

## 현미(고아미) 알코올발효 부산물의 효소처리에 따른 품질특성

장세영 · 우승미 · 김태영<sup>1</sup> · 여수환<sup>1</sup> · 김상범<sup>1</sup> · 홍주연<sup>2</sup> · 정용진<sup>†</sup>  
계명대학교 식품가공학과 및 (주)계명푸드텍스, <sup>1</sup>농촌진흥청 농업과학기술원 농촌자원개발연구소,  
<sup>2</sup>대구한의대학교 한방식품조리영양학부

## Quality Characteristics on Enzyme Treatment of Brown Rice (*Goami*) Alcohol Fermentation By-Product

Se-Young Jang, Seung-Mi Woo, Tae-Young Kim<sup>1</sup>, Soo-Hwan Yeo<sup>1</sup>,  
Sang-Burm Kim<sup>1</sup>, Ju-Yeon Hong<sup>2</sup> and Yong-Jin Jeong<sup>†</sup>

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

<sup>1</sup>Rural Resources Development Institute, NIAST, RDA, Suwon 411-853, Korea

<sup>2</sup>Faculty of Herbal Food & Nutrition, Daegu Haany University, Gyeongsan 712-715, Korea

### Abstract

The quality characteristics of *Goami* by-product under the mixed enzyme treatment condition of  $\alpha$ -amylase and cellulase have been compared, and found the highest amount of soluble solids and reducing sugars at the  $\alpha$ -amylase treated group (A), and the contents revealed to show gradual decrease with the increase of cellulase content. The amounts of total dietary fiber and total sugars did not show large difference by both of enzyme concentration. The result of sugar analysis revealed the presence of all G~G5 in all treatment groups, and the content of malto-oligosaccharide recorded the highest content of 2,200 mg% at the  $\alpha$ -amylase treatment group (A). When the quality characteristic of the hydrolyzed powders manufactured by the optimum hydrolysis condition was compared, no significant color difference was found between samples. Among the contents of dietary fibers, insoluble dietary fiber was found to present in the lowest content of 6.95% at the *Goami* flour (GF) and the *Goami* by-product powder (GBPP) and *Goami* by-product hydrolysate powder (GBPHP) resulted the similar content around 14%, and the highest soluble dietary fibers content was found in *Goami* by-product hydrolysate powder (GBPHP), which was followed by in the order of *Goami* by-product powder (GBPP) and *Goami* flour (GF), but the content variation was not large. The free amino acid was found to be highest in *Goami* by-product hydrolysate powder (GBPHP) followed by in the order of *Goami* by-product powder (GBPP) and *Goami* flour (GF). In the sugar analysis, the *Goami* by-product hydrolysate powder (GBPHP) was found with all G~G5 sugars by showing the highest amount of 1,800 mg%. At the *Goami* by-product powder (GBPP), G~G2 sugars were detected with about 66 mg%, and malto-oligosaccharides were not detected at the *Goami* flour (GF). Based upon the results, the functionality of *Goami* by-product hydrolysate powder (GBPHP) was found to be enforced compared to *Goami* flour (GF) and *Goami* by-product powder (GBPP), which allow us to expect it to be used as the various rice processing food source.

**Key words :** *Goami*, brown rice,  $\alpha$ -amylase, cellulase, hydrolysis.

### 서 론

우리나라의 식생활에서 중요한 위치를 차지하는 쌀은

국민소득 향상과 함께 식품소비가 고급화되면서 품질이 중요한 소비 선택기준이 되고 있다(1,2). 벼, 인삼, 칼슘, 키토산, 게르마늄, 비타민 등 영양성분을 첨가한 쌀과 고단백, 고식이섬유소, 고당미 쌀, 코팅 또는 적외선 처리한 기능성 쌀이 시판되고 있으며, 이러한 쌀들은 고가임에도 불구하고

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail : yjjeong@kmu.ac.kr,  
Phone : 82-53-580-5557, Fax : 82-53-580-6477

