

고 분지아미노산 함유한 옥수수 단백가수물의 제조조건 탐색

정용일 · 배인영 · 이현규*
한양대학교 식품영양학과

Preparation of Branched-chain Amino Acid (BCAA)-enriched Hydrolysates from Corn Gluten

Yong Il Chung, In Young Bae, and Hyeon Gyu Lee*
Department of Food and Nutrition, Hanyang University

Abstract The process of the preparation of branched-chain amino acid (BCAA)-enriched hydrolysates from corn gluten was optimized through the parameters of pre-treatment (heating and cellulosic hydrolysis), hydrolysis method (acid, protease, and microbe plus protease), concentration, and spray drying condition. The protein yield of corn gluten was increased by heating and cellulase treatments. Among three different hydrolysis methods, the combined use of microbes and protease was the most effective in terms of free amino acid (FAA) and BCAA content of the corn gluten hydrolysates. In addition, the FAA and BCAA content in the hydrolysates prepared by microbial and enzymatic combined treatment were improved by a concentration process. Spray drying conditions for the preparation of the powder from the hydrolyzed reactant were an inlet temperature of 185°C, outlet temperature of 80°C, and the use of maltodextrin as an anticaking agent. Thus, this study established an economical process for preparation of value-added hydrolysates of excellent productivity and quality, in terms of high BCAA content and product stability.

Key words: corn gluten, branched-chain amino acid, microbial and enzymatic combined hydrolysis, concentration process, spray drying

서 론

옥수수로부터 전분을 제조하는 과정에서 분리되는 부산물의 일종인 글루텐은 단백질 함량이 높으나(60% 이상), 체내 소화 흡수율이 낮고, lysine 및 황 함유 아미노산이 부족해 질적인 면에서 낮게 평가되고 있다. 또한 옥수수 단백질은 가수분해에 의해 쓴맛 성분이 다량 발생하여 식품으로의 응용이 제한되어 주로 동물 사료로 사용되어 왔다. 그러나 최근 미국과 유럽에서 알러지 발생 문제로 대두나 소맥 단백질 원료의 사용이 제한되면서 저알러지성 단백질 공급원으로 새롭게 부각되고 있다. 특히, 식물성 단백질 원료 중에서 옥수수 펩타이드에는 분지쇄아미노산(branched-chain amino acid, BCAA)의 함량이 가장 높은 것으로 알려져 있다. 옥수수 펩타이드에 풍부한 BCAA은 운동 시 근육 에너지 대사에 중요한 역할을 한다(1). 또한, 알코올 섭취 시 간의 알코올 분해효소의 활성을 높여 혈중 알코올 농도를 저하시킨다고 보고되고 있다(2,3). 따라서 옥수수 펩타이드의 우수한 생리학적 기능성은 유지하면서 쓴맛 또는 이취 발생을 제거할 수 있는 제조방법이 필요하다.

식물성 단백질 공급원으로부터 기능성 펩타이드를 제조하는 분해기술은 일반적으로 산, 효소 및 미생물을 이용한 미생물(코지)분해가 있다. 산가수분해법은 강산으로 단백질을 가수분해하는 공정으로, 반응시간이 매우 짧은 장점을 가지고 있다. 그러나, 공정 중에 유해성 클로로하이드린 화합물인 3-MCPD(3-chloro-1,2-propanediol)와 2,3-DCP(2,3-dichloro-1-propanol)가 생성된다(4). 반면, 효소분해법은 산가수분해법에 비해 안전할 뿐만 아니라, 단시간 내에 가수분해 공정을 수행할 수 있다. 하지만 상업용 효소를 이용하면 원료에 들어있는 단백질의 이용률이 낮아 산가수분해에 비해 유리아미노산과 BCAA의 함량이 낮아지는 단점이 있다(5). 한편, 미생물을 이용한 미생물(코지)분해는 상업용 효소를 이용한 경우보다 단백질 이용률 및 아미노산 용출율이 우수하다. 그러나 용출된 아미노산들이 미생물의 생육으로 인하여 미생물 성장 및 이차대사에 필요한 질소원으로 활용될 수 있어 BCAA의 함량이 감소하는 결과를 초래한다(6).

