

## Cellulase처리에 따른 현미(고아미) 알코올발효 부산물의 특성 변화

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

## Changes in Characteristics of Brown Rice(*Goami*) Alcohol Fermentation By-Product by Cellulase

Seung-Mi Woo, Se-Young Jang, Nan-Yong Park<sup>1</sup>, Tae-Young Kim<sup>2</sup>,  
Soo-Hwan Yeo<sup>2</sup>, Sang-Burm Kim<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>Keimyung Foodex Co., Ltd, Daegu 704-701, Korea

<sup>2</sup>Rural Resources Development Institute, NIAST, RDA, Suwon 411-853, Korea

### Abstract

To utilize non-heat treated alcoholic by-products of brown rice (*Goami*) as food sources, the quality characteristics changes according to the treatment conditions of cellulase were evaluated. Results showed that the increase of hydrolysis temperature correspondingly increased the soluble solids and total sugar amounts in the by-products of *Goami*, and total dietary fiber amount was found to be around 0.67%. Reducing sugar concentration was the highest at the hydrolysis temperature of 70 °C. Maltooligosaccharides amounts were detected to be the highest at the hydrolysis temperature of 80 °C and were also, maltotetrose and maltopentose were found. In the soluble solid, total dietary fiber, reducing sugar and total sugar according to the cellulase concentration, the content of hydrolysates with enzyme were higher than control, and the content of hydrolysates with enzyme was similar (6.30 and 0.69%, 3,600 and 5,500 mg%, respectively). The content of maltooligosaccharides was increased with the increase of enzyme concentration, and the content was similar at more than 0.6%(w/w) of enzyme concentration. The soluble solids and total dietary fiber by hydrolysis time were found to be 6.25% and 0.70%, respectively at more than 60 min. of hydrolysis. The content of reducing sugar, total sugar and maltooligosaccharides were increased with the increase of hydrolysis time, and the content was similar at more than 120 min. of hydrolysis (3,800, 5,680 and 1,950 mg% respectively). Based upon these results, the byproducts of *Goami* are expected to be valuable as various food sources showing the highest dietary fiber and maltooligosaccharides contents by the hydrolysis at 80 °C for 120 min. with the addition of 0.6%(w/w) of cellulase.

**Key words** : brown rice, *Goami*, cellulase, maltooligosaccharides, hydrolysis

### 서 론

쌀은 우리나라의 주식으로서 식생활에서 중요한 위치를 차지하였으나 식생활의 서구화로 인해 1979년 국민 1인당 쌀 소비량이 연간 135.6 kg이었던 것이 2003년에 83.2 kg으

로 급격하게 감소하였으며 10년 이내에 60 kg이하로 줄어들 가능성이 상당히 높다(1). 이에 시장 경쟁력 확보 및 쌀 소비량 증가를 위하여 기능성강화를 통한 주식으로의 쌀 소비뿐만 아니라 쌀 가공품개발에 초점을 맞추어 많은 연구가 진행되고 있다(2,3). 고아미 2호는 고품질 자포니카 품종인 일품벼에 methyl-N-nitrosourea (MNU)를 처리하여 육성된 돌연변이 품종이다(4). 고아미 2호는 원품종인 일품벼와 비교하였을 때 난소화성 다당류의 함량이 현미와 백미에서

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

각각 약 3배 및 5배가 많으며, 인, 철분, 아연, 마그네슘 등의 미네랄함량이 2~3배 많다(5,6). 또한 비타민 B<sub>1</sub>과 B<sub>2</sub> 및 조섬유 함량이 현미에서는 약 2배, 백미에서는 약 3배가 많다(6,7). 섬유질 종류별로도 고아미 2호가 원품종인 일품벼보다 cellulose함량이 약 6배(12.3%), hemicellulose함량은 2.5배(0.6%), lignin 함량은 약 5배 정도(1.1%) 많은 섬유소형 쌀이다. Kang 등(6)은 고아미 2호의 이화학적 특성을 보고한 바 있고, Lee와 Shin(8)은 고아미 2호를 50% 섭취한 경우 일반쌀 섭취에 비하여 체중감소 효과가 크며, 비만군에서는 중성지방의 감소에도 기여한다고 보고하였다. 그러나 고아미 2호는 일반 쌀과는 상이한 가공적성을 나타내는데 취반 시 일반 쌀에 비해 호화가 잘 되지 않으며 푸석푸석하고 단단하여 취반 적성 및 관능적 기호도가 떨어지는 단점이 있다(9,5). 따라서 고아미 2호의 식감향상을 위해 Chun 등(10)은 도정 및 품종혼합에 의한 취반특성을 보았으며, Kim 등(11)의 식혜제조, Lee 등(4)의 흑임자죽의 품질특성, Lee 등(12)의 흰죽 제조, Kim 등(5)의 후레이크 제조 및 Lee 등(13)의 백설기 제조 등 고아미 2호를 쌀 가공품에 활용하는 방안이 제시되었다.

