

## 압출성형과 효소처리가 신령버섯 $\beta$ -Glucan의 추출에 미치는 영향

길선국<sup>1</sup> · 신중엽<sup>1</sup> · 강대일<sup>2</sup> · 류기형<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(주)건우에프피

<sup>2</sup>공주대학교 식품공학과

### Effects of Extrusion and Enzyme Treatment on Extraction of $\beta$ -Glucan from *Agaricus blazei* Murill

Sun-Kook Gil<sup>1</sup>, Joong-Yup Shin<sup>1</sup>, Dae-Il Kang<sup>2</sup>, and Gi-Hyung Ryu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Geomwoo Food & Pharm. Co., Ltd.

<sup>2</sup>Department of Food Science and Technology, Kongju National University

**ABSTRACT** This study analyzed changes in  $\beta$ -glucan content in *Agaricus blazei* Murill concentrates according to extrusion and extraction conditions. Screw speed and feed rate were fixed to 250 rpm, and 100 g/min, respectively. Moisture contents (20 and 30%) and barrel temperature (130 and 140°C) were adjusted.  $\beta$ -Glucan content of the extruded sample at a moisture content of 20% and barrel temperature of 130°C was higher compared to other extrusion conditions.  $\beta$ -Glucan content of the extruded sample at a moisture content of 20% and barrel temperature of 130°C treated with Rohament CL enzyme was higher compared to Viscozyme L, and Plantase TL enzyme treatments under the same extrusion conditions. In conclusion, extrusion and pretreatment with Rohament CL enzyme enhanced yield of  $\beta$ -glucan extract.

**Key words:** *Agaricus blazei* Murill, extrusion, enzyme treatment,  $\beta$ -glucan extraction

## 서 론

신령버섯(*Agaricus blazei* Murill)은 주름버섯목 주름버섯과 주름버섯속에 속하고, 브라질 동남부 상파울로 피에다테 산지에서 원주민들에 의해 식용됐으며 미국 플로리다와 중남미에서 자생하는 버섯이다. 국내에서는 신령버섯, 흰들버섯으로 알려졌으며 자생하지 못해 인공 재배되고 있다(1-3). 식용뿐만 아니라 항암, 항염, 혈당 강하, 항종양 작용 등의 약리작용이 있어서 약용으로 이용된다(4,5).

신령버섯에 포함된 다당체는 인터루킨(interleukin), 인터페론(interferon)을 활성화해서 면역기능을 높여주고 암세포에 들어가 사이토카인(cytokine)을 생성하여 면역세포인 T 세포와 B 세포의 활동을 지원하여 소멸 또는 억제하는 간접적인 효과가 높으며, 다른 버섯들과 달리 고형압뿐만 아니라 복수압, S상결장압, 난소압, 유방암, 폐암, 간암에도 효과가 있다. 또한 항염, 항산화능, 생체조직 재생과 치유기능, 항균, 항종양 등에도 효과가 있다고 보고되고 있다(6-11). Wang 등(12)은 신령버섯의 수용성 다당류의 투여로

골다공증 질환이 있는 쥐에 대한 항염증 효과를 보고하였다. Padilha 등(13)은 신령버섯 추출물 속에 존재하는  $\beta$ -glucan과 같은 다당류가 세포의 염증성 질환에 유용하다고 보고하였다. 또한 신령버섯은 화학요법에 중요한 치료 보조제로서 뿐만 아니라 암의 예방을 위한 효과적인 방법이 될 수 있다고 보고되고 있다(14). 이러한 효과를 나타내는 다당체는  $\beta$ -glucan으로 면역시스템에 유용한 도구가 되고 내부로 침입하는 병원균에 대한 저항력을 증가시킬 수 있으며, 그 구조는  $\beta$ -(1,6)-glucosyl의 가치를 가진  $\beta$ -(1,3)-glucan이라고 보고되고 있다(5,15,16).

압출성형은 독립변수인 원료투입량, 수분첨가량, 배럴의 온도, 스크루 회전속도, 사출구의 구조를 변화시켜 단시간에 혼합, 분쇄, 가열, 성형, 건조가 일어나는 단일공정으로서 다른 가열 가공공정과 비교하여 효율적이며 경제적인 공정이다(17,18). 또한 고온·고압처리 및 스크루의 고속회전 때문에 식물 세포벽을 파괴할 수 있을 정도로 강력한 전단력이 발생하여 수용성 식이섬유의 함량과 수용성 성분의 용출을 증가시킬 수 있다(19-21).

