

현미(고아미) 알코올발효 부산물의 α -amylase처리 효과

우승미 · 김태영¹ · 여수환¹ · 김상범¹ · 김미현² · 이상철³ · 정용진[†]

계명대학교 식품가공학과 및 (주)계명푸드텍스, ¹농촌진흥청 농업과학기술원 농촌자원개발연구소,
²대구과학대학 식품영양조리계열, ³대구보건대학 소방안전과

Effect of α -Amylase Treatment of Brown Rice(*Goami*) Alcohol Fermentation By-Product

Seung-Mi Woo, Tae-Young Kim¹ Soo-Hwan Yeo¹, Sang-Burm Kim¹, Mi-Hyun Kim²,
Sang-Chel Woo³ and Yong-Jin Jeong

Department of Food Science and Technology, Keimyung University and Keimyung Foodex Co., Ltd, Daegu 704-701, Korea

¹Rural Resources Development Institute, NIAST, RDA, Suwon 411-853, Korea

²Division of Food Nutrition and Cooking, Taegu Science College, Daegu 702-723, Korea

³Department of Fire Safety Management, Daegu Health College, Daegu 702-722 Korea

Abstract

To utilize the non-heat treated alcoholic by-products of brown rice(*Goami*) as food sources, the quality characteristics change according to the treatment conditions of α -amylase were evaluated. It resulted that the increase of hydrolysis temperature correspondingly increased the soluble solids, total dietary fiber and total sugar in the by-products of *Goami*, and the highest reducing sugar content was observed at 80°C. The free amino acids contents were tended to slowly decrease by the hydrolysis temperature more than 70°C, and the highest content of oligosaccharides were detected at the hydrolysis temperature of 80°C. The soluble solid according to the α -amylase concentration resulted to increase with the increase of the enzyme concentration and the total dietary fiber revealed similarly showing approximately 0.65%. The high content of reducing sugars was observed at the enzyme concentration around 0.08%(v/w). Total sugars and oligosaccharides contents tend to increase as the concentration of enzyme increased, and the content of oligosaccharides acquired at the enzyme concentration more than 0.10%(v/w) maintained to show rather similar contents. The soluble solids and total dietary fiber by hydrolysis time were found to show 6.66% and 0.65%, respectively at more than 60 min of hydrolysis, and the reducing sugars and total sugars were found to be 3,600 and 4,800 mg% in all treatment groups showing no significant difference. The content of oligosaccharides was increased with the increase of hydrolysis time, and the content was similar at more than 90 min of hydrolysis by ranging around 2,100 mg%. Based upon these results, the by-products of *Goami* are expected to be used as various food sources showing the highest dietary fiber and oligosaccharides contents by the hydrolysis at 80°C for 90 min with the addition of 0.10%(v/w) of α -amylase.

Key words : brown rice, *Goami*, α -amylase, oligosaccharide

서 론

쌀은 우리나라의 주식(主食)으로서 전체 농업생산액의 40%를 차지하는 중요한 작물이다. 쌀의 소비량은 1979년

1인당 연간 135.6 kg에서 2003년에 83.2 kg으로 급격하게 감소하였으며(1), 국내 쌀 가공화율은 5% 미만으로 매우 낮은 실정이다(2). 이에 시장 경쟁력 확보 및 쌀 소비량 증가를 위해 쌀의 기능성 및 다양성에 초점을 맞추어 많은 연구가 진행되고 있다. 고아미 2호는 고품질 자포니카 품종인 일품벼에 methyl-N-nitrosourea (MNU)를 처리하여 육성된

[†]Corresponding author. E-mail : yjjeong@kmu.ac.kr,
Phone : 82-53-580-5557, Fax : 82-53-580-6477

돌연변이 품종의 하나이다(3). 고아미 2호는 단백질, 지질, 회분함량 등이 일반 쌀에 비해 현저히 높고 난소화성 다당류의 함량은 현미와 백미에서 각각 약 3배 및 5배가 높다(4). 또한 인, 철분, 아연, 마그네슘 등의 미네랄함량이 2~3배, 비타민 B₁과 B₂함량이 각각 약 2배 및 3배가 높다(5). 계통평균수원 464로도 알려진 고아미 2호는 Kang 등(5)에 의해 이화학적 특성이 보고된 바 있고, 비만환자에게 고아미 2호를 백미와 섞어 섭취시킨 경우 체중 및 중성지방 및 혈당 감소(6,7)에도 효과적인 것으로 밝혀져 당뇨병 환자의 혈당조절 용도로 제안된 바 있다. 그러나 높은 함량의 난소화성 다당류로 인해 일반 쌀보다 취반 적성 및 관능적 기호도가 떨어지는 단점이 있어 이 품종의 쌀가루를 빵, 국수, 과자 등 여러 가지 쌀 가공식품에 혼합하여 사용하는 방안이 제시되고 있다(4). Kim 등(8)은 고아미 2호 및 이를 이용한 식체의 미세구조에 대해 보고하였고, Lee 등(3)은 고아미 2호를 이용한 흑임자죽의 품질특성을 보고하였다. 또한 Kim 등(4)의 후레이크 제조 및 Lee 등(9)의 백설기 제조에 관한 연구도 보고되어 가공품으로의 이용가능성을 보였다.

