

아가리쿠스버섯에서 분리한 조단백다당류의 막분리 및 분무건조 특성

홍주헌¹ · 윤광섭² · 최용희^{1†}

¹경북대학교 식품공학과, ²대구가톨릭대학교 식품산업학부

Characteristics of Ultrafiltration and Spray Drying for Crude Protein Bound Polysaccharides Isolated from *Agaricus blazei* Murill

Joo-Heon Hong¹, Kwang-Sup Yoon² and Yong-Hee Choi^{1†}

¹Dept. of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

²Faculty of Food Science and Industrial Technology, Catholic University of Daegu, Kyungsan 712-702, Korea

Abstract

This study was conducted to investigate the characteristics of ultrafiltration and spray drying process for crude protein bound polysaccharide(CPBP) isolated from *Agaricus blazei* Murill. In ultrafiltration process, the permeate flux increased with the increase of operating pressure and temperature. The permeate flux declined continuously while the fouling materials were accumulated on the membrane as the operation time increased. In comparing of raw CPBP and filtered CPBP, the viscosity of CPBP treated UF was decreased and ΔE value of treated samples was increased. Thermal efficiencies of spray drying process were increased by increasing inlet temperature, feed rate and feed concentration.

Key words : *Agaricus blazei*, CPBP, ultrafiltration, spray drying

서 론

아가리쿠스버섯(*Agaricus blazei* Murill)은 흰들버섯, 신령버섯이라고도 하며 주름버섯목, 주름버섯과, 주름버섯속에 속하는 버섯으로 겉모양은 양송이버섯(*Agaricus bisporus*)과 유사하지만, 버섯 대가 두껍고 길며 향기가 강력한 것이 특징이다. 아가리쿠스버섯은 혈당, 혈압 강하효과와 콜레스테롤 저하, 항종양, 암예방, 제암효과가 있으며, 함유되어 있는 단백다당체는 인터페론을 활성화해서 암세포를 소멸 또는 억제하는 간접적인 효과가 있다고 알려져 있다(1,2). 아가리쿠스버섯에 함유되어 있는 단백다당체는 추출 후 에탄올 침전을 통해 침전물인 조단백다당류(crude protein bound polysaccharide)를 정제하여 얻을 수 있으며, β-glucan, 단백질, 다당류등이 복잡하게 결합되어 있다(3). 아가리쿠스버섯 단백다당류는 분자량이 10 kDa~3900 kDa로 광범위한 분포를 보이며, 일반적으로 10 kDa이하의 단당류 및 색소류가 포함되어 있는 저분자 물질인 관계로 제거하여 왔으나, 최근 일본에서의 연구결과에 따르면 8 kDa이하의 저분자물질에도 유용한 생리활성 물질을 함유하고 있으며 소화관의 흡수율을 높여 높은

활성을 가진다고 보고하였으며, 분자량 64 kDa에는 당이 11% 함유되어 있는 단백다당체인 렉틴(lectin)류가 있어 각각의 분자량에 따라 생리활성이 다양하다(4-6). 항암효과를 갖고 있는 단백다당류는 담자균류의 수용성 추출액을 정제하므로써 제조될 수 있는 것으로 알려져 있으나, 대부분 열수추출 방법을 이용하는 관계로 유용성분을 추출하는데 한계가 있으며(7), 산업화를 위해 필수적인 문제인 유용성분을 효율적으로 추출할 수 있는 추출공정이나 분리공정에 관한 연구는 전무한 실정이다.

한외여과(ultrafiltration)는 10~200 Å 이상의 크기를 갖는 천연 고분자성 거대물질이나 콜로이드성 분산물질들을 분리하는 공정으로 분리대상 물질의 분자량 범위는 1~500 kDa에 해당된다(8). 한외여과는 세공 입구에서의 입체적 장애와 세공내에서의 용질과 세공 벽간의 마찰저항에 의해 분자량별 분리효과가 나타나며, 막에 의해 90% 이상 배제되는 물질의 분자량을 의미하는 분획분자량(Molecular Weight Cut-Off, MWCO)의 개념이 한외여과 공정에서는 중요한 분리변수로 작용한다(9).