하고 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 점차 소비가 증가되고 있다(2,3). 또한 최근에는 주식으로서의 쌀 소비뿐만 아니라 가수분해에 의한 기능성 향상 및 가공품으로의 활용에 대한 개발 연구가 활발히 진행되고 있다. Sung 등(4)은 glucoamylase에 의한 찹쌀전분 품종간 가수분해도를 비교하였고, Lee (5)는 세균성 amylase에 의한 전분의 가수분해를 통해 밀감류 통조림용 시럽 제조 및 사용 가능성을 보았다. Lee 등(6)은 가수분해한 전분과 유착된 전분을 이용하여 향료 제조에 대해 보고하였으며, Han (7)은 고구마 가수분해물을 이용한 아침식사용 혼합음료의 개발 가능성을 검토하였다. 또한 Woo 등(8,9)은 탁·약주 제조공정에서 발생하는 부산물(전분박)을 이용하여 말토올리고당 및 식이섬유소 함량이 높은 가수분해물을 제조하여 기능성 가공품으로의 이용가능성을 연구하였다.

고아미 2호는 고품질 자포니카 품종인 일품벼에 methyl-N-nitrosourea (MNU)를 처리하여 육성된 돌연변이 품종의 하나이다(10). 고아미 2호는 원품종인 일품벼와 비교하였을 때 난소화성 다당류의 함량이 현미와 백미에서 각각 약 3배 및 5배가 많으며, 인, 철분, 아연, 마그네슘 등의 미네랄함량, 비타민 B<sub>1</sub>과 B<sub>2</sub> 및 조섬유 함량이 2~3배가 많다(11-13). 그러나 높은 함량의 난소화성 다당류로 인해 일반 쌀보다 취반 적성 및 관능적 기호도가 떨어지는 단점이 있어(11,14), 식혜(15), 흑임자죽(10), 흰죽(3), 후레이크(11), 백설기(16) 등 가공품으로의 개발 가능성이 많이 제시되었다.

따라서 본 연구에서는 고아미 비열처리 알코올발효 부산물의 가수분해조건에 따른 품질변화를 조사하여 다양한 식품소재로 활용하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용한 현미(이하 고아미) 부산물은 비열처리 알코올 발효물을 부직포로 여과하여 발효액을 제거한 후 강제순환식오븐(HB-502M, Hanbeak Scientific Co., Korea)에서 40°C, 48시간 건조시킨 다음 40 mesh이하로 분쇄하여 제조하였으며, 가수분해 효소제는  $\alpha$ -amylase(14,500 unit/g, Daiwa kasei, Japan)와 cellulase(80,000 unit, 신일본화학공업, Japan)를 사용하였다(8,9).

### 고아미 부산물의 $\alpha$ -amylase 및 cellulase 혼합처리 조건

Woo 등(8,9)의  $\alpha$ -amylase 및 cellulase 가수분해 설정 실험에서  $\alpha$ -amylase 처리 최적조건은 가수분해 온도 80°C,  $\alpha$ -amylase 농도 0.1%(v/w), 가수분해 시간 90분으로 나타났고, cellulase 처리 최적조건은 가수분해 온도 80°C, cellulase 농도 0.6%(w/w), 가수분해 시간 120분으로 나타났다. 따라

서 두 효소의 혼합처리 과정에서의 품질변화를 조사하기 위하여 분말시료 10 g에 증류수 500%(v/w)를 가수한 다음  $\alpha$ -amylase(% v/w)와 cellulase(% w/w)를 각각 0.1:0, 0.075:0.15, 0.05:0.3, 0.025:0.45, 0:0.6으로 혼합 처리하여 80°C, 100 rpm으로 105분간 가수분해한 후 원심분리(6,000 rpm, 15 min)시켜 상등액을 분석시료로 사용하였다.

### 고아미 부산물을 이용한 가수분해 분말 제조

상기의 결과에 따른 최적 가수분해 조건( $\alpha$ -amylase 0.1%(v/w), 80°C, 100 rpm, 105 min)으로 가수분해물을 제조한 다음 동결건조기(VFDL 12-55, Biocryos, Korea)로 건조시킨 고아미 가수분해 분말(GBPHP)을 분석시료로 사용하였으며, 고아미 분말(GF) 및 고아미 부산물 분말(GBPP)과 비교 분석하였다.