압출성형공정을 수삼의 홍삼화 전처리 공정으로 응용하기 위한 연구에서 사출구 온도 130°C와 수분 함량 15%, 스크루 회전속도 250 rpm에서 압출성형 한 수삼의 추출율이 원료와 비교하여 약 2배 정도 향상되었으며, 수용성 성분의 용해도가 증가한다고 보고하였다(22). 또한 사출구

Received 29 July 2015; Accepted 2 February 2016

Corresponding author: Gi-Hyung Ryu, Department of Food Science and Technology, Kongju National University, Yesan, Chungnam 32439, Korea

E-mail: ghryu@kongju.ac.kr, Phone: +82-41-330-1484

온도의 증가를 통해 기공의 형성과 전단력에 의한 세포벽의 파괴로 인삼의 추출물과 추출속도가 증가한다고 보고하였다(19).

효소처리를 통해 타깃 물질의 추출 수율을 향상하기 위하여 Park과 Jeong(23)은 표고버섯에 cellulase와 pectinase를 사용하여 추출한 결과 cellulase 2% 첨가 시 다른 효소들보다 추출 수율이 상승하였다고 보고하였으며, Kim 등(24)의 백삼 효소처리와 Kim 등(26)의 홍삼 효소처리에서도 cellulase와 pectinase를 사용하였지만 cellulase보다 pectinase를 사용한 것이 추출 수율 상승에 영향을 준다고 보고하였다. 또한 Kim 등(26)은 복합 cellulase를 사용하여 홍삼을 효소 처리한 결과 농도 0.5%에서 항산화 성분 추출 및 항산화 활성이 가장 높았다고 보고하였다.

압출성형을 통한 추출 수율 개선 효과에 관한 연구는 많이 있으나, 압출성형에 의한 신령버섯 추출물의 β-glucan 함량에 관한 연구는 수행되지 않았다. 따라서 본 연구는 신령버섯 추출물의 β-glucan 함량을 증가시키고자 신령버섯 분말의 압출성형 전처리 및 효소처리가 신령버섯 추출물의 β-glucan 함량에 미치는 영향을 조사하였다.

### 재료 및 방법

#### 재료

추출 및 압출성형물 제조를 위한 원료인 신령버섯은 스텍미(Jeju, Korea)에서 구입하여 사용하였다. 신령버섯은 열풍건조기에서 60°C, 12시간 건조 후 후드믹서(MIX-30R, TongYang Magic, Seoul, Korea)로 분쇄하여 입자 크기 40 mesh 이하로 조절하여 압출성형 원료로 사용하였고, 20 mesh로 분쇄한 원료는 추출에 사용하였다. 텍스트린은 이씨케미컬(Seoul, Korea)에서 구입하였다.

효소는 표고버섯, 인삼, 홍삼 등(23-26)에서 추출 수율에 효과를 나타낸 효소로 cellulase와 pectinase를 선택하였다. Viscozyme L(arabanase, cellulase, β-glucanase, hemicellulase, xylanase)과 Rohament CL(cellulase, hemicellulase)은 비전바이오켐(Seongnam, Korea)에서 구매하였으며, Plantase TL(pectinase)은 대종상사(Seoul, Korea)에서 구매하여 사용하였다.

#### 압출성형

압출성형물 제조는 실험용 쌍축 압출성형기(THK 31T, Incheon Machinery, Incheon, Korea)를 사용하였다. 스크

루 지름은 3.0 cm이며 길이와 지름 비(L/D ratio)는 23:1이었고 사출구는 원형으로 지름이 3 mm인 것을 사용하였으며, 스크루 배열은 Fig. 1과 같다. 압출성형 원료의 수분 함량은 신령버섯 분말에 물을 혼합하여 20, 30%로 각각 조절하였다. 압출성형 공정변수는 신령버섯을 여러 가지 사입량과 스크루 회전속도로 예비실험을 하여 스크루 회전속도 250 rpm, 원료 사입량 100 g/min으로 결정하였으며, 사출구 온도 130, 140°C로 각각 조절하였다. 제조된 압출성형물은 80°C에서 4시간으로 1차 건조 후 80°C에서 3시간 2차 건조하여 후드믹서(MIX-30R, TongYang Magic)로 분쇄한 다음 20 mesh 통과 분말을 사용하였다.

