984b).

유리당 중 trehalose는 주로 효모, 버섯 등에 널리 존재하기 때문에 mushroom sugar

라고도 불리어지는데(金, 1990), 영양조직에서 다른 탄수화물 보다 높은 농도로 존재하는 것이 종종 발견되며, 주위 환경이 좋지 않을때 막을 보호하는 역할을한다(Berry, 1988). *Agaricus bisporus*에 있어서도 균사체와 어린 자실체에 축적된 주요한 가용성 탄수화물이며, 버섯의 대에 축적되어 자실체가 성장하는 동안 이용되어진다고 한다(Moore *et al.*, 1984).

실험결과, 유리당의 총량에 있어서 상황버섯 균사체의 경우 8,942.5 mg%로 영지버섯 균사체의 1,333.7 mg% 및 장수버섯 균사체의 910.9 mg%에 비하여 6.7~9.8배 정도 높게 나타났다. 또한 상황버섯 균사체는 검출된 유리당의 조성중 arabinose의 함량이 8,124.3 mg%로, 영지버섯(141.5 mg%)과 장수버섯 균사체(16.9 mg%)에 비하여 57.4~480.7배 높게 나타났으며, trehalose를 제외한 glucose와 inositol의 함량도 영지와 장수 균사체의 유리당에 비하여 높은 함량을 나타내었다.

한편, 영지버섯과 장수버섯 균사체는 trehalose가 구성 유리당의 78.5% 및 82.9%로 가장 높은 비중을 차지하고 있었으나, 상황버섯 균사체는 arabinose가 전체 유리당의 90.8%를 차지하여 유리당 구성비에 있어서도 담자균의 종류에 따라 큰 차이를 나타내는 것으로 나타났다.

4. 곡물자체와 담자균배양 곡물의 유리당 조성 변화

곡물 자체의 유리당과 담자균 배양 곡물의 유리당 조성을 비교한 결과, 담자균사체가 배양된 곡물의 경우에 전체적으로 총 유리당 함량이 증가하였다.

보리의 경우, sucrose와 maltose가 검출되었는데, 유리당 중 maltose는 전분의 구성단위로서 자연식품이나 가공식품에 널리 함유되어 있으며, 특히 엿기름이나 발아 중의 곡류, 엿 중에 그 함량이 많다. 본 실험에서 사용된 보리도 maltose가 98.5%로 유리당의 대부분을 차지하였다<표 4>.

한편, 보리 자체에서 검출되지 않았던 arabinose, glucose, trehalose 및 fructose가 담자균이 배양된 보리에서는 검출되었는데, arabinose의 경우, 영지버섯 균사체 배양 보리에서 961.2 mg%, 장수버섯 균사체 배양 보리에서 1,059.2 mg%, 상황버섯 균사체 배양 보리에서 648.9 mg%로 각각 검출된 전체 유리당의 34.7%, 63.1%, 62.1%를 나타내어 가장 큰 비중을 차지하였다. 또한, fructose는 영지버섯이 배양된 보리에서만 검출되었다.

〈표 4〉. 담자균에 의해 발효된 보리의 유리당 조성 변화

(mg%, 건조 중량)

Free sugar	Control	<i>G. lucidum</i>	<i>F. fraxinea</i>	<i>P. igniarius</i>
Arabinose	nd	961.2	1,059.2	648.9
Glucose	nd	533.8	127.6	100.6
Sucrose	7.4	9.8	15.8	25.5
Trehalose	nd	256.9	101.1	73.0
Maltose	501.6	669.6	375.8	196.3
Fructose	nd	339.4	nd	nd
Total	509.0	2,770.7	1,679.5	1,044.3

Control : 발효되지 않은 보리

nd : 미검출

밀의 경우, arabinose를 포함하여 4종류의 유리당이 검출되었는데<표 5>, glucose가 49.6%로 비율이 가장 높았다. 한편, 밀 자체에서 검출되지 않았던 trehalose와 maltose가 담자균이 배양된 밀에서 검출되었으며, arabinose는 영지버섯 균사체 배양 밀에서 2,020.7 mg%, 장수버섯 균사체 배양 밀에서 1,682.7 mg%, 상황버섯 균사체 배양 밀에서 1,276.8 mg%로 각각 검출된 전체 유리당의 73.3%, 84.1%, 77.7%를 차지하여, 밀 자체의 arabinose 양에 비하여 47.8~75.7배로 큰 증가를 보였다. 또한 sucrose의 함량 증가(7.3~9.8배)와 inositol의 함량(7.5~32.2배)도 눈에 띄게 증가하였다.