이상과 같이, 옥수수 글루텐 가수분해물 제조에 있어서 분해 공정 및 분해액을 처리하는 후속공정까지 유리아미노산 및 BCAA의 함량을 향상시킬 수 있는 제조방법에서의 공정개선이 필요한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 옥수수 글루텐의 전처리 공정, 가수분해 방법, 농축 과정 및 분무건조기를 이용한 최적의 분말화 조건을 확립하는 과정을 통해 옥수수 글루텐 가수분해물의 제조공정을 최적화하고자 하였다. 이를 통해, 최종 제품의 품질 안정화와 함께 BCAA가 풍부하고 경제적인 장점을 보유한 옥수수 글루텐 가수분해물 제조법 확립을 목적으로 하였다.

*Corresponding author: Hyeon Gyu Lee, Department of Food and Nutrition, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea
Tel: 82-2-2220-1202
Fax: 82-2-2292-1226
E-mail: hyeonlee@hanyang.ac.kr
Received June 17, 2009; revised September 30, 2009; accepted September 30, 2009

재료 및 방법

재료

가수분해에 사용한 옥수수 글루텐은 (주)두산쿠파로덕츠코리아(Incheon, Korea)에서 구입하였다. 본 실험에 사용한 효소인 *Trichoderma reesei* 유래의 Celluclast™(700 U/g), *Bacillus licheniformis* 유래의 Alkalase™(2.4 U/g), *Aspergillus oryzae* 유래의 Flavourzyme™(1,000 U/g)은 Novozymes(Begsvaerd, Denmark)의 제품을 사용하였다. 분석시약은 Bio-Rad Co.(Hercules, CA, USA) 제품이였으며, 이외의 기타 시약은 일급 또는 특급 시약을 사용하였다.

옥수수 글루텐 가수분해물 제조

본 연구의 옥수수 글루텐 가수분해물 제조방법은 (a)물을 가하여 증자하고, 탄수화물 분해효소를 이용하여 수용성 당류, 무기물 및 섬유질을 제거하여 옥수수 글루텐을 전처리하는 단계; (b) 산, 상업용 효소 및 미생물(코지)을 이용하여 가수분해하는 단계; (c)상기 분해에 따른 액상의 농축, 분리 및 탈염을 통해 농축하는 단계; (d)분무건조기를 이용하여 분말화하는 단계로 구성하였다.

옥수수 글루텐의 전처리 방법으로서 옥수수 글루텐을 125°C에서 스팀을 이용하여 8분 동안 균일하게 열처리 및 증자하여 단백질을 변성시켰다. 수용성 당류와 무기물이 제거된 옥수수 글루텐에 10배의 물을 투입하고, 50°C에서 100 rpm으로 교반 세척 후, 섬유질 제거를 위한 효소처리를 진행하였다. 옥수수 글루텐에 5배의 물을 가하고, Celluclast™를 원료의 단백질 함량 대비 0.5%(w/w)로 첨가하여 50°C, pH 5.0에서 2시간 동안 반응하였다.

옥수수 글루텐의 가수분해 방법으로서 산가수분해는 35% HCl을 옥수수 글루텐과 동량 혼합한 후, 염산 대비 1/3만큼의 물을 첨가하고, 105°C에서 48시간 분해하였다. 가수분해가 끝난 반응액은 15시간 체류시킨 후, 35°C까지 냉각하고, 50% NaOH를 사용하여 알칼리화(pH 10으로 조정)하고, 35% HCl을 이용하여 역중화(pH 4.9로 조정)하였다. 효소가수분해는 옥수수 글루텐에 5배의 물을 가한 후, 45°C, pH 7에서 Alkalase™와 Flavourzyme™을 동량 혼합한 효소를 단백질 함량대비 4%로 첨가하여 72시간 동안 분해하였다. 미생물을 이용한 미생물(코지)분해는 옥수수 글루텐에 20% 수용액 형태의 코지(1×10^2 의 농도로 희석한 메주시료를 2%의 casein을 함유한 potato dextrose(PD)배지에 접종하고 40°C에서 3일간 배양하여 분리한 *Aspergillus oryzae*를 이용 상업용 효소를 병용하여 사용하였다. 즉, *Aspergillus oryzae*를 30°C에서 2일 동안 배양하고, 배양된 원료의 농도가 20%(w/w), 염 농도 5%(w/w)가 되도록 50°C의 온수를 가하여 45°C로 조정된 다음, 혼합된 상업용 효소(동량의 Alkalase™와 Flavourzyme™)를 원료의 단백질 함량 대비 0.5%(w/w)로 첨가한 후, 45°C에서 72시간 동안 미생물(코지) 분해를 실시하였다.