#### 신령버섯의 추출물 제조

열수 추출법을 이용하여 원료 신령버섯 분말과 압출성형 신령버섯 분말을 추출 및 농축하였다. 신령버섯 분말 100 g과 증류수 900 g을 90°C, 15시간 추출을 진행하였으며, 감압여과 후 감압농축기로 농축하여 1차 추출물을 제조하였다. 이때 얻어진 찌꺼기에 7배수의 증류수를 넣어 90°C, 6시간 2차 추출물을 제조하였다. 1, 2차 추출물을 혼합하고 감압여과 후 감압농축기로 농축하여 추출혼합물을 제조하였다.

#### 신령버섯의 효소처리 추출물 제조

원료 신령버섯 분말과 압출성형 신령버섯 분말을 효소 처리하여 열수 추출법으로 추출 및 농축하였다. 효소처리는 원료 신령버섯 분말과 압출성형 신령버섯 분말을 각각 8배의 증류수와 함께 추출용기에 넣어 pH 4.5로 조절하고 효소(Viscozyme L, Plantase TL, Rohament CL) 1%를 각각 넣은 후 50°C에서 3시간 동안 1차 반응을 하였다. 90°C로 온도를 높여 효소의 반응을 끝내고 15시간 동안 효소처리 1차 추출물을 제조하였다. 이때 얻어진 찌꺼기에 7배의 증류수를 첨가한 후 90°C에서 6시간 추출하여 효소처리 2차 추출물을 제조하였다. 효소처리 1차 추출물과 2차 추출물을 혼합하고 감압여과 후 감압농축기로 농축하여 효소처리 추출혼합물을 제조하였다. 또한 Rohament CL의 투입량을 0.5, 1, 1.5%로 조절하여 추출물을 제조하였다. 효소 온도와 pH는 Hong과 Kim(27) 및 Han(28)의 결과를 토대로 설정하였다.

#### β-Glucan 측정

신령버섯 추출물의 β-glucan 함량은 β-glucan assay kit

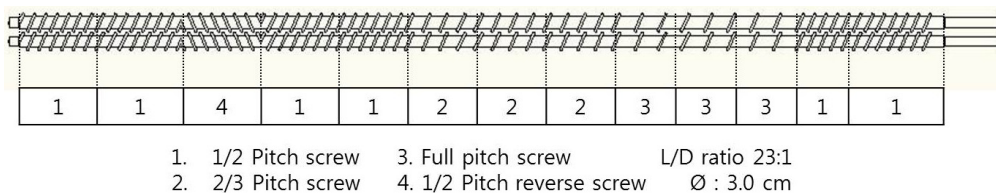


Fig. 1. Screw configuration used in *Agarius blazei* Murill extrudate (Model THK 31T).

(Megazyme International Ireland Limited, Bray, Ireland)을 사용하여 총 glucan과 glucan 이외의 당 함량을 구한 후,  $\alpha$ -glucan과 glucan 이외의 당 함량 간의 차이를 식 1을 이용하여  $\beta$ -glucan 함량을 구하였다(29). 각각의 시료에 염산을 첨가하여 30°C에서 45분 동안 반응시킨 후 증류수 10 mL를 추가하여 100°C에서 2시간 동안 가수분해한 다음 2 N KOH를 이용하여 pH를 조정하였다. 가수분해액을 200 mM sodium acetate buffer(pH 5.0)를 이용하여 희석한 상층액 0.1 mL를 취하고 1번 효소용액(exo 1,3- $\beta$ -glucanase,  $\beta$ -glucosidase)을 첨가한 후 40°C에서 1시간 반응한 뒤 GOPOD solution(glucose determination reagent)을 넣고 40°C에서 20분간 최종 반응을 거친 다음 510 nm에서 흡광도를 측정하여 총 glucan과 glucan 이외의 당 함량을 얻었다.

$\alpha$ -Glucan과 glucan 이외의 당 함량은 시료에 2 N KOH를 넣고 얼음물에서 20분간 반응한 후 1.2 M sodium acetate buffer(pH 3.8)를 첨가하고 효소용액(amyloglucosidase, invertase)을 0.2 mL 가하여 40°C에서 30분간 반응시키고, 원심분리 하여 상층액 0.1 mL를 취한 뒤 200 mM sodium acetate buffer와 GOPOD solution을 첨가한 후 40°C에서 20분간 반응하였다. 반응액은 510 nm(X-ma 2000, Human Corporation, Seoul, Korea)에서 흡광도를 측정하였다(Fig. 2).

$$\beta\text{-Glucan (\% w/w)} = \text{Total glucan (\% w/w)} - \alpha\text{-glucan (\% w/w)} \quad (1)$$