전분박(starch slurry)은 곡류 및 서류로부터 전분을 추출하는 전분 제조공정과 탁·약주 및 주정 제조과정에서 발생하는 부산물로서 유해물질이 포함되어 있지 않고 수분을 제외한 주요성분이 탄수화물이며 단백질, 식이섬유 등 많은 유기물질을 함유하고 있어 자원화 가능성이 매우 높다(10). 그러나 대부분의 박은 폐기되거나 가축의 사료로 사용되고 있는 실정이며, 폐기되는 많은 양의 전분박으로 인해 토양이 오염될 뿐만 아니라 매립에도 한계가 있으므로 전분박 활용에 대한 궁극적인 대책이 필요하다(10,11).

α -Amylase(1,4- α -D-glucan glucanohydrolase EC 3.2.1.1)는 전분내의 α -1,4-glucosidic 결합을 가수분해 하는 효소로서 다양한 미생물, 식물 및 동물에 널리 분포되어 있으며(12), 그중 내열성 균주에서 발견되는 내열성 α -amylase는 호화온도이상에서도 역가를 유지하여 전분의 액화(13)나 전분식품의 노화방지(14)에 이용되고 있으며, 효소를 이용한 올리고당 생산(15)에도 이용되고 있다.

따라서 본 연구에서는 Woo 등(16)의 현미(고아미) 비열처리 알코올발효 부산물을 식품소재로 활용하고자 α -amylase 가수분해조건에 따른 품질변화를 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 현미(고아미) 부산물은 Woo 등(16)의 방법과 같이 비열처리 알코올발효 한 것을 부직포로 여과하여 강제순환식오븐(HB-502M, Hanbeak Scientific Co., Korea)에서 40°C, 48시간 건조시킨 다음 40 mesh이하로 분쇄하여 사용하였고, 효소제는 α -amylase(14,500 unit/g,

Daiwa kasei, Japan)를 사용하였다(17). 당류 표준품 및 총식이섬유소 분석에 사용된 효소제는 Sigma사에서 구입하였으며, 그 외의 분석시약은 특급시약을 사용하였다.

α -amylase처리 조건

고아미발효부산물 분말 10 g에 증류수 500%(v/w)를 가수한 다음 가수분해 온도별 조건에서는 0.1%(v/w) 효소제를 첨가하여 진탕배양기(HB 205SWM, Hanbeak Scientific Co., Korea)에서 50, 60, 70, 80 및 90°C로 100 rpm, 60분간 가수분해하였고, 효소농도별 조건에서는 효소제 0, 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10, 0.12 및 0.14%(v/w)를 각각 첨가하여 적정 가수분해 온도인 80°C에서 100 rpm, 60분간 가수분해하였으며, 가수분해 시간별 조건에서는 적정 효소농도 조건인 0.10%(v/w)를 첨가하여 80°C, 100 rpm으로 각각 30, 60, 90, 120 및 150분간 가수분해한 후 원심분리(6,000 rpm, 15 min)시켜 상등액을 분석시료로 사용하였다.

일반성분 분석

부산물의 일반성분은 AOAC 법(18)에 따라 수분함량은 105°C 상압가열건조법, 조단백은 Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet 추출법 그리고 조회분은 550°C 직접 회화법으로 정량하였다.

환원당 및 총당

환원당은 Dinitrosalicylic acid (DNS)법(19)으로 측정하였다. 즉 적당히 희석한 시료액 1 mL에 DNS시약 1 mL을 가하여 항온수조에서 10분간 가열시킨 후 급냉하고 증류수 3 mL을 첨가하여 UV-visible spectrophotometer(UV-1601, Shimadzu, Japan)를 이용하여 546 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 당 정량은 glucose를 표준물질로 사용하여 상기의 방법으로 작성한 표준곡선으로부터 환산하였다. 총당은 시료액 10 g에 15% HCl 40 mL를 가해 항온수조에서 100°C, 3시간 동안 가수분해 시킨 후 20% NaOH로 중화하여 100 mL로 정용한 다음 환원당과 동일한 방법으로 정량하였다.