농축 여과 공정으로서 분해 공정을 통해 얻은 가수분해물을 필터프레스(Pilot filter press, 제일산업개발, Incheon, Korea)를 이용하여 2시간 동안 여과 분리하고, 여과액을 2배 농축(Rotary vacuum evaporator system N-11, Tokyo Rikakikai Co., Ltd., Tokyo, Japan)한 후, 다시 필터프레스를 이용하여 1시간 동안 압착하여 액상과 고형분을 분리하고, 상기 액상은 전기투석을 통해 탈염(Pilot electrodialysis acilyzer 02, Astom Co., Tokyo, Japan)하였다.

분무건조기(Pilot 분무건조기 KL-8, 서강엔지니어링, Chungnam, Korea)를 이용하여 분말 제제화하는 경우, 제품의 품질이 오염이나 흡습 등에 대해 안정화되고, 보관이 간편하며, 운송비용을 줄

일 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서 사용한 분무건조기의 atomizer rpm은 일반적으로 사용하는 18,000 rpm으로 고정시키고, inlet 온도 180-190°C, outlet 온도 70-90°C 범위에서 분말화 조건을 검토하였다.

최적 반응공정에서 제조된 시료의 특성 분석방법

일반성분 분석으로서 수분함량은 105°C 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 질소정량법, 조지방은 Soxhlet's 추출법, 조회분은 550°C 직접회화법을 이용하여 분석하였다. 염도는 염분농도계(Model NS-3P, Merbabu Trading Co., Ltd., Osaka, Japan)를 사용하여 측정하였다.

아미노산 조성을 분석하고자 시료 0.5 g에 증류수를 가하여 초음파 처리한 용액 50 mL에 봉산염 완충액 350 mL와 AccQ-Tag 유도체시약 100 mL을 넣어 잘 혼합한 후, 55°C에서 10분간 유도체화하였다. 유도체화 시료 10 mL을 AccQ-Tag C₁₈ 컬럼(3.9×150 mm, Millipore Co., Milford, MA, USA)이 장착된 HPLC 시스템(Waters 1525 Binary Pump, Waters 717 plus Autosampler, Waters 474 Fluorescence detector, Waters Co., Milford, MA, USA)을 이용하였다. 이동상은 0.14 M 아세트산 나트륨과 10% 트리에틸아민을 1% 인산으로 pH 5.02를 맞춘 용액(eluent A)과 물과 아세토니트릴을 4:6으로 혼합한 용액(eluent B)을 선형구배로 1.0 mL/min의 유속으로 용출하였다.

분자량 분포를 분석하고자 Bio-sil SEC-125 컬럼(7.5×300 mm, Bio-Rad Co., Hercules, CA, USA)이 장착된 HPLC 시스템(Waters 510 HPLC pump, Waters 486 Tunable absorbance detector, Waters Co., Milford, MA, USA)을 이용하였다. 이동상은 0.15 M NaCl이 함유된 0.05 M 인산나트륨 완충액(pH 6.8)을 사용하여 1.0 mL/min의 유속으로 분석하였다. 단백질 분자량 표준물질은 티로글로불린(670 kDa), 소의 감마글로불린(158 kDa), 닭의 난백알부민(44 kDa), 말의 미오글로불린(17 kDa), 비타민 B12 (1.35 kDa)로 구성된 표준시약(Bio-Rad Co., Hercules, CA, USA)을 사용하였다.