액상식품을 분말화하는 방법으로 최근 많이 이용되고 있는 분무건조는 액상의 시료를 뜨거운 매체속에서 분무함으로써 건조된 분말의 형태로 전환하게 한다. 또한, 분말의 특성을 조절할 수 있고, 분말의 물성을 연속적인 조작을 통하여 일정하게 유지할 수 있어 과립이나 타정 제품에 적용하

[†]Corresponding author. E-mail : yhechoi@knu.ac.kr, Phone : 82-53-950-5777, Fax : 82-53-950-6772

기가 간편하다. 분무건조는 생산성이 우수하고 건조온도가 130~300℃ 범위로 비교적 높음에도 불구하고 원료가 열과 접촉하는 시간은 5~20초 이내이므로 열에 의한 성분의 변화는 미비하다고 알려져 있다. 분무건조 공정의 영향인자로는 가열공기온도, 배출공기온도, atomizer 속도 및 종류, 시료공급속도, 시료의 물성과 건조공기의 상대습도 등을 들 수 있다(10,11). 최근 들어 아가리쿠스버섯, 상황버섯, 운지버섯 등 다양한 약용버섯을 이용하여 분말화한 제품이 유통되고 있으나, 부형제를 혼합하여 분무건조한 것으로 생리활성이 부족하고 지나치게 높은 가격으로 인해 소비자들에게 외면을 받고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 분자량의 크기에 따라 다양한 생리활성을 나타내는 아가리쿠스버섯에서 분리한 조단백다당류를 고부가가치 기능성 소재로 개발하기 위한 기초 자료로서 공정변수에 따른 막분리 및 분무건조 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용된 아가리쿠스 건버섯은 경상북도 경산시 소재 성립농장에서 구입하여 분쇄후 -18℃에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

조단백다당류의 막분리 및 분무건조공정

아가리쿠스버섯 분말과 추출 용매(D.W.)비를 1 : 20으로 조절하여 121℃, 1.5 kg/cm² 에서 가압추출을 행하였다. 추출후 원심분리하여 상층액을 얻고 1/3로 농축한 다음 4배의 에탄올을 가해 조단백다당류를 침전시킨 후 4℃에서 24시간 방치하였다. 원심분리하여 침전된 조단백다당류를 분리하고 증류수를 가해 5°Brix로 희석한 다음 분자량 크기에 따라 막분리하기 위해 10kDa, 150kDa에 해당하는 공극크기의 막(SKUF106, Sunkyung Inc., Korea)을 이용하였으며, 사용된 한외여과막의 특성을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Specification of the membrane module for ultrafiltration

	Unit	SKUF10-106	SKUF01-106
Membrane I.D./O.D.	mm	0.8/1.4	0.5/0.8
MWCO	kDa	10	150
Membrane pore size	μm	-	0.01
Membrane area	m ²	0.13	0.16
Material	-	polysulfone	polysulfone

막분리 조건은 시료온도를 20, 30, 40℃로 하고 막횡단 압력을 0.6, 0.8, 1.2 kg/cm²(10 kDa)와 1, 1.5, 2 kg/cm²(150 kDa)로 한외여과하여 최적 막분리공정을 선정하고자 하였으

며, 선정된 조건에서 10 kDa이하, 10~150 kDa, 150 kDa이상의 3가지 분획물을 얻었다. 이 3가지 분획물은 Nozzle형의 spray dryer(Mini Spray Dryer B-191, Buchi Inc., Swiss)를 이용하여 5 및 10 °Brix의 두가지 농도의 시료로 가열공기온도(Inlet temperature) 140, 170, 200℃, 분무속도(Compressed air flow) 600 L/hr, 시료공급속도(Feed rate) 4, 8, 12 mL/min. 조건에서 분무건조하였으며, 이 때의 총괄열효율성과 증발열효율성을 측정하여 분자량 크기에 따른 아가리쿠스버섯 조단백다당류의 분무건조 특성을 비교하였다.

점도

회전형 점도계인 Brookfield digital viscometer(Model RVDV II+, Brookfield Eng. lab. Inc., U.S.A.)를 사용하여 일정온도가 유지되는 water bath상(25℃)에서 No. 1의 spindle를 사용하여 측정하였다.