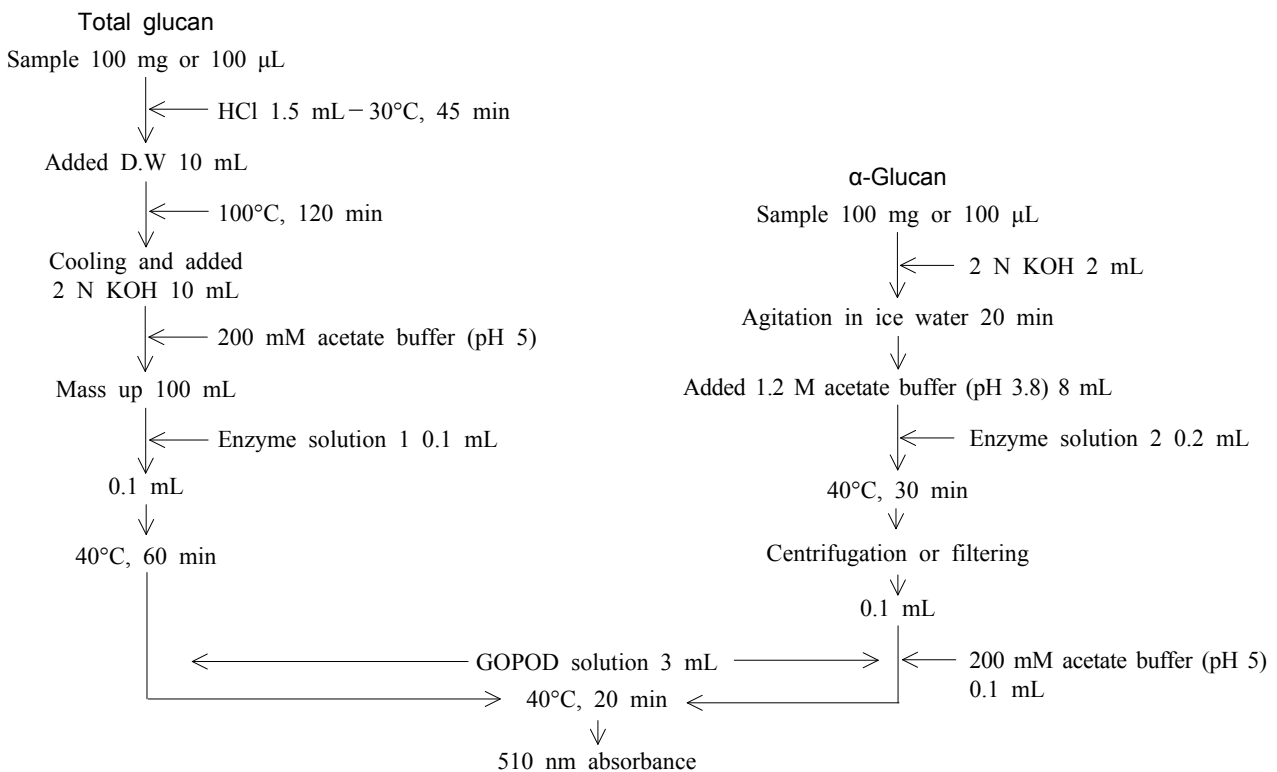


Fig. 2. The method for  $\beta$ -glucan content measurement.

## 통계 처리

SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 통계처리 하였으며, 각 실험군은 평균과 표준편차로 나타내었다. 각 군의 결과 값에 대해 유의수준  $P < 0.05$ 에서 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 압출성형 조건에 따른 $\beta$ -glucan 함량

신령버섯 분말과 압출성형 신령버섯 분말에서 1차 추출물과 추출혼합물을 제조하여  $\beta$ -glucan 함량을 측정된 결과를 Table 1에 나타내었다. 1차 추출물의  $\beta$ -glucan 함량은 신령버섯 추출물의 경우 13.71 mg/g이고, 압출성형 신령버섯 추출물은 수분 함량 30%, 배럴 온도 140°C에서 압출성형 하였을 때 14.55 mg/g, 수분 함량 30%, 배럴 온도 130°C에서 15.12 mg/g, 수분 함량 20%, 130°C에서 16.11 mg/g, 수분 함량 20%, 140°C에서 15.61 mg/g으로 압출성형 한 신령버섯 추출물의  $\beta$ -glucan 함량이 모두 증가하였으며, 수분 함량과 배럴 온도가 낮을 때  $\beta$ -glucan 함량은 증가하는 경향을 보였다.