가수분해도는 Su 등(7)의 방법에 따라 포르몰질소(FN)와 총질소(TN)를 각각 Kjeldahl법 및 포름알데히드 적정법에 의해 측정하였다.

결과 및 고찰

원료의 전처리 방법에 따른 단백질 함량 변화

식물성 단백질 재료들은 주로 셀룰로오스로 이루어진 세포벽을 가지고 있으며, 가공 과정에서 이러한 불용성 탄수화물들은 탄수화물 분해효소를 사용하여 제거함과 동시에 유효성분의 가용화에 효과적인 것으로 보고되어 있다(8). 일반적으로 옥수수 글루텐에는 60%(w/w) 정도의 단백질이 함유되어 있고, 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌 등의 불용성 성분이 20-25%(w/w) 정도를 차지한다. 본 연구에서는 옥수수 글루텐의 단백질 회수를 최대한으로 유지하고자 단백질 효소분해에 앞서 옥수수 글루텐에 열처리를 가하여 단백질을 변성시키고, 셀룰레이즈 복합 효소인 Celluclast™ 처리를 전처리 과정으로 수행하였다(Table 1). 옥수수 글루텐의 단백질 회수율은 증가와 식이섬유 분해효소 처리 등의 전처리 과정에 의해 63.66%에서 70.92%로 약 11% 정도 증가하였다. 이 결과는 대두와 밀 글루텐에 대한 복합 탄수화물 분해효소 처리 시 각각 최대 150%까지 회수율을 증가시켰다는 Chae 등(9,10)의 결과보다 다소 낮았다. 이러한 결과는 연구에 사용한 원료 자체의 단백질 함량, 사용한 효소의 종류와

Table 1. Effect of pre-treatment on protein content of corn gluten

Pre-treatment	Total nitrogen (%)	Total protein (%)
Corn gluten	10.18	63.66
Heat treated corn gluten	10.90	68.18
Heat and cellulase treated corn gluten	11.34	70.92

사용농도 및 반응조건 등 실험방법에서의 차이에서 기인한 것으로 생각된다.

옥수수 글루텐 가수분해 방법에 따른 BCAA 함량변화

Table 2는 cellulase처리 과정 유무에 따른 산, 효소 및 효소와 미생물(코지)을 병용한 가수분해 방법에 따라 제조한 가수분해물의 유리아미노산 및 BCAA 함량을 조사한 결과이다. 전처리 과정 후에 다양한 가수분해법을 적용한 결과, 유리아미노산은 약 20%, BCAA은 20-24%, 유리아미노산에 대한 BCAA의 비율은 0-3% 정도 증가함으로써 전처리 과정의 필요성을 재확인하였다. 또한, 가수분해 방법에서는 산가수분해법이 효소처리와 미생물(코지)-효소 복합처리 가수분해물과 비교 시 유리아미노산과 BCAA 함량에서 각각 61%, 31% 및 31%, 4%까지 높게 나타났다. 그러나, 유리아미노산에 대한 BCAA의 비율에서는 효소적 가수분해법과 미생물(코지)-효소 복합사용이 산 가수분해보다 각각 42%와 26%까지 향상되었다. 그러나 전체적인 유리아미노산 및 BCAA 함량이 우수하고, 값싸게 대량으로 생산이 가능한 미생물(코지)과 기질 특이성을 보이는 상업용 효소를 동시에 이용함으로써 각각의 장점을 극대화할 수 있다. 따라서, 전처리 과정과 미생물(코지)-효소 복합사용에 의해 단백질 효율이 증가되고, 유리아미노산과 BCAA가 풍부한 옥수수 글루텐 가수분해물을 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

농축여과 공정에 따른 가수분해물의 BCAA 함량변화

위에서 얻어진 결과를 토대로 미생물(코지)과 효소적 가수분해를 병용하는 공정을 통해 제조된 옥수수 글루텐 가수분해물의 농축과정 유무에 따른 BCAA의 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 즉, 가수분해물을 농축하고, 24시간 체류한 후에 필터프레스를 이용하여 분리하는 과정에 의해 유리아미노산(11.48%→14.40%) 및 BCAA(2.56%→5.30%)의 함량이 각각 25%와 100%로 증가하였다. 특히, BCAA 중 leucine의 함량은 5.14%에서 15.97%로 약 3배 이상 향상되었다.