〈표 5〉. 담자균에 의해 발효된 밀의 유리당 조성 변화

(mg%, 건조 중량)

Free sugar	Control	<i>G. lucidum</i>	<i>F. fraxinea</i>	<i>P. igniarius</i>
Arabinose	26.7	2,020.7	1,682.7	1,276.8
Glucose	46.0	101.7	54.4	48.9
Sucrose	16.8	134.5	123.2	163.9
Inositol	3.2	102.9	24.0	50.3
Trehalose	nd	78.7	116.2	84.9
Maltose	nd	317.3	nd	17.8
Total	92.7	2,755.8	2,000.5	1,642.6

Control : 발효되지 않은 밀

nd : 미검출

〈표 6〉. 담자균에 의해 발효된 수수의 유리당 조성 변화

(mg%, 건조 중량)

Free sugar	Control	<i>G. lucidum</i>	<i>F. fraxinea</i>	<i>P. igniarius</i>
Arabinose	38.7	262.4	459.2	1,516.8
Glucose	nd	20.0	36.9	61.7
Inositol	5.1	13.0	13.6	40.9
Trehalose	nd	63.8	80.1	81.6
Total	43.8	359.2	589.8	1,701.0

Control : 발효되지 않은 수수

nd : 미검출

수수의 경우 arabinose와 inositol이 검출되었는데, arabinose가 88.4%로 대부분을 차지하였고 담자균이 배양된 수수의 경우도, 영지버섯, 장수버섯, 상황버섯 균사체 배양 수수에서 arabinose의 함량이 각각 262.4 mg%, 459.2 mg%, 1,516.8 mg%로 각각 검출되어 전체 유리당의 73.1%, 77.9%, 89.2%를 나타내었다<표 6>. 한편, 담자균이 배양된 수수에서는, 수수 자체에서 검출되지 않았던 glucose와 trehalose가 검출되었다.

〈표 7〉. 담자균에 의해 발효된 울무의 유리당 조성 변화

(mg%, 건조 중량)

Free sugar	Control	<i>G. lucidum</i>	<i>F. fraxinea</i>	<i>P. igniarius</i>
Arabinose	5.9	4,032.9	1,348.4	2,818.4
Glucose	nd	225.2	53.9	96.5
Sucrose	15.1	nd	nd	13.7
Inositol	2.3	208.8	28.1	84.2
Trehalose	nd	144.9	139.7	172.2
Maltose	nd	205.6	nd	nd
Total	23.3	4,817.4	1,570.1	3,185.0

Control : 발효되지 않은 울무

nd : 미검출

울무의 경우 arabinose, sucrose 그리고 inositol이 검출되었는데, sucrose가 가장 큰 비중(64.8%)을 차지하였다<표 7>. 한편, 담자균이 배양된 울무에서는 울무 자체에서

검출되지 않았던 glucose와 trehalose 및 maltose가 검출되었고, 울무 자체에서 가장 큰 비중을 차지한 sucrose는 담자균 배양 울무에서는 검출되지 않거나 그 함량이 줄어들었다. 또한 arabinose의 함량이 영지버섯, 장수버섯, 상황버섯 균사체가 배양된 울무에서 4,032.9 mg%, 1,348.4 mg%, 2,818.4 mg%로 나타나 각각 검출된 전체 유리당의 83.7%, 85.9%, 88.5%를 나타내었으며, 울무 자체의 arabinose 함량에 비하여 큰 폭의 증가를 보였다.

본 실험결과, 대부분의 담자균이 배양된 곡물에서 inositol 함량이 증가하였는데, 이는 맥주맥의 phytate가 제맥과정과 맥즙제조 과정중에 phytase에 의해 효모의 생장에 필수적 요소인 인과 inositol로 분해되었다는 보고 등(이, 1989; Nayini and Markakis, 1983)을 고려할 때에, 본 실험에서 나타난 담자균 배양 곡물에서의 inositol 함량 증가도 곡물에 함유된 phytic acid가 영지버섯, 장수버섯, 상황버섯 균사체에 의하여 다소 분해된 때문으로 사료되었다.