가용성 고형분 및 총식이섬유소 함량

가용성 고형분 함량은 시료액 1 mL을 항량을 구한 수기에 취하여 105°C에서 증발 건조시켜 그 무게를 측정하였으며, 시료액에 대한 백분율로써 고형분 수율(%)을 구하였다(20). 총식이섬유소 함량은 AOAC 법(21)에 준하여 분석하였다. 즉, 효소 중량법(enzymatic-gravimetric method)으로써 시료액을 α -amylase solution(heat stable, for total dietary fiber assay)으로 액화시킨 다음 protease와 amyloglucosidase를 차례로 반응시켜 단백질과 전분을 제거하는 효소적 가수분해과정을 거친 후 가수분해된 용액의 잔사를 에탄올과 아세톤으로 세척하여 건조 전·후의 무게차를 구하고 단백질

질 및 회분을 정량한 다음 총식이섬유소 산출식에 의하여 함량을 산출하였다.

당류의 분석

유리당 및 올리고당은 시료액을 sep-pak C₁₈ cartridge (Waters Co., USA)에 통과시켜 색소 및 단백질성분을 제거한 다음 0.45 μm membrane filter로 여과하여 HPLC(Water 1515, Waters Co., USA)로 분석하였다. 이때 분석 column은 carbohydrate analysis column(4.6×250 mm, Waters Co.), mobile phase는 75% acetonitrile(Fisher Co.)을 사용하였고 flow rate는 1.0 mL/min, injection volume은 20 μL, detector는 RI(M410 RI)를 사용하였다(22).

유리아미노산 함량

시료액의 유리아미노산 함량은 Woo 등(16)의 방법에 준하여 전처리하였으며 아미노산 자동분석기(Biochrom 30, Biochrom Ltd, Cambridge, UK)를 이용하여 분석하였다. 이때 buffer solution은 lithium citrate buffer를 사용하였고, buffer flow rate는 0.33 mL/min, ninhydrin flow rate는 0.33 mL/min, column온도는 37°C이며, injection volume은 40 μL로 하였다.

통계처리

현미(고아미) 부산물 효소처리액의 성분분석은 3회 반복하여 측정한 평균값을 나타내었다.

결과 및 고찰

현미(고아미) 비열처리 알코올발효 부산물의 일반성분

현미(고아미) 비열처리 알코올발효 부산물의 일반성분을 분석한 결과 Table 1과 같다. 수분함량은 4.80%로 나타났으며, 조단백, 조회분, 조지방 및 조섬유는 각각 10.30, 1.20, 9.30 및 4.04%로 나타났다. Kang 등(5)의 고아미 2호 일반성분 분석에서는 조단백, 조회분, 조지방 및 조섬유가 각각 7.61, 0.87, 1.89 및 0.72%로 고아미 부산물에 비해 낮은 함량을 나타내었다. 일반적으로 알코올발효과정에서 전분이 분해되면서 단백질, 지질 및 세포벽 물질 등이 일부 제거

Table 1. Proximate composition of Goami alcohol fermentation by-product

(%)				
Moisture	Crude protein	Crude ash	Crude lipid	Crude fiber
4.80±0.13 ¹⁾	10.30±0.01	1.20±0.01	9.30±0.07	4.04±0.05

¹⁾Values are mean ± S.D. (n=3).

되지만 많은 양의 고아미전분이 알코올 생성에 소모되었기 때문에 상대적으로 고아미 부산물의 조단백, 조지방 및 조섬유의 함량비율이 높아진 것으로 생각된다. 또한 다른 품종의 현미에서는 7.02%의 단백질을 함유하고 1.76%의 조지방, 1.14%의 회분 함량을 나타내었다(23).

가수분해 온도에 따른 영향

현미(고아미) 부산물의 가수분해 온도에 따른 품질특성을 조사한 결과 Fig. 1, 2 및 Table 2, 3과 같다. 가용성 고형분, 총식이섬유소 및 총당은 온도가 높을수록 증가하였으며 각각 2.92~7.96%, 2,483~6,402 mg%, 0.54~1.14%였다. 환원당은 호화온도인 60~80°C에서는 약 3,200 mg%로 비슷한 함량을 나타내었으나 90°C에서는 약 1,600 mg%로 매우 낮았다. 이는 Youn과 Choi(24)가 키위를 열풍 건조시켰을 때 고온으로 인해 유리당의 분해가 촉진되어 유리당 함량이 감소하였다는 보고와 비교해 볼 때 고온(90°C)으로 가수분해를 시킨 경우 현미 부산물의 유리당이 분해되어 유리당의 함량이 급격히 감소된 것으로 생각된다. 또한 Kang 등(25)의 일품벼 유래 배유 돌연변이품종 쌀의 호화 특성 비교에서 백진주 및 설갱의 호화개시온도는 약 67°C로 나타났