색도

막분리 공정 후 분획물의 색도는 액체형 color difference meter (Model CR-200, Minolta Co., Japan)를 이용하여 L (lightness), a (redness), b (yellowness)값을 측정하였다. 이것은 자연광원에서 물체 측정용 광원인 C 광원을 이용하여 증류수로 표준화 하였으며 그 값은 L=100.00, a=0.3101, b=0.3162이며, 색차계 셀은 지름 0.2 mm, 높이 50 mm인 1 mL 용량의 것을 사용하였다. 색도의 변화는 막분리 전의 값을 기준 색으로 하여 ΔE값을 계산하였다.

열효율성

분무건조 공정의 열효율성을 평가하는 지표인 총괄열효율성과 증발열효율성은 분자량이 다른 막분리 분획물을 5 및 10°Brix의 농도로 조절하여 다양한 분무건조 조건에서 측정하였으며 관계식은 아래와 같다.

총괄 열효율성

총괄 열효율성은 액상 시료내의 수분의 증발을 위해서 사용된 공기에 가해진 전체 열량을 나타내는 것으로 아래와 같은 식으로 표현된다(12).

$$\eta_{\text{overall}} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_0} \times 100$$

Where, T₁ : inlet air temperature

T₀ : room temperature

T₂ : outlet temperature

증발 열효율성

증발열효율성은 이상적인 조건 즉 배출공기가 포화된 상태로 배출되는 경우의 증발된 수분량에 대하여 실제 증발된

수분량의 비로서 정의되며 아래와 같은 식에 의해 표현된다 (12). 여기에서 T_{sat} 은 엔탈피-습도 도표를 이용하여 구하였다.

$$\eta_{evap} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_{sat}} \times 100$$

T_{sat} : adiabatic saturation temperature.

결과 및 고찰

온도와 압력변화에 따른 투과 flux의 변화

공극크기가 10 kDa와 150 kDa인 한외여과막을 이용하여 아가리쿠스버섯 조단백다당류를 분자량 크기에 따라 여과하는 동안 압력에 따른 투과플럭스의 변화를 Fig. 1, 2에 나타내었다. 공극크기 10 kDa의 경우 공정압력이 0.4~1.2kg/cm²로 증가하는 동안 투과 플럭스는 20℃에서 3.323~6L/m²hr로, 30℃에서 3.785~6.692 L/m²hr로, 40℃에서 4.385~7.846 L/m²hr로 압력이 증가함에 따라 투과플럭스가 1.5~2배 정도 높게 나타났다. 150 kDa 크기의 한외여과막을 이용한 경우 공정압력이 1.0~2.0kg/cm²로 증가하는 동안 투과 플럭스는 20℃에서 1.313~2.25 L/m²hr로, 30℃에서 1.425~2.513 L/m²hr로, 40℃에서 1.688~3.075 L/m²hr로 압력이 증가함에 따라 투과플럭스가 약 1.8배 정도 높게 나타났다. 이와 같이 분획분자량(Molecular Weight Cut-Off)이 더 큰 150 kDa의 투과 플럭스가 10 kDa의 투과플럭스보다 상당히 낮은 까닭은 아가리쿠스버섯에서 분리한 조단백다당류의 분자량이 거대하여 1차적으로 150 kDa에서 분리하여 150 kDa이상의 물질을 제거한 후 2차 막분리에서 10 kDa를 이용하였기 때문이라고 사료된다.

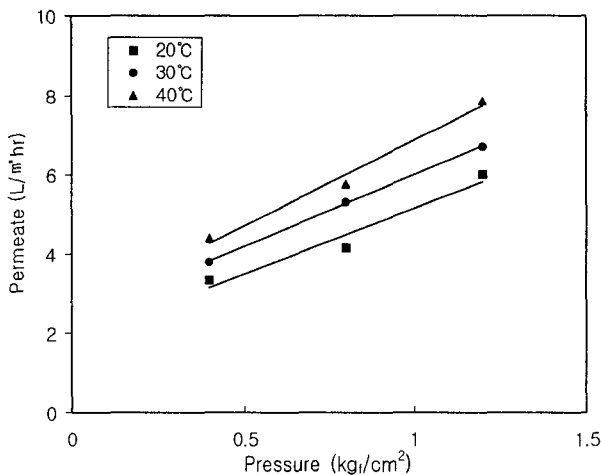


Fig. 1. Pressure effect on the permeate flux of crude protein bound polysaccharide from *Agaricus blazei*, using UF system equipped with 10 kDa pore size membrane.