### 가용성 고형분 및 총식이섬유소 함량

가용성 고형분 함량은 시료액 1 mL을 항량을 구한 수기에 취하여 105°C에서 증발건고 시켜 그 무게를 측정하였으며, 시료액에 대한 백분율로써 고형분 수율(%)을 구하였다(17). 총식이섬유소 함량은 AOAC 법(18)에 준하여 분석하였다. 즉, 효소 중량법(enzymatic-gravimetric method)으로써 시료액과 분말 시료를  $\alpha$ -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 ethanol과 acetone으로 세척하여 건조 전·후의 무게차를 구하고 단백질 및 회분을 정량한 다음 총식이섬유소 산출식에 의하여 함량을 산출하였다.

### 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.

### 색도

분말시료의 색도는 색차계(CR-10, Minolta, Japan)를 사용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness)값을 각각 측정하였다(20).

### 당류의 분석

유리 및 말토올리고당 분석에서 가수분해 시료액은

sep-pak C18 cartridge(Waters Co., USA)에 통과시켜 색소 및 단백질성분을 제거한 다음 0.45 µm membrane filter로 여과하였고, 분말 시료는 80% ethanol 100 mL을 가하여 80°C 항온욕조에서 1시간 환류 냉각 추출시킨 다음 냉각 후 여과(Watman No. 41)하여 가수분해 시료액과 동일한 방법으로 전처리하여 HPLC(Water 1515, Waters Co., USA)로 분석하였다. 이때 분석 column은 carbohydrate analysis column(4.6×250 mm, Waters Co., USA), mobile phase는 75% acetonitrile을 사용하였고 flow rate는 1.0 mL/min, injection volume은 20 µL, detector는 RI(M410 RI)를 사용하였다(21).

**유리아미노산 함량**

분말 시료의 유리아미노산 함량은 Woo 등(22)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.

**결과 및 고찰**

**효소제 혼합처리에 따른 품질특성**

고아미 부산물의 효소제 농도에 따른 품질특성을 조사한 결과 Fig. 1, 2 및 Table 1과 같다. 가용성 고형분 및 환원당은 α-amylase 처리구(A)에서 가장 높게 나타났으며, cellulase 함량이 많아질수록 조금씩 감소하였다. 총식이섬유소 및 총당은 (A)처리구에서 가장 낮게 나타났으며, cellulase 함량이 많아질수록 미량 증가하였으나 (C)처리구 이후로는 두 효소 농도에 따른 큰 차이는 없었다. 당류 분석 결과, 모든 처리구에서 G~G5가 모두 검출되었으며, 말토올리고당은 (A)처리구에서 약 2,200 mg%(w/v)로 가장 높은 함량을 나타내었고, cellulase 함량이 많아질수록 점차 감소하여 cellulase 처리구(E)에서 약 1,930 mg%(w/v)로 가장 낮았다. 전반적으로 α-amylase를 단독 처리한 고아미 가수분해물과 비교해 볼 때 두 효소를 혼합 처리한 고아미 가수분해물들에서는 말토올리고당 함량이 감소하였기 때문에 (A)처리구로 가수분해 시키는 것이 가장 효율적일 것으로 생각된다. 따라서 고아미 부산물에 α-amylase 0.1%(v/w)를 첨가하여 80°C에서 105분간 가수분해하는 것이 적합하였다. 이는 고아미 부산물에 대한 α-amylase의 최적 가수분해 조건(α-amylase 0.1%(v/w), 80°C, 90 min)에서 약 2,100 mg%(w/v)의 말토올리고당이 생성되었다는 Woo 등(8)의 선행연구와 비교해볼 때 유사한 경향으로 나타났다.