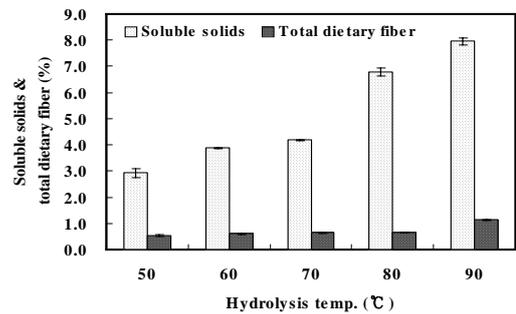


Fig. 1. Soluble solids and total dietary fiber of Goami by-product by different hydrolysis temperature.

Values are mean ± S.D. (n=3).

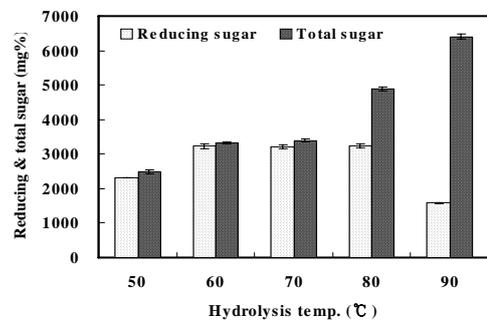


Fig. 2. Reducing sugar and total sugar of Goami by-product by different hydrolysis temperature.

Values are mean ± S.D. (n=3).

Table 2. Comparison of sugar content of *Goami* by-product by different hydrolysis temperature

Sugar content (mg%, w/v)	Hydrolysis temp. (°C)				
	50	60	70	80	90
Glucose	1,142.51	1,750.16	1,749.75	1,791.74	770.91
Sucrose	²⁾ -	-	-	-	-
Maltose	32.52	34.03	157.11	303.82	392.96
Maltotriose	44.08	39.92	49.28	790.84	185.50
Maltotetraose	-	-	-	625.39	75.86
Maltopentaose	-	-	-	329.57	74.08
Oligosaccharide ¹⁾	74.6	73.95	206.39	1,720.05	654.32

¹⁾Oligosaccharide : maltose + maltotriose + maltotetraose + maltopentaose.

²⁾Not detected.

으며, 고아미 2호는 약 80°C로 나타나 다른 품종에 비해 고아미 2호의 호화온도가 조금 높은 것을 알 수 있다. 총유리아미노산 및 필수아미노산은 가수분해 온도 60°C까지는 각각 약 134 mg% 및 46 mg%로 성분이 유지되었으나 70°C 이후부터는 점차 감소하는 경향으로 나타났다. 이는 Ko 등(26)의 콩 증자조건에 따른 유리아미노산 함량 비교에서 상압, 스팀 및 가압으로 증자한 순으로 높은 유리아미노산 함량을 유지하였다는 보고와 Sung 등(27)의 추출온도에 따른 홍삼엑기스의 유리아미노산 함량 변화에서는 추출온도가 상승할수록 유리아미노산 함량이 감소하였다는 보고와 유사한 결과를 나타내었다. 당류 분석 결과, 가수분해 온도 50~70°C에서는 전분을 분해하여 주로 glucose, maltose 및 maltotriose를 생성하였고 80°C 이상에서는 maltotetraose 및 maltopentaose도 생성되었다. 또한 올리고당 총생성량이 50~90°C에서 각각 76.60, 73.95, 206.39, 2,049.62 및 728.40 mg%로 나타나 80°C에서 가장 높았다. 말토올리고당은 전분식품에 첨가되면 아밀로펙틴간의 회합을 방해하여 전분식품의 노화를 억제하는 효과가 있고, maltopentaose는 감미료로서 우수한 성질을 가지고 있는 유용한 물질이다(28). 따라서 총식이섬유소 및 당류 분석을 기준으로 최적 가수분해 온도는 80°C로 나타났으며, 이는 *Bacillus licheniformis* (29)가 생성하는 내열성 α -amylase의 최적반응온도(90°C) 보다는 낮았지만 *Bacillus* sp. SUH4-2(15)가 생성하는 α -amylase의 최적반응온도(60~65°C)보다는 높은 열 안정성을 보였다.