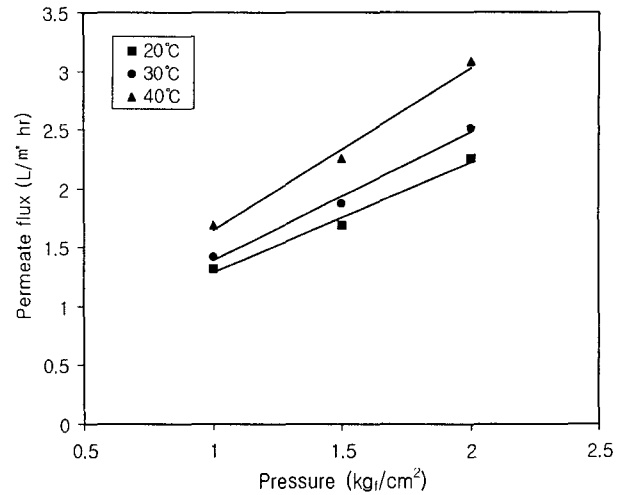


Fig. 2. Pressure effect on the permeate flux of crude protein bound polysaccharide from *Agaricus blazei*, using UF system equipped with 150 kDa pore size membrane.

일반적으로 막투과 압력이 높을수록 구동력(driving force)의 상승으로 투과플럭스가 높아진다고 보고되고 있으며, 이상적인 분리조건에서는 막세공과 막세관(channels)을 통한 유체의 흐름이 Hagen-Poiseuille 법칙에 따라 막 투과 압력이 증가할수록 막으로부터 투과액의 유출속도, 즉 투과플럭스가 증가하는 것으로 생각된다(13). 투과플럭스는 주로 압력, 유속, 온도, 유입액 농도 등의 공정변수에 의해 좌우된다고 할 수 있다. 조단백다당류의 분자량 크기에 따라 여과하는 동안 공정온도에 따른 투과플럭스의 변화는 10kDa와 150 kDa 모두에서 유사하였는데, 막투과 압력과 유입액의 농도가 충분히 낮은 경우에는 막분리 온도가 상승함에 따라 비례적으로 증가하였으며, 공정온도 20, 30, 40℃중 40℃의 투과플럭스가 가장 높았다. 투과 플럭스에 대한 온도의 영향은 투과액의 점도로 설명할 수 있는데, 공정온도가 상승할수록 유입액의 점도 감소와 분자운동의 증가, 유입액에 존재하는 확산물질의 용해도 증가로 인하여 투과 플럭스가 증가하거나, 유입액의 온도 상승에 의한 막의 열적 팽창에 의해 막 세공크기가 변화함으로써 투과플럭스가 증가된다고 하였다(13). Kau와 Cheryan(14)은 한외여과공정에 관한 대부분의 이론에서 공정온도가 높아짐에 따라 투과 플럭스도 높아지는데 이는 점도가 낮아지고 분자운동이 증가함으로써 물질전달이 향상되기 때문이라 보고하였다.

시간에 따른 투과 flux의 변화

투과플럭스가 가장 우수한 구간인 40℃에서 한외여과막 10 kDa와 150 kDa를 이용하여 아가리쿠스버섯의 조단백다당류를 분자량에 따라 여과하는 동안 시간의 변화에 따른 투과플럭스의 변화를 Fig. 3, 4에 나타내었다. 일반적으로 한외여과 공정의 전형적인 투과플럭스-시간과의 관계는 3단계

의 구간으로 진행되는데, 구간 I은 초기의 급격한 투과플럭스의 감소가 일어나며, 구간 II는 오랜기간 동안 점차적인 플럭스 감소(pseudo-steady state)가 발생하고 구간 III은 정상상태(steady state)플럭스로 종결된다고 하였다(15,16). 한외여과막 10 kDa와 150 kDa 모두에서 압력이 증가할수록 투과플럭스가 증가하였으며 한외여과 시작 후 30분까지 급격히 투과플럭스가 감소하여, 대두단백질의 침전물과 상층액을 한외여과막으로 작동시간에 따라 여과하였을 때 막투과 유출속도는 30분 이내에 급격히 감소한다는 Chiang 등(17)의 연구 결과와도 일치하였다. 이와 같이 구간I에 해당하는 30분 동안에 걸쳐 일어나는 투과량의 급속한 감소는 막표면 근처에 농도분극층이 형성되는 과정으로 사료된다.