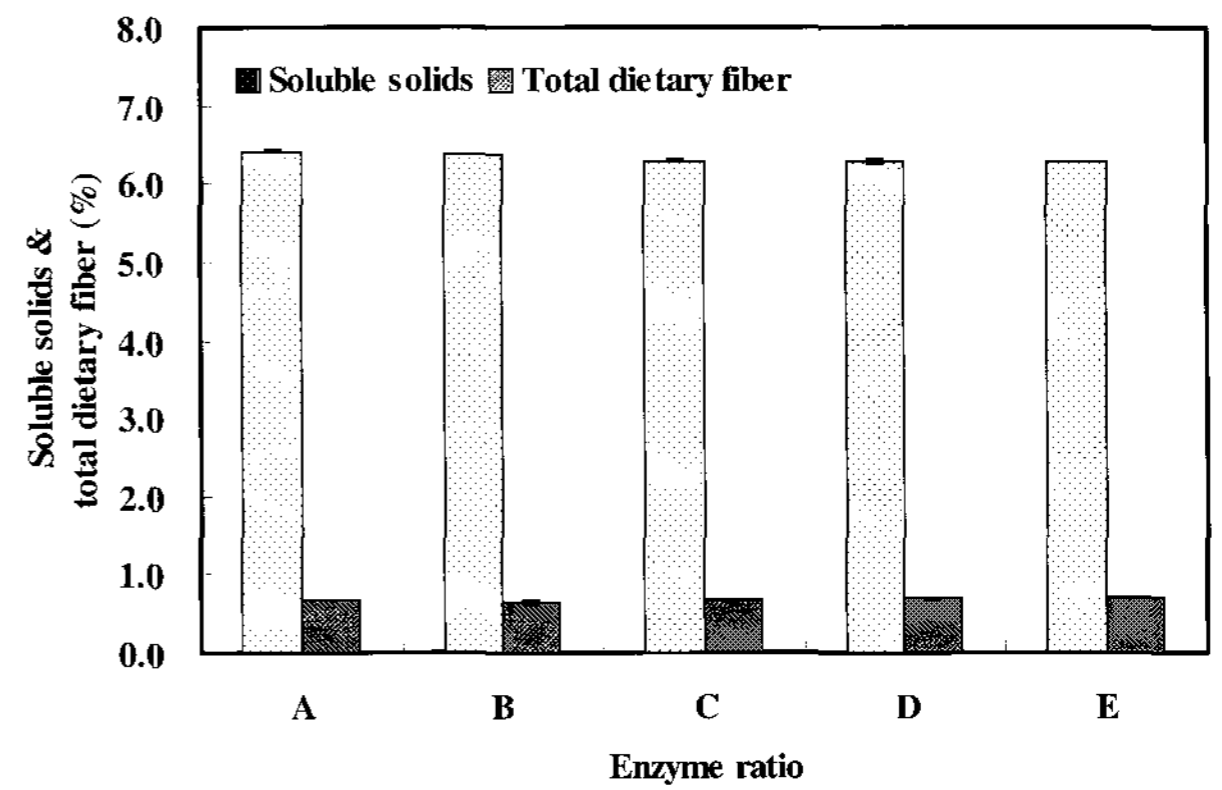


Fig. 1. Soluble solids and total dietary fiber of Goami by-product by enzyme ratio.

Values are mean ± S.D. (n=3). Refer to Table 1 for letters.