추출혼합물의  $\beta$ -glucan을 측정된 결과 1차 추출물의 결과와 유사하게 신령버섯 추출물보다 압출성형 신령버섯 추출물이 전부 높게 측정되었다. 수분 함량 20%, 배럴 온도 130°C의 압출성형물 조건에서 1차 추출물의  $\beta$ -glucan

**Table 1.** Effects of different extrusion condition on β-glucan content in extracts from extruded *Agaricus blazei* Murill

Extrusion conditions		Extraction conditions	
Moisture content (%)	Barrel temperature (°C)	Primary extraction	Primary, secondary extraction mix
		β-Glucan (mg/g)	
Control		13.71±0.05 <sup>Eb1)</sup>	14.45±0.04 <sup>Ea</sup>
30	130	15.12±0.03 <sup>Cb</sup>	15.81±0.02 <sup>Ca</sup>
	140	14.55±0.02 <sup>Db</sup>	15.38±0.03 <sup>Da</sup>
20	130	16.11±0.04 <sup>Ab</sup>	16.91±0.03 <sup>Aa</sup>
	140	15.61±0.03 <sup>Bb</sup>	16.42±0.03 <sup>Ba</sup>

<sup>1)</sup>Any means with in the same column (A-E) or row (a,b) followed by different letters are significantly ( $P<0.05$ ) different by Duncan's multiple range test. Each value is the mean±SD of three replicates.

16.11 mg/g과 비교하여 같은 압출성형공정의 추출혼합물에서도 16.91 mg/g으로 증가하였다. 이는 2차 추출을 통해 총 glucan의 추출량이 증가하여 β-glucan 함량이 증가한 것으로 판단된다. β-Glucan 함량은 수분 함량 20%, 130°C에서 압출성형 한 추출혼합물에서 16.91 mg/g으로 가장 높게 측정되었다.

저 수분, 고 전단력의 압출성형공정으로 수삼의 수용성 섬유소를 증가시켜 추출 수율을 증가시킨다는 보고(22)와 곡류의 섬유질(30)이나 콩 비지(31)를 압출성형 했을 때 압출성형기 내부에서 강한 전단력에 의해 변형력이 작용하여 세포벽의 파괴와 섬유질 분자의 절단으로 수용성 섬유소와 환원당의 양이 증가했다고 보고하였다. 이처럼 버섯의 경우도 마찬가지로 압출성형 전처리를 통한 세포벽의 파괴로 β-glucan 성분의 추출이 용이해진 것으로 판단된다.

**압출성형공정과 효소처리에 따른 β-glucan 함량**

신령버섯 분말과 압출성형 신령버섯 분말을 효소 처리하여 추출한 혼합물의 β-glucan 함량을 Table 2에 나타내었다. 압출성형과 효소 처리한 추출혼합물의 β-glucan 함량은 압출성형과 효소처리를 하지 않은 대조구에 비하여 증가하였다. 사용한 효소에 따른 β-glucan 증가량은 Viscozyme L, Plantase TL, Rohament CL 처리 순이었다. Viscozyme L 처리는 효소 처리하지 않은 대조구에 비해 증가폭이 3~5%였으며, 압출성형공정과 Viscozyme L 처리한 모든 압출성형 조건에서 β-glucan 함량이 대조구에 비해

증가하였다. 수분 함량 20%, 배럴 온도 130°C의 압출성형공정과 효소 처리한 조건이 17.35 mg/g으로 Viscozyme L 처리 조건 중에 가장 많은 β-glucan 함량을 나타내었다. Plantase TL을 처리한 조건들은 대조구에 비해 4~9% 이상 증가하였다. 또한 Viscozyme L 처리 조건들보다는 Plantase TL을 처리한 조건들의 증가폭이 약 2~4% 정도 높았다. 수분 함량 20%, 배럴 온도 130°C의 압출성형공정과 효소 처리한 조건이 17.51 mg/g으로 Plantase TL 처리 조건 중에 가장 많은 β-glucan 함량을 나타내었다. Rohament CL 처리 조건은 대조구에 비해 약 7~10% 내외로 증가하였다. Rohament CL 처리 조건 중에 압출성형 하지 않은 신령버섯 추출혼합물이 14.45 mg/g에서 16.02 mg/g으로 약 10% 증가하여 가장 높은 증가폭을 나타내었다. 수분 함량 20%, 130°C의 압출성형공정이 16.91 mg/g에서 18.32 mg/g으로 약 8.6% 이상의 증가폭으로 가장 높지는 않지만 원료 대비 β-glucan 함량에서 가장 높은 수치를 나타내었다. 효소처리 과정에서 압출성형 한 신령버섯 추출혼합물이 압출성형 하지 않은 신령버섯 추출혼합물보다 β-glucan 함량이 모두 증가하였고, 그중 수분 함량 20%, 130°C의 압출성형공정에 Rohament CL 처리한 것이 18.32 mg/g으로 가장 높게 측정되었다. 이는 압출성형공정과 효소처리를 병행할 경우 효과가 큰 것으로 판단된다.