분무건조기를 이용한 제형조건 확립

최종 가수분해 반응물의 분말 제제화는 제품의 품질 안정화(오염, 흡습 등에서 중요한 인자일 뿐만 아니라, 보관이 간편하고, 운송비용을 줄일 수 있는 장점을 갖는다. 분무건조기의 inlet 온도와 outlet 온도가 낮거나, atomizer rpm이 적합하지 않으면 수

Table 3. Effect of concentration process on free amino acid (FAA) and branched-chain amino acid (BCAA) contents of the corn gluten hydrolysates produced by microbial and enzymatic combined treatment

	Hydrolysates (%)	With concentration (%)	Without concentration (%)
FAA	11.48	14.40	11.73
BCAA	2.56	5.30	2.89
ASP	0.78	0.63	0.77
THR	7.32	5.97	7.33
SER	14.20	11.60	14.24
GLU	15.51	12.64	13.30
PRO	2.44	2.01	2.47
GLY	1.22	0.97	1.19
ALA	11.32	9.17	11.25
CYS	0.00	0.00	0.00
MET	2.35	1.94	2.39
VAL	7.40	7.99	7.84
ILE	9.76	12.85	10.66
LEU	5.14	15.97	6.14
TYR	1.22	0.97	1.19
PHE	16.38	13.26	16.28
HIS	4.53	3.68	4.52
LYS	0.44	0.35	0.43
ARG	0.00	0.00	0.00
Total	100.00	100.00	100.00

분 흡수가 많아 caking이 생기거나 고르지 못한 분말 입자 상태를 얻게 된다. 반대로, inlet 온도와 outlet 온도가 너무 높으면 분말이 타서 색상이 짙어지는 문제가 발생한다(11). 따라서, 최종 가수분해물의 분말화를 위한 분무건조기의 조건을 최적화하는 것이 최종 제품의 품질을 결정하는 주요 요인 중 하나가 될 수 있다. Table 4에서와 같이, inlet과 outlet 온도가 상승할수록 분말의 수분함량은 감소하고, 색도는 증가함을 알 수 있었다. 또한, 분말화된 시료의 형태학적인 관찰에서도 inlet과 outlet 온도가 각각 185°C와 80°C에서 제조한 분말이 수분함량이 적고, 색상이 밝고, 입자가 둥글고 일정한 크기의 결정형을 보임으로써 가장 적합한 특성을 나타냄을 확인하였다(Fig. 1).

이와 같이, 분말 제제화 과정에서 발생하는 여러 가지 문제 중 잔존하는 수분이나 흡수된 수분에 의해 발생하는 caking을 방지하는 것이 중요하다(12). 그러나 분말 제품마다 적합한 고결방지제가 다르기 때문에 lactose, dextrin, maltodextrin, 및 gum arabic을 사용하여 분말입도, 색도, 흐름성, 흡습성도 등을 분석하였다 (Table 5). 본 연구에서 사용한 4종류의 고결방지제 중, maltodextrin→dextrin→lactose→gum arabic 순으로 분말입도, 색도, 흐름

Table 2. Changes of free amino acid (FAA) and branched-chain amino acid (BCAA) contents of corn gluten hydrolysates produced by various proteolytic methods

Concentration (%)	With cellulase treatment			Without cellulase treatment		
	Acid	Protease	koji+protease	Acid	Protease	koji+protease
FAA	15.01	9.35	11.48	12.46	7.78	9.53
BCAA	2.66	2.35	2.56	2.15	1.96	2.13
BCAA/FAA	17.72	25.13	22.30	17.26	25.18	22.35

Table 4. Establishment of spray drying condition of the corn gluten hydrolysates by microbial and enzymatic combined treatment

Inlet temp. (°C)	Outlet temp. (°C)	Characterization of powder		
		Moisture content (%)	Color (OD at 500 nm)	Appearance
180	70	12.1	-	Wet
	80	11.4	-	Wet
	90	10.3	-	Wet
185	70	11.0	0.075	Bright but wet
	80	10.2	0.082	Bright and dry
	90	8.2	0.103	Dark
190	70	10.9	0.095	Dark
	80	7.0	0.102	Dark
	90	6.5	0.118	Dark