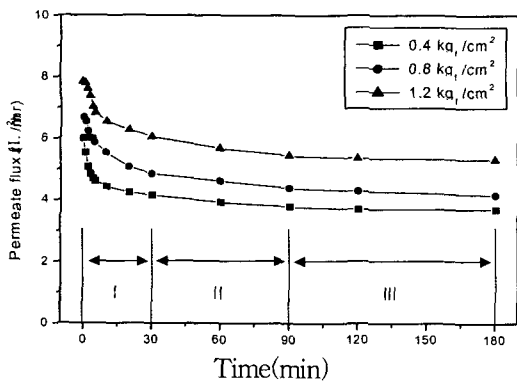


Fig. 3. Effect of process time on the permeate flux of crude protein bound polysaccharide from *Agaricus blazei* using UF system equipped with 10kDa pore size membrane at 40°C.

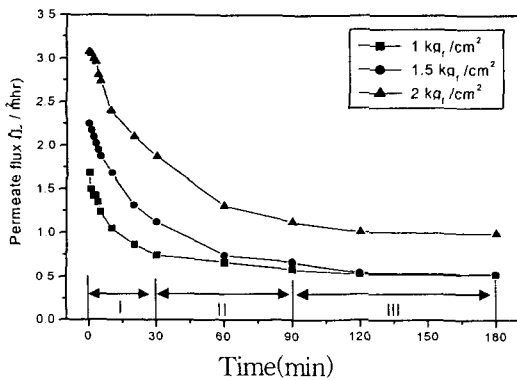


Fig. 4. Effect of process time on the permeate flux of crude protein bound polysaccharide from *Agaricus blazei* using UF system equipped with 150 kDa pore size membrane at 40°C.

따라서, 온도, 압력 및 시간의 변화에 따른 투과플럭스의 변화를 종합적으로 검토해 볼 때 막분리 공정은 실험 조건중 투과플럭스가 가장 우수한 구간인 시료온도 40°C, 10 kDa, 150 kDa의 추출압력을 각각 1.2 kg/cm²와 2 kg/cm²로 선정하였다.

막분리 공정에 의한 점도 및 색도의 변화

선정된 조건에서 한외여과막 10 kDa와 150 kDa를 이용하여 아가리쿠스버섯 조단백다당류의 분자량 크기에 따른 여과 후 점도 및 색도의 변화는 Table 2와 같다. 한외여과 후 아가리쿠스버섯 조단백다당류의 점도는 여과 전 13.9cP에서 여과 후 10 kDa이하와 10~150 kDa구간은 각각 10.8, 11.9cP로 점도가 저하되었으나, 150 kDa이상은 20.1cP로 점도가 증가되었는데, 150 kDa 막을 통과하지 못한 조단백다당류가 농축된 결과이다. 선정된 조건에서 막분리된 여과액의 색도의 변화 중 밝기를 나타내는 L값의 경우 유입액보다 투과액의 L값이 현저히 감소되었으며, 특히 한외여과막을 통과하지 못하고 회수된 150 kDa이상의 조단백다당류의 L값은 증가되어 더 밝은 색상을 나타낼 수 있었다. a값은 10 kDa이하의 감소되었고 그 이상의 분획 분자량들은 증가되었으며, b값은 10 kDa이하와 10~150 kDa구간은 막을 통과하면서 감소하였고 150 kDa이상은 증가하였다. 유입액과 막분리 여과액의 ΔE 값은 큰 차이를 보였는데 L값과 b값이 현저하게 감소하였기 때문이라고 생각된다. 이는 추출액 중의 저분자물질, 당, 색소물질, haze precursor(precursor and proteins)는 세공크기가 증가할수록 막을 쉽게 통과하여 어두운 색상을 제공한다고 보고한 Fukumoto 등(18)의 결과와 일치하였다.