**Rohament CL 농도에 따른 β-glucan 함량**

Table 2에서 Rohament CL의 처리가 β-glucan 함량의

**Table 2.** Effects of different extrusion condition and enzyme type on β-glucan content in extracts from extruded *Agaricus blazei* Murill

Extrusion conditions		Extraction condition	Enzyme type			
Moisture content (%)	Barrel temperature (°C)		Non enzyme	Viscozyme L	Plantase TL	Rohament CL
			β-Glucan (mg/g)			
Control			14.45±0.04 <sup>Ed1)</sup>	15.37±0.02 <sup>Ec</sup>	15.82±0.01 <sup>Eb</sup>	16.02±0.02 <sup>Ea</sup>
30	130	Enzyme treatment	15.81±0.02 <sup>Cd</sup>	16.43±0.04 <sup>Cc</sup>	16.72±0.02 <sup>Cb</sup>	16.98±0.03 <sup>Ca</sup>
	140		15.38±0.03 <sup>Dd</sup>	16.23±0.03 <sup>Dc</sup>	16.43±0.03 <sup>Db</sup>	16.81±0.02 <sup>Da</sup>
20	130		16.91±0.03 <sup>Ad</sup>	17.35±0.02 <sup>Ac</sup>	17.51±0.01 <sup>Ab</sup>	18.32±0.02 <sup>Aa</sup>
	140		16.42±0.03 <sup>Bd</sup>	16.62±0.03 <sup>Bc</sup>	17.12±0.03 <sup>Bb</sup>	17.42±0.02 <sup>Ba</sup>

<sup>1)</sup>Any means with in the same column (A-E) or row (a-d) followed by different letters are significantly ( $P<0.05$ ) different by Duncan's multiple range test. Each value is the mean±SD of three replicates.

**Table 3.** Effects of different extrusion condition and enzyme content on  $\beta$ -glucan content in extracts from extruded *Agaricus blazei* Murill

Extrusion conditions		Rohament CL content (%)			
Moisture content (%)	Barrel temperature (°C)	0	0.5	1.0	1.5
Control		14.45±0.04 <sup>Ed1)</sup>	15.24±0.02 <sup>Ec</sup>	16.02±0.02 <sup>Eb</sup>	16.15±0.03 <sup>Ea</sup>
30	130	15.81±0.02 <sup>Cd</sup>	16.41±0.01 <sup>Cc</sup>	16.98±0.03 <sup>Cb</sup>	17.23±0.03 <sup>Ca</sup>
	140	15.38±0.03 <sup>Dd</sup>	16.03±0.02 <sup>Dc</sup>	16.81±0.02 <sup>Db</sup>	16.99±0.03 <sup>Da</sup>
20	130	16.91±0.03 <sup>Ad</sup>	17.01±0.01 <sup>Ac</sup>	18.32±0.02 <sup>Ab</sup>	18.50±0.02 <sup>Aa</sup>
	140	16.42±0.03 <sup>Bd</sup>	16.51±0.02 <sup>Bc</sup>	17.42±0.02 <sup>Bb</sup>	17.62±0.03 <sup>Ba</sup>

<sup>1)</sup>Any means with in the same column (A-E) or row (a-d) followed by different letters are significantly ( $P<0.05$ ) different by Duncan's multiple range test. Each value is the mean±SD of three replicates.

증가에 효과가 있었으므로 Rohament CL의 첨가 농도를 달리하여 추출혼합물을 제조하고  $\beta$ -glucan 함량을 측정된 결과를 Table 3에 나타내었다.  $\beta$ -Glucan 측정 결과 효소 전처리를 하지 않은 추출물보다 효소를 0.5%로 처리한 경우 전체적으로 약 1~5% 내외로 증가하였고, 압출성형 신령버섯 추출혼합물 중에서 수분 함량 30%, 배럴 온도 140°C의 조건에서 16.03 mg/g으로 대조구 15.38 mg/g과 비교하여 4.16%로 증가하였다. 효소를 1% 처리한 추출물에서는 대조구에 비해 7~10% 내외로 크게 증가하였으며, 수분 함량 20%, 배럴 온도 130°C의 조건에서 대조구 16.91 mg/g보다 효소를 0.5% 처리한 경우는 17.01 mg/g이고, 1% 처리한 경우는 18.32 mg/g, 1.5% 처리한 경우는 18.50 mg/g으로 다른 압출성형공정 조건보다  $\beta$ -glucan 함량이 높았다. 하지만 수분 함량 30%, 배럴 온도 130, 140°C의 조건에서 Rohament CL 농도를 0.5%와 1.5%로 증가시켰을 때  $\beta$ -glucan 함량의 증가량은 많지 않았다. 위와 같은 결과를 토대로 수분 함량 20%, 배럴 온도 130°C의 압출성형공정과 Rohament CL 처리가  $\beta$ -glucan 함량의 증가에 효과가 있는 것으로 판단된다.