성, 흡습정도에 있어서 가장 좋은 caking 방지효과를 보였다. 따라서 옥수수 분해반응물의 분말화는 2% maltodextrin을 고결방지제로 사용하고, inlet 온도 185°C, outlet 온도 80°C, 분산속도 18,000 rpm에서 가장 좋은 상태의 분말 제품을 얻을 수 있음을 알 수 있었다.

옥수수 글루텐 분해방법에 따른 경제적인 제조공정 확립

일반적으로 옥수수 글루텐은 원료자체가 분해되기 어려워, 미생물을 이용하여 분해시키는 경우에 그 이용률이 50%를 넘지 못한다. 또한, 효소공정을 이용할 경우에도 수율이 미생물을 이용하는 경우에 비해 크게 증가하지 못하는 단점이 있다. 특히, 효소를 이용하는 공정은 값비싼 정제효소를 많이 첨가해야 하는 문제가 있고, 정제효소를 사용한다 하여도 그 이용률이 55%를 넘지 못하는 실정이다(13,14). 그러나, 본 연구에서 개발한 미생물(코지)과 효소를 동시에 사용하는 방법에 의하여 옥수수 글루텐을 가수분해하면 그 이용률이 132%까지 향상됨을 확인하였다(Table 6). 또한, 가수분해에 사용되는 효소의 양도 상업용 효소만을 이용하는 경우(일반적인 효소공정은 첨가되는 효소의 양이 원료 단백질 함량대비 4%)에 비하여 0.5% 정도만 사용해도 된다. 따라서, 본 연구에서 개발한 옥수수 글루텐 가수분해물 제조공정은 매우 효율적이며, 경제적인 방법이라 할 수 있다.

최적 반응공정에서 제조된 시료의 특성분석

이상과 같이, 옥수수 글루텐을 증자→탄수화물 분해효소를 이용한 전처리→미생물과 효소분해의 복합공정→BCAA 외의 아미노산을 제거하기 위한 분해액 농축 및 여과→분무건조기를 이용한 분말화 과정을 통해 생산된 옥수수 펩타이드의 특성을 분석한 결과, 수분 5.0%, 단백질 62.5%, 탄수화물 26.5%, 조지방 0.0%, 회분 6.0%로 나타났다. Table 7에서와 같이 총아미노산 및