Table 2. Viscosity and color changes of crude protein bound polysaccharides ultrafiltrated from *Agaricus blazei*

Crude protein bound polysaccharides	Viscosity(cP)	Color			
		L	a	b	ΔE
Raw	13.9	17.50	3.55	14.66	-
below 10 kDa	10.8	8.91	1.42	6.08	12.33
10 up to 150 kDa	11.9	4.02	5.46	4.08	17.24
over 150 kDa	20.1	23.06	5.14	16.0	5.94

분무건조 공정조건에서의 열효율성

한외여과 공정에 의해 막분리된 분자량 크기에 따른 조단백다당류를 다양한 제품 적용이 가능한 분말 형태로 가공하기 위하여 분무건조 공정을 적용하였다. 분무건조 공정은 폐열 손실이 매우 높은 건조 공정으로 건조 효율을 높이기 위해 열효율성이 고려되어야 한다. 분무건조 공정의 열효율성을 나타내는 지표값인 총괄열효율성과 증발열효율성을 각각의 가열공기온도와 시료공급속도 및 농도별로 측정하였으며 그 결과를 Table 3, 4, 5에 나타내었다. 분무건조에서 고려하여야 할 공정 요인은 가열공기온도(inlet temperature), 분무속도(compressed air flow), 시료공급속도(feed rate)이며(19), 건조공정에서 가열공기 온도의 증가는 열전달 효율성의 제고로 건조된 분말의 수분함량은 온도의 증가에 따라 감소하였다. 그러나, 분무건조에서 수분함량에 대한 운전 변수들의

영향을 고려할 경우 어느 하나의 운전변수만을 가지고 논의할 수 없기 때문에 분무건조속도를 가열공기온도와 시료공급속도에 따른 분무건조기의 효율성을 측정하였으며, 농도에 따른 영향도 평가하였다. 각각의 총괄열효율성과 증발열효율성은 시료 공급속도가 증가할수록 증가하였으며, 전반적으로 가열공기가 증가할수록 증가하였는데, 가열공기 온도보다는 시료공급속도가 열효율성에 많은 영향을 주었다. 분자량 크기에 따라서도 다양하였는데, 특히 10 kDa이하의 분획물에서는 농도에 상관없이 총괄열효율성과 증발열효율성이 10 kDa이상 보다는 상대적으로 높은 값을 나타내었다. 이는 분자량 크기에 따라 점도가 다양하며, 10 kDa이하의 분획물은 10 kDa이상 보다 상대적으로 점도가 낮아 분무건조기의 nozzle에서 분산화가 잘 이루어진 까닭으로 사료된다. 또한, 이로 인해 수분의 증발이 가속화되어 총괄열효율성과 증발열효율성은 상대적으로 높게 측정되었으나 분무건조 후 분말에서 caking현상이 나타났다. 140°C에서의 가열공기온도의 영향은 다른 온도보다 열효율성이 우수하게 측정되었는데, 이는 nozzle 분산시 건조가 급속히 이루어지지 않아 수분이 장시간 머물게 되어 배출공기의 온도를 저하시킨 때문으로 사료된다.

Table 3. Thermal efficiencies of ultrafiltrated fraction(below 10kDa) at various spray drying conditions

Conditions		Thermal efficiency (%)								
Inlet temp. (°C)		140			170			200		
Feed rate(mL/min)		4	8	12	4	8	12	4	8	12
Overall ¹⁾	5 °Bx	37.62	47.23	62.30	39.38	46.88	54.69	40.53	47.56	55.02
	10 °Bx	45.24	56.54	65.59	43.65	52.26	59.18	46.72	52.43	60.26
Evaporative ²⁾	5 °Bx	44.14	55.60	71.46	45.32	53.96	62.18	48.17	53.73	63.77
	10 °Bx	55.35	68.12	77.33	52.44	61.10	69.05	53.99	61.10	72.01

¹⁾ Overall : Overall thermal efficiency.

²⁾ Evaporative : Evaporative thermal efficiency.

Table 4. Thermal efficiencies of ultrafiltrated fraction(10 kDa up to 150 kDa) at various spray drying conditions

Conditions		Thermal efficiency								
Inlet temp. (°C)		140			170			200		
Pump rate(mL/min)		4	8	12	4	8	12	4	8	12
Overall ¹⁾	5 °Bx	35.38	46.15	57.69	36.88	45.13	53.13	36.84	45.79	54.21
	10 °Bx	37.7	49.76	61.82	37.51	46.20	54.51	37.89	46.73	55.95
Evaporative ²⁾	5 °Bx	41.82	54.05	66.37	42.84	53.23	61.86	46.11	53.57	62.49
	10 °Bx	46.73	61.74	75.99	45.69	55.76	65.02	46.0	56.89	67.86

¹⁾ Overall : Overall thermal efficiency.