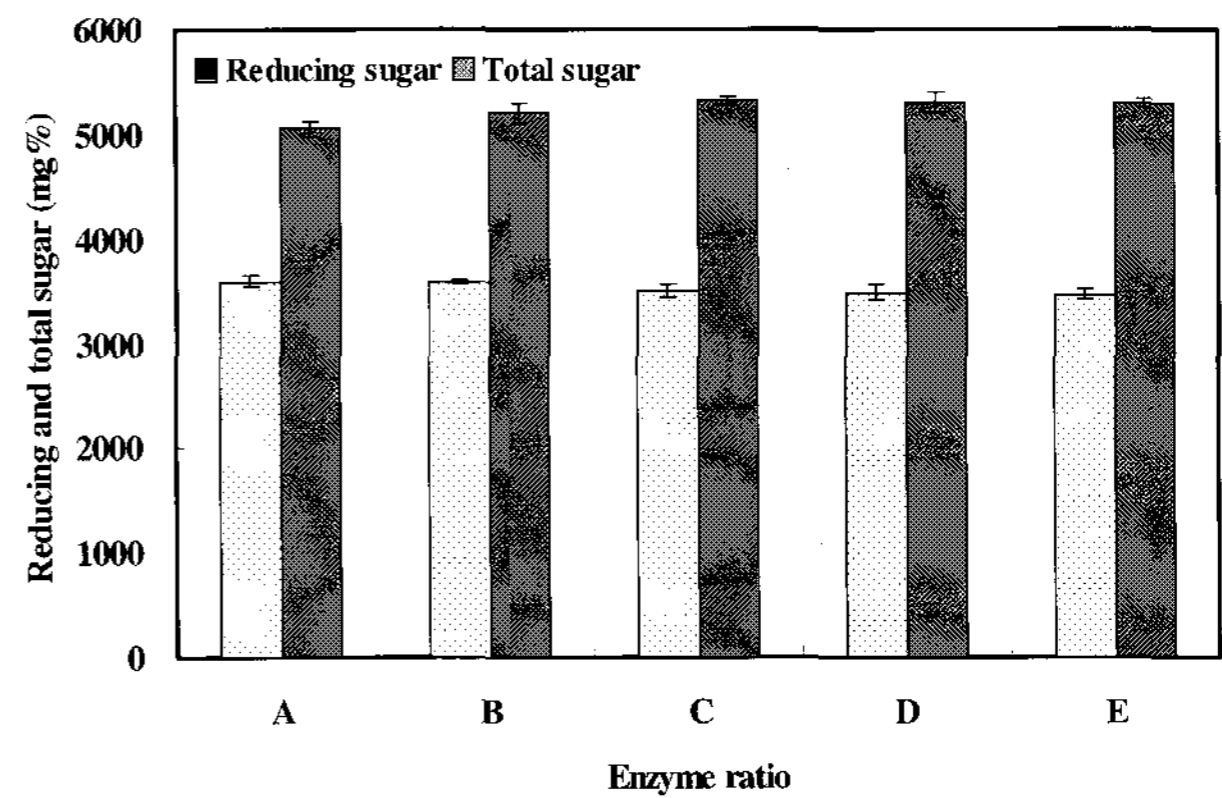


Fig. 2. Reducing sugar and total sugar of Goami by-product by enzyme ratio.

Values are mean ± S.D. (n=3). Refer to Table 1 for letters.

Table 1. Comparison of saccharides content of Goami by-product by enzyme ratio

Saccharides	Enzyme treatment ratio <sup>1)</sup>				
	A	B	C	D	E
Glucose	1789.50	1593.20	1481.72	1454.67	1368.63
Sucrose	ND <sup>2)</sup>	ND	ND	ND	ND
Maltose	329.17	394.28	446.10	475.50	498.59
Maltotriose	723.58	603.58	593.04	615.65	597.30
Maltotetraose	734.14	729.97	649.67	649.15	551.98
Maltopentaose	376.09	372.80	313.23	287.42	282.25
Oligosaccharide <sup>3)</sup>	2,162.98	2,100.63	2,002.04	2,027.72	1,930.12

<sup>1)</sup>A: α-amylase 0.1% + cellulase 0%, B: α-amylase 0.075% + cellulase 0.15%, C: α-amylase 0.05% + cellulase 0.3%, D: α-amylase 0.025% + cellulase 0.45%, E: α-amylase 0% + cellulase 0.6%.

<sup>2)</sup>ND: Not detected.

<sup>3)</sup>Oligosaccharide: maltose + maltotriose + maltotetraose + maltopentaose.

### 최적 가수분해 조건에서의 색도 변화

상기의 결과에서 설정된 최적 가수분해 조건으로 제조한 가수분해 분말의 색도를 조사한 결과는 Table 2와 같다. 색도 중 L값은 고아미 가수분해 분말(GBPHP)이 가장 높았고 고아미 분말(GF), 고아미 부산물 분말(GBPP) 순으로 나타났으며, b값은 고아미 부산물 분말(GBPP)이 가장 높았고 고아미 가수분해 분말(GBPHP), 고아미 분말(GF) 순으로 나타났다. 따라서 고아미 부산물 분말(GBPP)은 황색 빛을 나타내며 고아미 가수분해 분말(GBPHP)은 밝고 연한 황색인 것을 알 수 있었다. 이는 고아미 분말(GF)과 비교해 볼 때 큰 차이를 보이지 않으므로 고아미 부산물 분말(GBPP)과 고아미 가수분해 분말(GBPHP)은 가공품 재료로 사용될 때 제품의 색에 크게 영향을 주지 않을 것으로 생각된다.