효소제 농도에 따른 영향

현미(고아미) 부산물 10 g에 증류수 500%(v/w)를 가수한 다음 효소제 각각 첨가해 적정 가수분해 온도인 80°C에서 100 rpm, 60분간 가수분해하여 효소제 농도에 따른 품질특성을 조사한 결과 Fig. 3, 4 및 Table 4와 같다. 가용성 고형분은 효소제 농도가 높을수록 함량이 증가하였고(4.62~7.01%), 총식이섬유소는 효소제 농도와 무관하게 약 0.65%로 비슷하게 나타났다. 이는 헤미셀룰라제인 Filtrase BR을

Table 3. Comparison of free amino acid content of *Goami* by-product by different hydrolysis temperature

Free amino acid (mg%)	Hydrolysis temp. (°C)				
	50	60	70	80	90
Urea	ND ¹⁾	ND	ND	ND	ND
Aspartic Acid	6.21	5.74	3.69	2.77	2.59
Threonine	4.08	3.93	2.06	1.18	0.96
Serine	4.81	3.57	1.82	1.09	1.07
Anserine	3.07	2.65	1.31	0.82	0.68
Glutamic Acid	10.96	15.06	17.79	15.91	14.98
α -Aminoadipic Acid	ND	ND	ND	ND	ND
Proline	4.28	5.06	3.79	2.53	3.85
Glycine	2.81	2.74	1.59	1.18	1.12
Alanine	12.33	11.75	9.18	7.83	7.69
Citrulline	13.56	4.30	0.98	0.75	0.64
α -Amino-n-butyric Acid	0.10	0.09	ND	ND	ND
Valine	6.93	6.73	3.35	1.81	1.43
Cystine	0.47	0.50	0.54	0.50	0.56
Methionine	1.91	1.80	0.79	0.35	ND
Cystathionine	0.05	ND	0.15	0.39	ND
Isoleucine	3.76	3.74	1.59	0.75	ND
Leucine	11.93	10.66	5.03	1.91	1.10
Tyrosine	5.72	5.95	3.24	1.84	1.24
β -Alanine	ND	1.00	0.64	ND	ND
Phenylalanine	5.93	6.40	3.51	1.72	1.15
Homocystine	ND	0.29	0.19	ND	ND
γ -Amino-n-butyric Acid	11.48	7.16	2.83	2.34	1.89
Ethanolamine	0.75	0.75	0.78	0.66	ND
δ -Hydroxylysine	ND	ND	ND	ND	ND
Ornithine	5.02	4.85	4.78	4.59	4.23
Lysine	10.48	11.48	5.57	2.56	1.91
1-Methyl-L-histidine	0.64	0.64	0.53	0.37	0.00
Histidine	3.82	4.05	2.69	2.08	1.88
Tryptophan	1.85	2.00	ND	ND	ND
Carnosine	ND	ND	ND	ND	ND
Arginine	1.46	9.25	8.13	5.06	4.44
TA ²⁾	133.95	182.89	148.42	135.93	138.97
EA ³⁾	46.87	46.74	21.89	10.28	6.55

¹⁾ND : Not detected,

²⁾TA : Total amino acid,

³⁾EA : Essential amino acid.

현미에 처리한 경우 총식이섬유소 함량이 전반적으로 증가하였다는 Shin 등(30)의 보고와 상이한 결과를 나타내어 효소제 종류에 따라 차이가 있는 것으로 생각된다. 환원당은 효소제 농도 0.08%(v/w)전후에서 높은 함량을 나타내었

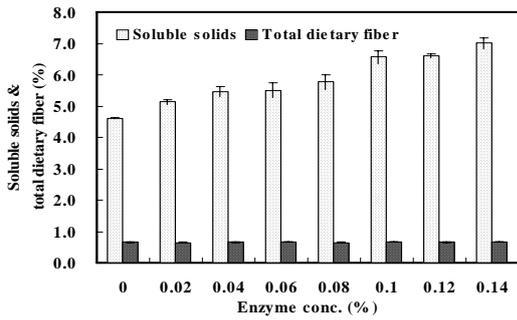


Fig. 3. Soluble solids and total dietary fiber of Goami by-product by different enzyme concentration.

Values are mean ± S.D. (n=3).

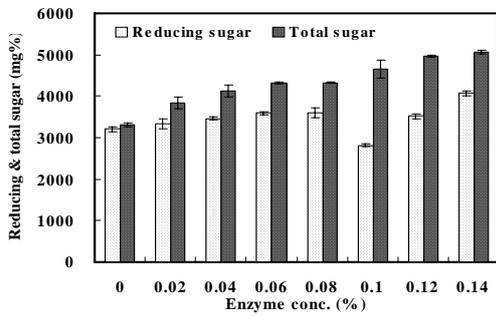


Fig. 4. Reducing sugar and total sugar of Goami by-product by different enzyme concentration.