²⁾ Evaporative : Evaporative thermal efficiency.

Table 5. Thermal efficiencies of ultrafiltrated fraction(over 150 kDa) at various spray drying conditions

Conditions		Thermal efficiency (%)								
Inlet temp. (°C)		140			170			200		
Pump rate(mL/min)		4	8	12	4	8	12	4	8	12
Overall ¹⁾	5 °Bx	37.69	46.41	59.84	38.74	46.72	54.52	41.08	48.69	55.15
	10 °Bx	42.22	54.28	64.08	42.42	49.83	58.14	42.57	52.26	59.03
Evaporative ²⁾	5 °Bx	43.65	54.44	68.9	44.28	53.91	62.04	48.75	54.69	63.32
	10 °Bx	51.57	65.81	76.44	50.99	58.86	68.01	50.49	61.51	69.21

¹⁾ Overall : Overall thermal efficiency.

²⁾ Evaporative : Evaporative thermal efficiency.

가열공기와 배출공기의 온도차가 증가하면 열효율성은 증가하며, 낮은 농도의 공급시료에서는 보다 높은 가열공기온도에서 건조가 이루어진다(20). 가열공기온도 170°C와 200°C에서는 열효율성이 가장 우수한 시료공급속도인 12mL/min에서 뚜렷한 열에너지의 차이를 보이지는 않았다. 농도에 따른 열효율성은 5 °Brix보다 10 °Brix가 5~10% 가량 열효율성이 우수하여 분무건조 공정에서 적합한 농도의 선정도 열효율성의 향상을 위해 중요한 공정 변수임을 확인 하였다. 분무건조 공정에서 농도를 10%에서 20%로 증가시키면 열효율성은 50% 가량 증가한다고 하였는데(12), 이는 조단백다당류 용액은 고분자 물질로서 10%이상의 농도 증가는 점도의 급격한 상승을 가져와 nozzle의 분산성을 저하시키기 때문이라 사료된다. 배출공기가 포화된 상태로 배출되는 경우의 증발된 수분량을 나타내는 증발열효율성이 총괄열효율성보다 약 7~10%정도 높게 측정되었다. Masters(12)는 분무건조공정의 열효율성은 유입되는 열에너지와 증발에 사용된 열량과 연관되며 분무건조기 chamber에 유입되는 가열공기 온도가 증가할수록 증가하고 시료공급량이 많아질수록 열효율성이 감소되며, 분무건조기의 atomizer의 종류 및 위치에 따라 다양하게 나타난다고 보고하였다.

3가지 분획물에 대한 분무건조 공정에서의 열효율성은 가열공기온도, 시료공급속도 및 농도가 증가할수록 열효율성이 증가함을 알 수 있었으며, 시료공급속도가 가장 중요한 영향인자임을 확인하였다.

요 약

η_{evap} 분자량에 따라 다양한 생리활성을 나타내는 아가리쿠스버섯에서 분리한 조단백다당류를 고부가가치 기능성 소재로 개발하기 위하여 막분리 및 분무건조 공정에 따른 특성을 조사하였다. 아가리쿠스버섯 조단백다당류를 분자량 크기에 따라 여과하는 동안 공정온도에 따른 투과플럭스의 변화는 10 kDa와 150 kDa 모두에서 유사하였는데, 막분리 온

도 및 압력이 증가함에 따라 비례적으로 증가하였으며, 40 °C에서의 투과플럭스가 가장 높았다. 시간에 따른 투과플럭스의 변화는 막분리 30분 경과시 급속히 감소하였으며, pore size가 10 kDa와 150 kDa일 때 공정압력이 각각 1.2 kg/cm²와 2 kg/cm²에서 가장 높았다. 한의여과 후 아가리쿠스버섯 조단백당류의 점도는 여과 전 13.9cP에서 여과후 10kDa이하와 10~150 kDa구간은 각각 10.8, 11.9cP로 점도가 저하되었으나, 150 kDa이상은 20.1cP로 점도가 증가되었다. 분자량 크기가 다른 3가지 분획물에 대한 분무건조 공정에서의 열효율성은 가열공기온도, 시료공급속도 및 농도가 증가할수록 열효율성이 증가함을 알 수 있었으며, 시료공급속도가 가장 중요한 영향인자임을 확인하였다.