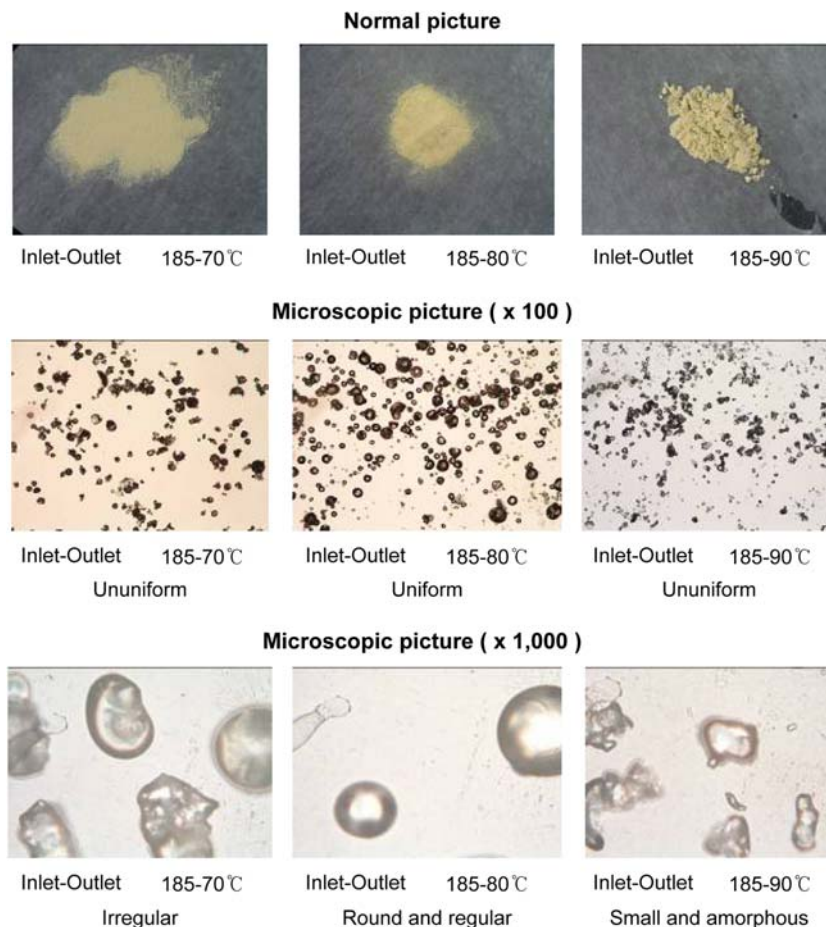


Fig. 1. Microscopic characterization of spray-drying powder obtained from the corn gluten hydrolysates by microbial and enzymatic combined treatment.

Table 5. Effect of anticaking agents on moisture absorption of spray-drying powder of the corn gluten hydrolysates by microbial and enzymatic combined treatment

Anticaking agents	Granularity ¹⁾	Color ²⁾	Flowability ³⁾	Hygroscopicity ⁴⁾
Lactose	++	+++	+++	+++
Dextrin	++++	++	++	+++
Maltodextrin	++++	+++	++++	++++
Gum arabic	++	++	++	++

¹⁾Granularity: ++ coarse, +++ fine, ++++ very fine

²⁾Color: + dark, ++ normal, +++ bright

³⁾Flowability: ++ bad, +++ good, ++++ very good

⁴⁾Hygroscopicity: ++ high, +++ normal, ++++ low

Table 6. Comparison of protein utilization (product yield) among corn gluten hydrolysates prepared by various hydrolysis process

Process	Total nitrogen (%)	Product yield (%)	Dosage of enzyme (% basis of protein)
Microbe	1.517	44.25	-
Protease	1.860	54.25	4.0
Microbe+Protease	2.016	58.80	0.5

Table 7. Amino acid composition of spray-dried powder of the corn gluten hydrolysates by microbial and enzymatic combined treatment

Amino acid	Total amino acid (%)	Free amino acid (%)
BCAA	40.66	40.73
ASP	1.01	0.65
THR	7.10	6.31
SER	11.30	12.27
GLU	6.06	5.64
PRO	2.46	2.12
GLY	2.91	1.04
ALA	8.71	9.74
CYS	0.61	0.00
MET	2.27	2.04
VAL	11.43	11.50
ILE	14.75	14.84
LEU	14.48	14.39
TYR	0.11	1.05
PHE	11.02	14.10
HIS	3.44	3.89
LYS	1.73	0.41
ARG	0.60	0.00
Total	100.00	100.00

유리아미노산 내 BCAA 함량이 40.7%로 분석되었고, 아미노산 종류별로는 valine 11.5%, isoleucine 14.8%, leucine 14.4%로 함유되어 있었다. 또한, 분자량 분포는 300 Da 이하 7.25%, 300-700 Da 84.75%, 700-1,000 Da 8.0% 를 차지하고 있어 대부분 저분자로 구성되어 있음을 알 수 있었다(data not shown).