**Table 2. Comparison of Hunter's color value of Goami flour, Goami by-product powder and Goami by-product hydrolysate powder on the optimum condition**

Hunter's color	Sample <sup>1)</sup>		
	GF	GBPP	GBPHP
L	81.9±0.1 <sup>2)</sup>	80.9±0.0	84.1±0.0
a	-2.0±0.0	-1.5±0.1	-2.5±0.1
b	12.5±0.1	14.0±0.1	13.1±0.0

<sup>1)</sup>GF: Goami flour, GBPP: Goami by-product powder, GBPHP: Goami by-product hydrolysate powder.

<sup>2)</sup>Values are mean ± S.D. (n=3).

### 최적 가수분해 조건에서의 식이섬유소 변화

최적 가수분해 조건으로 제조한 가수분해 분말의 식이섬유소 함량을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 불용성 식이섬유소는 고아미 분말(GF)이 6.95%로 가장 낮게 나타났고 고아미 부산물 분말(GBPP)과 고아미 가수분해 분말(GBPHP)은 14% 전후로 비슷한 함량을 나타내었다. 수용성 식이섬유소는 고아미 가수분해 분말(GBPHP), 고아미 부산물 분말(GBPP), 고아미 분말(GF) 순으로 높게 나타났으나 함량 차이는 크지 않았고, 총식이섬유소 함량은 불용성 식이섬유소와 같은 경향으로 나타났다. 이는 알코올 발효과정에서 전분 및 기타 성분들이 분해됨으로써 고아미 부산물 분말(GBPP)의 식이섬유소 함량 비율이 고아미 분말(GF)에 비해 높았고, 효소에 의한 가수분해 과정에서는 크게 영향을 미치지 않은 것으로 생각된다(22). 또한 불용성 식이섬유소는 fiber matrix안에 glucose를 가두는 효과(keeping effect)가 있으므로 glucose의 확산을 지연시키는 효과가 있으므로 (23) 고아미 부산물 분말(GBPP)과 고아미 가수분해 분말(GBPHP)은 다이어트에도 효과적일 것으로 생각된다.

**Table 3. Comparison of dietary fiber of Goami flour, Goami by-product powder and Goami by-product hydrolysate powder on the optimum condition**

Dietary fiber(%)	Sample <sup>1)</sup>		
	GF	GBPP	GBPHP
Insoluble dietary fiber	6.96±0.01 <sup>2)</sup>	14.19±0.02	13.90±0.03
Soluble dietary fiber	1.13±0.01	1.66±0.00	2.46±0.01
Total dietary fiber	6.96±0.01	14.19±0.02	13.9±0.01

<sup>1)</sup>GF: Goami flour, GBPP: Goami by-product powder, GBPHP: Goami by-product hydrolysate powder.

<sup>2)</sup>Values are mean ± S.D. (n=3).

**Table 4. Comparison of free amino acid content of Goami flour, Goami by-product powder and Goami by-product hydrolysate powder on the optimum condition**

Free amino acid	Sample <sup>1)</sup>		
	GF	GBPP	GBPHP
Urea	ND <sup>2)</sup>	ND	ND
Aspartic Acid	54.45	35.29	54.15
Threonine	5.78	16.79	48.20
Serine	20.68	15.49	32.16
Anserine	ND	ND	ND
Glutamic Acid	76.92	257.11	244.42
α-Aminoadipic Acid	ND	ND	ND
Proline	23.34	58.83	66.41
Glycine	8.24	20.11	28.86
Alanine	28.16	155.71	192.41
Citrulline	ND	5.80	18.68
α-Amino-n-butyric Acid	ND	2.26	2.82
Valine	13.74	24.94	63.31
Cystine	ND	4.03	8.02
Methionine	ND	ND	ND
Cystathionine	ND	ND	ND
Isoleucine	ND	ND	28.60
Leucine	ND	7.20	89.72
Tyrosine	7.98	29.43	63.32
β-Alanine	ND	ND	5.62
Phenylalanine	ND	16.75	63.45
Homocystine	ND	ND	ND
γ-Amino-n-butyric Acid	16.96	30.09	70.29
Ethanolamine	ND	14.42	14.80
δ-Hydroxylysine	ND	ND	ND
Ornithine	ND	55.97	58.37
Lysine	5.48	24.34	75.62
1-Methyl-L-histidine	ND	17.41	7.29
Histidine	6.01	38.04	47.60
Tryptophan	ND	ND	ND
Carnosine	ND	ND	ND
Arginine	26.93	74.67	114.88
Total amino acid	296.67	904.68	1,399.00
Essential amino acid	25.00	90.02	368.90

<sup>1)</sup>GF: Goami flour, GBPP: Goami by-product powder, GBPHP: Goami by-product hydrolysate powder.