## 요 약

압출성형공정과 효소처리가 신령버섯 추출물의  $\beta$ -glucan 함량에 미치는 영향을 조사하였다. 스크루 회전속도 250 rpm, 원료 사입량 100 g/min, 사출구 3 mm 원형으로 고정하였으며, 수분 함량 20, 30%, 배럴 온도 130, 140°C로 조절하여 압출성형 신령버섯을 제조하였다. 수분 함량 20%, 배럴 온도 130°C의 압출성형공정을 통한 신령버섯 추출혼합물은  $\beta$ -glucan 함량이 16.91 mg/g으로 다른 공정들보다 증가하였다. 수분 함량 20%, 배럴 온도 130°C의 압출성형공정과 Rohament CL로 처리한 추출물의  $\beta$ -glucan 함량은 같은 압출성형공정의 Viscozyme L 처리 추출물 17.35 mg/g과 Plantase TL 처리 추출물 17.51 mg/g보다 18.32 mg/g으로 가장 많이 증가하였다. 결론적으로 압출성형공정과 Rohament CL 처리한 추출물의  $\beta$ -glucan 함량이 18.32 mg/g으로 압출성형공정과 효소처리를 하지 않은 대조구의

14.45 mg/g보다 약 26.7% 정도 증가함을 나타내었다. 이는 신령버섯 추출 시에 압출성형공정과 효소처리가  $\beta$ -glucan 함량을 대조구에 비해 증가시킬 수 있다고 판단되었다.

## 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 지역특화산업육성(R&D)사업의 연구과제(R0003330)로 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

## REFERENCES

- Sung JM, Yoo YB, Cha DY. 1998. *Mushroom*. Kyohaksa, Seoul, Korea. p 3-10.
- Foon KA. 1989. Biological response modifiers: the new immunotherapy. *Cancer Res* 49: 1621-1639.
- Lee MH, Lee HJ, Cho IS. 1998. Chemical compositions of *Agaricus blazei* Murill fruiting bodies cultivated in a Korean local farm. *J Fd Hyg Safety* 13: 94-98.
- Oh HT, Kim SH, Yoo SJ, Ham SS. 2007. The antimutagenic effects and cytotoxic activities of *Agaricus blazei* Murill mycelium extracts and fractions. *J East Asian Soc Dietary Life* 17: 563-570.
- Menoli RC, Mantovani MS, Ribeiro LR, Speit G, Jordão BQ. 2001. Antimutagenic effects of the mushroom *Agaricus blazei* Murrill extracts on V79 cells. *Mutat Res* 496: 5-13.
- Mizuno T, Hagiwara T, Nakamura T, Ito H, Shimura K, Sumiya T, Asakura A. 1990. Antitumor activity and some properties of water-soluble polysaccharides from "Himematsutake", the fruiting body of *Agaricus blazei* Murill. *Agric Biol Chem* 54: 2889-2896.
- Mizuno T, Inagaki R, Kanao T, Hagiwara T, Nakamura T, Ito H, Shimura K, Sumiya T, Asakura A. 1990. Antitumor activity and some properties of water-insoluble hetero-glycans from "Himematsutake", the fruiting body of *Agaricus blazei* Murill. *Agric Biol Chem* 54: 2897-2905.
- Itoh H, Ito H, Amano H, Noda H. 1994. Inhibitory action of a (1→6)- $\beta$ -D-glucan-protein complex (F III-2-b) isolated from *Agaricus blazei* Murill ("Himematsutake") on Meth A fibrosarcoma-bearing mice and its antitumor mechanism. *Jpn J Pharmacol* 66: 265-271.
- Fujimiya Y, Kobori H, Oshiman K, Soda R, Ebina T. 1998. Tumoricidal activity of high molecular weight polysaccharides derived from *Agaricus blazei* via oral administration in the mouse tumor model. *Nippon Shokuhim Kagaku Kogaku Kaishi*