요 약

본 연구에서는 원료의 전처리, 가수분해 방법, 농축과정 및 제형화 공정을 최적화하여 BCAA 함량이 증가된 옥수수 펩타이드 제조법을 확립하였다. 옥수수 글루텐의 단백질 회수율은 증자와 탄수화물 분해효소 처리 등의 전처리 과정에 의해 약 11% 정도 증가하였다. 가수분해 방법에서는 미생물을 배양하여 제조한 코지에 상업용 효소를 소량 혼합하여 반응시킨 가수분해물에서 향상된 유리아미노산 및 BCAA 함량을 얻을 수 있었다. 또한, 가수분해 반응액은 농축과 여과를 통해 BCAA의 함량이 약 100% 정도 향상되었다. 위의 조건에서 제조한 옥수수 가수분해 반응물의 분말화를 위해 분무건조기의 온도와 고결방지제 종류를 비교한 결과, inlet 온도 185°C, outlet 온도 80°C, 분산속도 18,000 rpm에서 2% maltodextrin을 사용 시 가장 좋은 상태의 분말 제품을 얻을 수 있었다. 이와 같은 가수분해 및 분말화 공정을 통해 단백질 이용률이 32%까지 향상되고, BCAA 함량이 전체 유리아미노산 대비 41%의 높은 비율로 구성되어 있는 옥수수 글루텐 가수분해물을 제조할 수 있었다. 이상과 같이, 본 연구에서는 옥수수 글루텐 가수분해물 제조를 위한 최적화 과정을 통해 BCAA가 풍부한 가수분해물 제조와 최종 제품의 품질 안정화 조건을 확립할 수 있었다. 또한, 본 연구에서 개발한 미생물(코지)과 효소를 동시에 사용하는 방법에 의하여 옥수수 글루텐을 가수분해하면 적은 양의 효소사용으로 유사한 유리아미노산 및 BCAA 함량을 나타내는 가수분해물을 얻을 수 있다. 따라서, 본 연구에서 개발한 옥수수 글루텐 가수분해물 제조공정은 매우 효율적이며, 경제적인 방법이라 할 수 있다.

문 헌

1. Wagenmakers AJM. Muscle amino acid metabolism at rest and during exercise: Role in human physiology and metabolism. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 26: 287-314 (1998)
2. Yamaguchi M, Nozaki O, Ito M, Furukawa Y. Effect of corn peptide administration on plasma amino acid concentration and alcohol metabolism in stroke-prone spontaneously hypertensive rats. *J. Clin. Biochem. Nutr.* 22: 77-89 (1997)
3. Yamaguchi M, Nishikiori F, Ito M, Furukawa Y. The Effect of corn peptide ingestion on facilitating alcohol metabolism in healthy men. *Biosci. Biotech. Bioch.* 61: 1474-1481 (1997)
4. Hamlet CG, Jayaratne SM, Matthews W. 3-Monochloropropane-1,2-diol (3-MCPD) in food ingredients from UK food products and ingredients suppliers. *Food Addit. Contam.* 19: 15-21 (2002)
5. Kubota K. Production of protein seasoning solution. Japan patent 06-125734 (1994)
6. Poonam N, Dalel S. Solid-state (substrate) fermentation systems and their applications in biotechnology. *J. Basic Microb.* 34: 405-423 (1994)
7. Su NW, Wang ML, Kwok KF, Lee MH. Effect of temperature and sodium chloride concentration on the activities of proteases and amylases in soy sauce *koji*. *J. Agr. Food Chem.* 53: 1521-1525 (2005)
8. Kim JK, Park HK, Chung KS, Kim HS, Son HS, Chung JW. Process for preparing soymilk from soymilk residues or tofu residues. Korean Patent Publication No. 94-2528 (1994)
9. Chae HJ, In MJ, Lee JD. Production of a protein supplement from soymilk residues by combined use of enzymes and microorganisms. *Agric. Chem. Biotechnol.* 41: 73-77 (1998)
10. Chae HJ, Han MS, In MJ. Study on utilization of vegetable by-product from food processing by enzyme treatment. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 47: 146-148 (2004)

11. Knut F, Martina K. Influence of spray drying conditions on functionality of dried whole egg. *J. Sci. Food Agr.* 82: 1837-1841 (2002)
12. Jose MA, Guy L, Marcus K. Effect of water content on the glass transition and caking of fish protein hydrolyzates. *Biotechnol. Progr.* 9: 651-654 (1993)
13. Apar DK, Özbek B. A kinetic study on corn gluten hydrolysis. *Chem. Eng. Technol.* 32: 673-675 (2009)
14. Apar DK, Özbek B. Hydrolysis and solubilization of corn gluten by Neutrase. *J. Chem. Technol. Biot.* 82: 1107-1114 (2007)