Values are mean ± S.D. (n=3).

으며, 총당은 효소제 농도가 높을수록 증가하여 3,308 ~ 5,066 mg%의 함량을 보였다. 또한 쌀가루의 액화와 호화에 의한 누룽지 분말 가공조건 연구에서 모든 α-amylase 처리구가 대조구에 비해 높은 환원당함량을 나타내었다는 Cha(31)의 보고와 유사한 결과를 나타내었다. 당류 분석 결과, 모든 농도에서 G~G5가 생산되었으며, 올리고당은 효소제 농도가 높을수록 꾸준히 증가하였고 0.10%(v/w)이상에서는 약 2,000 mg%로 비슷한 함량을 나타내었다. 따라서 효소제 첨가 농도는 0.10%(v/w)가 적합한 것으로 생각된다.

Table 4. Comparison of sugar content of Goami by-product by different enzyme concentration

Sugar content (mg%, w/v)	Enzyme conc. (%)							
	0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14
Glucose	1,733.25	1,860.52	1,792.64	1,886.88	1,948.34	1,896.80	1,891.93	1,877.40
Sucrose	- ²⁾	-	-	-	-	-	-	-
Maltose	210.43	247.14	218.57	249.91	272.00	301.84	319.83	317.23
Maltotriose	455.11	494.18	479.93	556.99	667.09	776.34	826.52	860.81
Maltotetraose	358.58	416.27	434.88	490.68	541.04	619.59	555.30	549.18
Maltopentaose	183.48	188.05	246.15	271.72	305.52	311.35	311.44	302.30
Oligosaccharide ¹⁾	1,022.12	1,157.59	1,133.38	1,297.580	1,480.13	1,697.77	1,701.65	1,727.22

¹⁾Oligosaccharide : maltose + maltotriose + maltotetraose + maltopentaose.

²⁾Not detected.

Table 5. Comparison of sugar content of Goami by-product by different hydrolysis time

Sugar content (mg%, w/v)	Hydrolysis time (min)				
	30	60	90	120	150
Glucose	1,931.25	1,893.36	1,927.23	2,037.46	2,013.75
Sucrose	- ²⁾	-	-	-	-
Maltose	247.17	262.70	280.27	415.55	403.74
Maltotriose	696.61	719.73	739.65	766.24	769.47
Maltotetraose	599.97	682.03	712.32	704.62	701.01
Maltopentaose	355.00	357.84	381.45	220.05	191.71
Oligosaccharide ¹⁾	1,541.75	1,664.460	1,732.24	1,886.41	1,874.22

¹⁾Oligosaccharide : maltose + maltotriose + maltotetraose + maltopentaose.

²⁾Not detected.

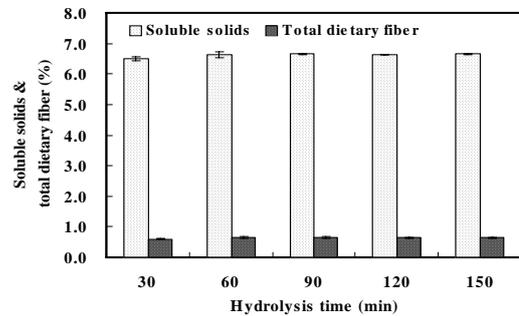


Fig. 5. Soluble solids and total dietary fiber of Goami by-product by different hydrolysis time.

Values are mean ± S.D. (n=3).

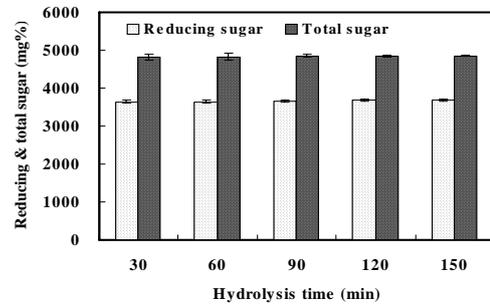


Fig. 6. Reducing sugar and total sugar of Goami by-product by different hydrolysis time.

Values are mean ± S.D. (n=3).