참고문헌

- Regina, C.R., Notoya, M. and Mario, S.M. (2001) Antimutagenic effects of the mushroom *Agaricus blazei* Murill extracts on V79 cells. *Mutation Res.*, 496, 5-13
- Hirokazu, K., Aya, N., Takayuki, Y. and Takashi, M. (1988) Isolation and properties of a lectin from the fruiting bodies of *Agaricus blazei*. *Carbohydr. Res.*, 183, 150-154
- Qun, D., Jian, Y., Xiao, Y. and Jinian, F. (2002) Structural characterization of a water-soluble β -D-glucan from fruiting bodies of *Agaricus blazei* Murr. *Carbohydr. Res.*, 337, 1417-1421
- Fujimiya, Y., Suzuki, Y., Oshima, K., Kabori, H. and Moriguchi, K. (1998) Selective tumoricidal effect of soluble proteoglycan extracted from the basidiomycete, *Agaricus blazei* Murill, mediated via natural killer activation and apoptosis. *Cancer Immunol. Immunother.*, 46, 147-159
- Ebira, T. and Fujiyama, Y. (1998) Antitumor effect of peptide-glucan preparation extracted from *Agaricus blazei* in a double-grafted tumor system in mice. *Biotherapy*, 11, 259-265
- Hirokazu, K., Aya, N., Takayuki, Y. and Takashi, M. (1988) Isolation and properties of a lectin from the fruiting bodies of *Agaricus blazei*. *Carbohydr. Res.*, 183, 150-154
- Mizuno, T., Inagaki, R., Kanto, T., Hagiwara, T., Nakamura, T., Ito, H., Shimura, K., Sumiya, T. and Asakura, A. (1990) Antitumor activity and some properties of water-insoluble polysaccharides from Himematsutake, the fruiting body of *Agaricus blazei* Murill. *Agric. Biol. Chem.*, 54, 2897-2905
- Mulder, M. (1991) Basic principle of Membrane Technology. Kluwer Academic Publishers. U.S.A., p.209-211
- Grandison, A.S. and Lewis, M.J. (1996) Separation processes in the food and biotechnology industries: Principles and Application. Woodhead publishing Ltd., England., p.97-102
- Bang, W.E. and Reineccius, G.A. (1990) Reineccius. Characterization of Selected Materials for Lemon Oil Encapsulation by Spray Drying. *J. Food Sci.*, 55, 1356-1358
- Boatright, W.L. and Hettiarachchy N.S. (1995) Spray-Dried Soy Protein Isolate Solubility, Gelling Characteristics, and extractable Protein as Affected by antioxidants. *J. Food Sci.*, 60, 806-809
- Master, K. (1999) Spray drying handbook, Longman, Sci. & Tech., p.112-125
- Turker, M. and Hubble, J. (1987) Membrane fouling in a constant-flux ultrafiltration cell. *J. Membrane Sci.*, 34, 267-281
- Kuo, K.P. and Cheryan, M. (1983) Ultrafiltration of acid whey in a spiral wound unit: Effect of operating parameters on membrane fouling. *J. Food Sci.*, 48, 1113-1118
- Belfort G., Davis, R.H. and Zydney, A.L. (1994) The behavior of suspension and macromolecular solutions in crossflow microfiltration. *J. Membrane Sci.*, 96, 51-58
- Crozes, G., Anselme, C. and Mallevialle, J. (1993) Effects of adsorption of organic matter on fouling of ultrafiltration membranes. *J. Membrane Sci.*, 84, 61-77
- Chiang, W.D., Shih, C.J. and Chu, Y.H. (1999) Functional properties of soy protein hydrolysate produced from a continuous membrane system. *Food Chem.*, 65, 189-194
- Fukumoto, L.R., Delaquis, P. and Girard, B. (1998) Microfiltration and ultrafiltration ceramic membrane for apple juice clarification. *J. Food Sci.*, 63, 845-850
- Straatsma, P., Van Houwelingen, G., Steenbergen, A.E. and De Jong, P. (1999) Spray drying of food products: 1. simulation model. *J. Food Eng.*, 42, 67-72
- Rosenberg, M., Talman, Y. and Kopelman, I.J. (1998) The microstructure of spray-dried microcapsules. *Food Microstruct.*, 7, 15-23

(접수 2004년 1월 19일, 채택 2004년 3월 5일)