<sup>2)</sup>ND: Not detected.

**최적 가수분해 조건에서의 유리아미노산 변화**

최적 가수분해 조건으로 제조한 가수분해 분말의 유리아미노산 함량을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 고아미 분말(GF)에서는 총유리아미노산 및 필수아미노산 함량이 각각 297 및 25 mg/100 g로 나타났으며, 고아미 부산물 분말(GBPP)에서는 각각 905 및 90 mg/100 g, 고아미 가수분해 분말(GBPHP)은 각각 1,399 및 369 mg/100 g으로 높게 나타났다. 이는 알코올발효 및 가수분해과정 중 고분자 단백질이 아미노산으로 분해됨으로써 증가된 것으로 생각된다.

**최적 가수분해 조건에서의 당류 변화**

최적 가수분해 조건으로 제조한 가수분해 분말의 유리당 및 올리고당 함량을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 고아미 가수분해 분말(GBPHP)에서는 G~G5가 모두 검출되었으며 약 1,800 mg%(w/w)로 가장 높게 나타났다. 고아미 부산물 분말(GBPP)에서는 G~G2가 검출되었으며 약 66 mg%(w/w)가 생성되었고, 고아미 분말(GF)에서는 말토올리고당이 검출되지 않았다. 따라서 효소에 의한 가수분해를 통해 고아미 부산물의 말토올리고당 함량을 증가시킬 수 있었으며, 고아미 가수분해 분말을 빵, 쿠키, 떡, 국수, 선식 등 곡물 가공식품에 첨가하여 다이어트 효과가 있는 기능성 가공품으로의 활용이 기대되었다.

유소 및 총당은 두 효소 농도에 따른 큰 차이를 보이지 않았다. 당류 분석 결과, 모든 처리구에서 G~G5가 모두 검출되었으며, 말토올리고당은 α-amylase 처리구(A)에서 약 2,200 mg%로 가장 높았다. 최적 가수분해 조건으로 제조된 가수분해 분말의 품질특성을 조사한 결과 색도는 시료간 큰 차이를 보이지 않았다. 식이섬유소 함량 중 불용성 식이섬유소는 고아미 분말(GF)이 6.95%로 가장 낮게 나타났고 고아미 부산물 분말(GBPP)과 고아미 가수분해 분말(GBPHP)은 14% 전후로 비슷한 함량을 나타내었으며, 수용성 식이섬유소는 고아미 가수분해 분말(GBPHP), 고아미 부산물 분말(GBPP), 고아미 분말(GF) 순으로 높게 나타났으나 함량 차이는 크지 않았다. 유리아미노산은 고아미 가수분해 분말(GBPHP), 고아미 부산물 분말(GBPP), 고아미 분말(GF) 순으로 높은 함량을 나타내었다. 당류 분석에서 고아미 가수분해 분말(GBPHP)은 G~G5가 모두 검출되었으며 약 1,800 mg%로 가장 높게 나타났다. 고아미 부산물 분말(GBPP)은 G~G2가 검출되었으며 약 66 mg%가 생성되었고, 고아미 분말(GF)에서는 말토올리고당이 검출되지 않았다. 이상의 결과 고아미 가수분해 분말(GBPHP)이 고아미 분말(GF) 및 고아미 부산물 분말(GBPP)에 비하여 기능성이 강화되어 쌀 가공식품 소재로의 다양한 활용이 기대되었다.

**Table 5. Comparison of saccharides content of Goami flour, Goami by-product powder and Goami by-product hydrolysate powder on the optimum condition**

Saccharides	Sample <sup>1)</sup>		
	GF	GBPP	GBPHP
Glucose	108.79	193.00	6753.02
Sucrose	1146.95	ND	ND
Maltose	ND <sup>2)</sup>	21.00	828.00
Maltotriose	ND	45.00	202.31
Maltotetraose	ND	ND	497.05
Maltopentaose	ND	ND	308.77
Oligosaccharide <sup>3)</sup>	ND	66.00	1,836.13

<sup>1)</sup>GF: Goami flour, GBPP: Goami by-product powder, GBPHP: Goami by-product hydrolysate powder.