가수분해 시간에 따른 영향

현미(고아미) 부산의 가수분해 시간에 따른 품질특성을 조사한 결과 Fig. 5, 6 및 Table 5와 같다. 가용성 고형분 및 총식이섬유소는 30분간 가수분해 하였을 때 각각 6.50 및 0.60%로 나타났으며, 60분 이상에서는 각각 약 6.65 및 0.65%로 비슷한 함량을 나타내었다. 환원당 및 총당은 모든 처리구에서 각각 약 3,600 및 4,800 mg%로 나타나 가수분해 시간에 따른 큰 차이는 없었다. 당류 분석 결과, 올리고당은 가수분해 시간이 경과할수록 증가하였으며 90분 이상에서는 약 2,100 mg%로 비슷한 함량을 나타내었다. 따라서 현미

(고아미) 비열처리 알코올발효 부산물의 가수분해 시간은 90분이 적합한 것으로 생각된다.

요 약

현미(고아미) 비열처리 알코올발효 부산물을 식품소재로 활용하고자 α -amylase 처리조건에 따른 품질특성 변화를 조사하였다. 그 결과, 가수분해 온도에 따른 고아미 부산물의 가용성 고형분, 총식이섬유소 및 총당은 온도가 높을수록 증가하였으며, 환원당은 80°C에서 가장 높게 나타났다. 가수분해 온도 70°C 이상에서는 유리아미노산이 점차 감소하는 경향이었으며, 올리고당은 80°C에서 가수분해 하였을 때 가장 많이 검출되었다. α -amylase 농도에 따른 가용성 고형분은 효소제 농도가 높을수록 함량이 증가하였고 총식이섬유소는 약 0.65%로 비슷하게 나타났다. 환원당은 효소제 농도 0.08%(v/w) 전후에서 높은 함량을 나타내었다. 총당 및 올리고당은 효소제 농도가 높을수록 증가하는 경향이었으며, 올리고당은 효소제 농도 0.10%(v/w) 이상에서는 비슷한 함량을 나타내었다. 가수분해 시간에 따른 가용성 고형분 및 총식이섬유소는 60분 이상에서 각각 약 6.65 및 0.65%로 나타났으며, 환원당 및 총당은 모든 처리구에서 각각 약 3,600 및 4,800 mg%로 나타나 가수분해 시간에 따른 큰 차이는 없었다. 올리고당은 가수분해 시간이 경과할수록 증가하였으며 90분 이상에서는 약 2,100 mg%로 비슷한 함량을 나타내었다. 이상의 결과, 고아미 부산물은 α -amylase 0.10%(v/w)를 첨가하여 80°C에서 90분간 가수분해하였을 때 식이섬유소 및 올리고당 함량이 가장 높은 것으로 나타나 식품소재로의 다양한 활용이 기대되었다.

참고문헌

1. Na, G.S., Lee, S.K. and Kim, S.Y. (2007) Antioxidative effects and quality characteristics of the rice cultivated by organic farming and ordinary farming. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.*, 50, 36-41
2. Jeong, H.U. (2003) Science and health of rice; Current status of processed foods in rice. *Korean J. Food Preserv.*, 10, 71-77
3. Lee, E.J., Seo, H.S., Lee, S.Y., Kim, S.H. and Hwang, I.K. (2006) Quality characteristics of black sesame gruel with high dietary fiber rice 'Goami 2'. *Korean J. Food Cookery Sci.*, 22, 940-948
4. Kim, C., Lee, E.S., Hong, S.T. and Ryu, G.H. (2007) Manufacturing of Goami flakes by using extrusion process. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 39, 146-151