IV. 요약

약용버섯의 균사체(*Ganoderma lucidum* 7094, *Fomitella fraxinea* 81003, *Phellinus igniarius* 26005)를 곡류와 같은 고체재료에 배양하고 발효된 곡류의 유리당 조성 변화를 관찰함으로써 기능성식품 개발의 가능성을 검토하였다.

담자균사체의 대량배양 조건 실험을 실시한 결과, 냉침에 의해 최대수화에 도달한 곡물을 배양용기에 담고, 액체배양 후 균질화한 담자균사체를 곡물에 접종함으로써 접종초기 짧은 시간에 균사가 완전히 활착되도록 할 수 있었다. 또한 균사 배양중에 멸균 증류수를 첨가함으로써 균사의 활력을 유지시킬수 있었다.

담자균사체는 종류에 따라 유리당 총량 및 구성비에 있어서 큰 차이를 나타내었다. 또한 담자균사체가 배양된 곡물의 유리당 함량을 측정한 결과, 유리당 총량 및 대부분의 유리당 함량이 곡물 자체에서 보다 증가하였으며, 담자균과 곡물배지의 종류에 따라 당의 이용성에 큰 차이를 나타내었다.

Abstract

The grains were used as solid-substrate for the cultivation of basidiomycetes. The grains were fermented with *Ganoderma lucidum* 7094, *Fomitella fraxinea* 81003, *Phellinus igniarius* 26005, and its free sugar composition was investigated. For the mass cultivation of mycelia, the hydrated grains with cold water were put into the plastic bottle. The mycelial growth rate in the bottled grains was high in the early stage with inoculation of homogenized mycelium. The activity of mycelium was maintained by adding sterilized water in the middle of cultivation. There was marked difference in the content of total free sugar and composition ratio of free sugar according to kinds of basidiomycetes. The content of free sugar increased far more in grains fermented with mycelium than in grains which was not fermented.

Key Words : Free sugar, Grains, Solid-state fermentation, Basidiomycetes

참 고 문 헌

- 이권행, 정훈, 김영일, 김병각. 1991. 산업폐자원을 이용한 발효에 의한 영지의 향 고
혈압 성분의 생산. 한국균학회지 19(1): 79-84.
- 이원중. 1989. 보리의 Phytic Acid 함량과 Phytase 활성도. 한국영양식량학회지 18(1):
40-46.
- 金東勳. 1990. 食品化學. 探求堂. 224-254.
- 金明孜, 金河元, 李榮純, 沈美慈, 崔應七, 金炳珏. 1986. 靈芝의 安全性에 관한 研究.
韓國菌學會誌 14(1): 49-60.
- 水野 貞, 川合正允. 1992. きのごの化學. 生化學. 學會出版センター. 東京日本. 315-354.
- 中國本草圖鑑. 1994. 第一卷. 驪江出版社. p.274
- 中村克哉. 1981.キノコの事典. 朝創書店, 東京
- A.O.A.C. 1995. *Official Methods of Analysis*, 16th ed., Association of Official Analytical
Chemists, Washington D.C.
- Berry, D. R. 1988. *Physiology of Industrial Fungi*. Blackwell Scientific Publications,
London. 50-52.

- Frazier, W. C. 1967. Food Microbiology. McGraw-Hill, Inc., USA. 425-431.
- Garraway, M. O. and Evans, R. C. 1984a. Fungal Nutrition and Physiology. JOHN WILEY & SONS, INC., USA. 80-81.
- Garraway, M. O. and Evans, R. C. 1984b. Fungal Nutrition and Physiology. JOHN WILEY & SONS, INC., USA. 199-201.
- Jorge O. Toth, Bang Luu, et Guy Ourisson. 1983. Triterpenes cytotoxiques de *Ganoderma lucidum*(Polyporaceae). *Tetrahedron Letters*. 24: 1081-1084.
- Moore, D., Casselton, L. A., Wood D. A. and Frankland J. C. 1984. Developmental biology of higher fungi. Cambridge Univ. 394-397.
- Nayini, N. R. and Markakis, P. 1983. Effects of fermentation time on the inositol phosphates of bread. *J. Food Sci.* 48: 262-265.