<sup>2)</sup>ND: Not detected.

<sup>3)</sup>Oligosaccharide: maltose + maltotriose + maltotetraose + maltopentaose.

**요 약**

고아미 부산물의 α-amylase 및 cellulase 혼합처리 조건에 따른 품질특성을 비교하였다. 그 결과, 가용성 고형분 및 환원당은 α-amylase 처리구(A)에서 가장 높게 나타났으며, cellulase 함량이 많아질수록 조금씩 감소하였다. 총식이섬

**참고문헌**

- Kim, S.J., Kim, H.J., Ma, S.J. and Kim, S.J. (2005) Preparation and quality characteristics of rice breads. Korean J. Food Culture, 20, 433-437
- Jo, J.H. (2005) Demand analysis on the functional rice. Korean J. Agric. Management Policy, 32, 649-659
- Lee, J.H., Seo, H.S., Kim, S.H., Kee, J.R. and Hwang, I.K. (2005) Soaking properties and quality characteristics of korean white gruel with different blending time of high-dietary fiber rice 'Goami 2'. Korean J. Food Cookery Sci., 21, 927-935
- Sung, Y.M., Choi, H.C. and Kang, M.Y. (2000) Physicochemical properties of starch granules from thirteen glutinous rice varieties. Korean J. Breed., 32, 226-232
- Lee, S.R. (1970) Studies on the preparation and utilization of starch. II. Hydrolysis of starch by bacterial amylases. J. Korean Agric. Chem. Soc., 13, 181-186
- Lee, C.H. and Choi, Y.T. (2004) A study on health food flavors of hydrolyzed starches and emulsifying starches. Korea Sport Res., 15, 1073-1078
- Han, J.S. (2004) Preparation of mixed beverages for

- breakfast made primarily with the hydrolysate of sweet potato and its quality characteristics. Korean J. Soc. Food Cookery Sci., 20, 271-278
8. Woo, S.M., Kim, T.Y., Yeo, S.H., Kim, S.B. and Jeong, T.J. (2007) Effect of  $\alpha$ -amylase treatment of brown rice(*Goami*) alcohol fermentation by-product. Korean J. Food Preserv., 14, 617-623
  9. Woo, S.M., Jang, S.Y., Park, N.Y., Kim, T.Y., Yeo, S.H., Kim, S.B. and Jeong, Y.J. (2008) Changes in characteristics of brown rice(*Goami*) alcohol fermentation by-product by cellulase. Korean J. Food Preserv., 15, 99-104
  10. 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
  11. 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
  12. 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
  13. Lee, S.H., Park, H.J., Cho, S.Y., Han, G.J., Chun, H.K., Hwang, H.G. and Choe, H.C. (2004) Supplementary effect of the high dietary fiber rice on lipid metabolism in diabetic KK mice. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 37, 81-87
  14. Kang, H.J. (2004) Varietal differences in physicochemical properties and ultrastructure of rice and their relationship with gelatinization and retrogradation characteristics. Doctoral thesis. The Seoul National University. p. 131-135
  15. 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
  16. Lee, J.H. (2006) The physicochemical and sensory characteristics of rice '*Goami 2*' and its products. Master's thesis. Seoul National University. p. 85-88
  17. 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
  18. A.O.A.C. (1996) Official Methods of Analysis. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., p. 115
  19. Miller, G.L. (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Anal. Chem., 31, 426-428
  20. Woo, S.M. and Jeong, Y.J. (2006) Changes in the quality of korean cabbage *kimchi* added with germinated brown rice extract powder during fermentation. Korean J. Food Sci. Technol., 38, 648-654
  21. 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
  22. 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
  23. Lee, C. and Shin, J.S. (2002) The effect of dietary fiber content of rice on the postprandial serum glucose response in normal subject. Korean J. Food Nutr., 15, 173-177

---

(접수 2008년 3월 3일, 채택 2008년 5월 30일)