- 45: 246-252.
10. Nakajima A, Ishida T, Koga M, Takeuchi T, Mazda O, Takeuchi M. 2002. Effect of hot water extract from *Agaricus blazei* Murill on antibody-producing cells in mice. *Int Immunopharmacol* 2: 1205-1211.
  11. Chang HL, Chao GR, Chen CC, Mau JL. 2001. Non volatile taste components of *Agaricus blazei*, *Antrodia camphorata* and *Cordyceps militaris* mycelia. *Food Chem* 74: 203-207.
  12. Wang P, Li XT, Sun L, Shen L. 2013. Anti-inflammatory activity of water-soluble polysaccharide of *Agaricus blazei* Murill on ovariectomized osteopenic rats. *Evid Based Complement Alternat Med* 2013: 164817.
  13. Padilha MM, Avila AAL, Sousa PJC, Cardoso LGV, Perazzo FF, Carvalho JCT. 2009. Anti-inflammatory activity of aqueous and alkaline extracts from mushrooms (*Agaricus blazei* Murill). *J Med Food* 12: 359-364.
  14. Ishii PL, Prado CK, Mauro MO, Carreira CM, Mantovani MS, Ribeiro LR, Dichi JB, Oliveira RJ. 2011. Evaluation of *Agaricus blazei* in vivo for antigenotoxic, anticarcinogenic, phagocytic and immunomodulatory activities. *Regul Toxicol Pharmacol* 59: 412-422.
  15. Dong Q, Yao J, Yang XT, Fang JN. 2002. Structural characterization of a water-soluble  $\beta$ -D-glucan from fruiting bodies of *Agaricus blazei* Murr. *Carbohydr Res* 337: 1417-1421.
  16. Volman JJ, Ramakers JD, Plat J. 2008. Dietary modulation of immune function by  $\beta$ -glucans. *Physiol Behav* 94: 276-284.
  17. Gu BJ, Ryu GH. 2011. Effects of die geometry on expansion of corn flour extrudate. *Food Eng Prog* 15: 148-154.
  18. Harper JM. 1989. Food extruders and their applications. In *Extrusion Cooking*. Mercier C, Linko P, Harper JM, eds. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. p 1-15.
  19. Kim BS, Ryu GH. 2005. Effect of die temperature and dimension on extract characteristics of extruded white ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 544-548.
  20. Kim BS, Ryu GH. 2005. Properties of extracts from extruded root and white ginseng at different conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 306-310.
  21. Lee JH, Kim DE, Park CH, Kang WS. 2008. Extrusion-cooking of tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) flour using a twin-screw extruder. *Food Eng Prog* 12: 107-114.
  22. Ryu GH, Remon JP. 2004. Extraction yield of extruded ginseng and granulation of its extracts by cold extrusion-spherulization. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 899-904.
  23. Park NY, Jeong YJ. 2006. Quality properties of oak mushroom (*Lentinus edodes*) based on extraction conditions and enzyme treatment. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 1273-1279.
  24. Kim YC, Yim JH, Rho J, Cho CW, Rhee YK. 2007. Antioxidant activity of white ginseng extracts prepared by enzyme treatment on V79-4 cells induced by oxidative stress. *J Ginseng Res* 31: 203-209.
  25. Kim YC, Cho CW, Rhee YK, Yoo KM, Rho J. 2007. Antioxidant activity of ginseng extracts prepared by enzyme and heat treatment. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1482-1485.
  26. Kim HJ, Yang SA, Im NK, Jhee KW, Lee IS. 2008. Antioxidant effect of oil containing cellulase-treated red ginseng. *J Life Sci* 18: 323-328.
  27. Hong SP, Kim DS. 1998. Chitosanalytic characteristics of cellulases from *Trichoderma viride* and *Trichoderma reesei*. *Korean J Food Sci Technol* 30: 245-252.
  28. Han G. 2012. Optimization of enzyme reaction condition for compound K production from ginseng extract by using RSM (response surface methodology). *MS Thesis*. Chonbuk National University, Jeonju, Korea.
  29. Choi SJ, Lee YS, Kim JK, Kim JK, Lim SS. 2010. Physiological activities of extract from edible mushrooms. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1087-1096.
  30. Siljeström M, Westerlund E, Björck I, Holm J, Asp NG, Theander O. 1986. The effects of various thermal processes on dietary fibre and starch content of whole grain wheat and white flour. *J Cereal Sci* 4: 315-323.
  31. Ryu GH. 1995. Treatment of Biji by extrusion-cooking and its utilization. *Korea Soybean Digest* 12: 43-48.