5. Kang, H.J., Hwang, I.K., Kim, K.S. and Choi, H.C. (2003) Comparative structure and physicochemical properties of *Ilpumbyeo*, a high-quality japonica, and its mutant, Suweon 464. *J. Agric. Food Chem.*, 51, 6598-6603
6. 아주대학교 의과대학 (2003) 고섬유소쌀(고아미 2호)의 기능성 및 인체 생리활성 효과 규명. 농촌진흥청.
7. Lee, C. and Shin, J.S. (2002) Effects of different fiber content of rice on blood glucose and triglyceride levels in normal subject. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 31, 1048-1051
8. Kim, K.S., Kang, H.J., Hwang, I.K., Hwang, H.G., Kim, T.Y. and Choi, H.C. (2004) Comparative ultrastructure of *Ilpumbyeo*, a high-quality of japonica rice, and its mutant, Suweon 464: Scanning and transmission electron microscopy studies. *J. Agric. Food Chem.* 52, 3876-3883
9. Lee, J.H. (2006) The physicochemical and sensory characteristics of rice 'Goami 2' and its products. master's thesis. The Seoul National University. p.85-88
10. Bae, H.K., Lee, S.Y. and Hwang, S.H. (2005) Response surface analysis and optimization of producing highly valuable mushroom mycelia on the solid-state medium of starch processing waste. Paper presented at Spring Meeting of Korean Society of Environmental Engineers, April 28, Suweon, Korea
11. Park, C.H., Kim, H.J. and Moon, T.W. (1997) Preparation and physicochemical properties of soluble dietary fiber extracts from soymilk residue at high temperature. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 29, 648-656
12. Vihinen, M. and Mäntsälä, P. (1989) Microbial maylolytic enzymes. *Crit. Rev. Biochem. Mol. Biol.*, 24, 329-418
13. Lim, J.K., Lee, H.S., Kim, Y.J., Bae, S.S., Jeon, J.H., Kang, S.G. and Lee, J.H. (2007) Critical factors to high thermostability of an α -amylase from hyperthermophilic archaeon *Thermococcus onnurineus* NA1. *J. Microbiol. Biotechnol.*, 17, 1242-1248
14. Dziezak, J.D. (1991) Enzymes: catalyst for food process. *Food Technol.*, 45, 78-85
15. Yoon, S.H., Kim, M.J., Kim, J.W., Kwon, K.S., Lee, Y.W. and Park, K.H. (1995) Purification and characterization of a novel malto-oligosaccharides forming α -amylase from *Bacillus* sp. SUH4-2. *Korean Soc. Microbiol. Biotechnol.*, 23, 573-579
16. Woo, S.M., Kim, T.Y., Yeo, S.H., Kim, S.B., Kim, J.S., Kim, M.H. and Jeong, T.J. (2007) Quality characteristics of alcohol fermentation broth and by-product of brown rice varieties. *Korean J. Food Preserv.*, 14, 557-563
17. Gu, Y.A., Jang, S.Y., Park, N.Y., Mun, C.R., Kim, O.M.

- and Jeong, Y.J. (2006) Property changes of mung bean depending on hydrolysis conditions. Korean J. Food Preserv., 13, 563-568
18. A.O.A.C. (1990) Official Methods of Analysis. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., p.210-219
 19. Miller, G.L. (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Anal. Chem., 31, 426-428
 20. Yoon, S.R., Jeong, Y.J., Lee, G.D. and Kwon, J.H. (2003) Changes in phenolic compounds properties of rubi fructus extract depending on extraction conditions. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 32, 338-345
 21. A.O.A.C. (1996) Official Methods of Analysis. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., p.115
 22. Shin, J.S. and Jeong, Y.J. (2003) Changes in the components of acetic acid fermentation of brown rice using raw starch digesting enzyme. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 32, 381-387
 23. Kim, K.A. (1996) Physicochemical properties of nonwaxy and waxy brown rice flour. Korean J. Soc. Food Sci., 12, 557-561
 24. Youn, K.S. and Choi, Y.H. (1998) The quality characteristics of dried kiwifruit using different drying methods. Korean Soc. Food Engin., 2, 49-54
 25. Kang, H.J., Seo, H.S. and Hwang, I.K. (2004) Comparison of gelatinization and retrogradation characteristics among endosperm mutant rices derived from *Ilpumbyeo*. Korean J. Food Sci. Technol., 36, 879-884
 26. Ko, Y.R., Kwon, S.H., Choi, J.H., Shon, M.Y. and Park, S.K. (2003) Nitrogen compounds and free amino acids of black bean *Kanjang* prepared with different cooking conditions of whole black bean. Korean J. Food Preserv., 10, 75-79
 27. Sung, H. S., Kim, W. J. and Yang, C. B. (1985) Effect of extraction temperature and ethanol concentration of nitrogeneous constituents of red ginseng extract. Korean J. Ginseng Sci., 9, 95-103
 28. Akers, A.A. and Hosoney, R.C. (1994) Water-soluble dextrans from α -amylase treated bread and their relationship to bread firming. Cereal Chem., 71, 223-226
 29. Ivanova, V.N., Dobрева, E.P. and Emanuilova, E.I. (1993) Purification and characterization of a thermostable alpha-amylase from *Bacillus licheniformis*. J. Biotechnol. 28, 277-289
 30. Shin, H.H, Lee, S.H., Park, B.S., Rhim, T.S. and Hwang, J.K. (2003) Solubilization of whole grains by extrusion and enzyme treatment. Korean J. Food Sci. Technol., 35, 849-855
 31. Cha, B.S. (1999) Studies on processing conditions for *Nooroong-gi* powder by liquefaction and gelatinization of rice powder. Korean J. Soc. Food Sci., 15, 469-474

(접수 2007년 9월 23일, 채택 2007년 11월 9일)