전분박(starch slurry)은 곡류 및 서류로부터 전분을 추출하는 전분 제조공정과 탁·약주 및 주정 제조과정에서 발생되는 부산물이다. 전분박에는 탄수화물, 단백질, 식이섬유 등 많은 유기물질이 함유되어 있음에도 불구하고 사료나 퇴비로 이용되거나 그대로 폐기되고 있어 식품으로의 재활용 대책이 필요하다(14,15).

Cellulase는 cellulose의  $\beta$ -1,4- glucosidic bond의 가수분해 반응을 촉매하는 효소로서 처음에는 크게 분해하는 cellulase가 작용하여 어느 정도 cellulose의 분자를 짧게 하면, 또 다른 cellulase가 작용하여 올리고당이나 glucose를 생성시킨다(16,17).

본 연구에서는 고아미 비열처리 알코올발효 부산물에  $\alpha$ -amylase를 처리하여 올리고당 및 식이섬유소 함량변화를 조사하여 산업적 유용한 결과를 얻은 선행 연구(18)와 연계하여 cellulase처리에 따른 현미 비열처리 알코올발효 부산물(고아미 박)의 품질특성을 조사하여 식품소재로의 활용 가능성을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용한 현미(고아미) 부산물은 비열처리 알코올 발효물을 부식포로 여과한 후 강제순환식오븐(HB-502M, Hanbeak Scientific Co., Korea)에서 40°C, 48시간 건조시킨 다음 40 mesh이하로 분쇄하여 제조하였으며, 효소제는 cellulase(80,000 unit, 신일본화학공업, Japan)를 사용하였다(19).

### 비열처리 알코올발효 부산물의 cellulase처리 조건

현미(고아미) 부산물 10 g에 증류수 500%(v/w)를 가수분해 다음 가수분해 온도별 조건에서는 0.3%(v/w) cellulase를 첨가하여 진탕배양기(HB 205SWM, Hanbeak Scientific Co., Korea)에서 40, 50, 60, 70 및 80°C로 100 rpm, 60분간 가수분해하였다. 효소농도별 조건에서는 cellulase 0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 및 1.5%(v/w)를 각각 첨가하여 적정 가수분해 온도인 80°C에서 100 rpm, 60분간 가수분해하였으며, 가수분해 시간별 조건에서는 적정 cellulase농도 조건인 0.3%(v/w)를 첨가하여 80°C, 100 rpm으로 30, 60, 90, 120, 150 및 180분간 가수분해한 후 원심분리(6,000 rpm, 15 min)시켜 상등액을 분석시료로 사용하였다.

### 환원당 및 총당

환원당은 dinitrosalicylic acid (DNS)법(20)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(21). 총식이섬유소 함량은 AOAC 법(22)에 준하여 분석하였다. 즉, 효소중량법(enzymatic-gravimetric method)으로써 발효액을  $\alpha$ -amylase solution(heat stable, for total dietary fiber assay)으로 액화시킨 다음 protease와 amyloglucosidase를 차례로 반응시켜 단백질을 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.

### 당류의 분석

유리 및 말토올리고당은 시료액을 sep-pak C18 cartridge (Waters Co., USA)에 통과시켜 색소 및 단백질성분을 제거한 다음 0.45  $\mu$ m membrane filter로 여과하여 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  $\mu$ L, detector는

RI(M410 RI)를 사용하였다(23).

### 통계처리

고아미 부산물 효소처리액의 성분분석은 3회 반복하여 측정된 평균치로 나타내었다.

## 결과 및 고찰

### Cellulase처리 온도에 따른 효과

현미(고아미) 부산물의 가수분해 온도에 따른 품질특성을 조사한 결과 Fig. 1, 2 및 Table 1과 같다. 가용성 고형분 및 총당은 가수분해 온도가 높아질수록 함량이 서서히 증가하였으며, 가수분해 온도 80°C에서는 각각 6.26% 및 5,257.75 mg%로 높게 나타났다. 총식이섬유소는 가수분해 온도 70°C까지는 약 0.66%로 비슷한 함량을 나타내었으며, 80°C에서는 약간 증가하여 0.70%로 나타났다. 환원당은 가수분해 온도가 높을수록 서서히 증가하여 70°C에서 가수분해 하였을 때 가장 높은 함량을 나타내었고 그 이상의 온도에서는 비슷한 함량을 유지하였다. 당류 분석 결과, 가수분해 온도 40~70°C에서는 전분을 분해하여 주로 glucose(G), maltose(G2) 및 maltotriose(G3)를 생산하였고, 80°C에서는 maltotetraose(G4) 및 maltopentaose(G5)도 생산되었다. 또한 G2~G5의 말토올리고당 총생산량이 가수분해 온도 40~80°C에서 각각 109.91, 133.30, 135.89, 107.32 및 1,320.39 mg%로 나타나 80°C에서 가장 높았다. 한편, 가수분해 온도 90°C에서도 가수분해를 실시하였으나 현미(고아미) 부산물의 팽윤현상이 나타나 가수분해 상등액의 분석이 불가능하였다(no data). 따라서 최적 가수분해 온도는 80°C가 적합한 것으로 생각되며, 이는 현미(고아미) 알코올발효 부산물을 80°C에서  $\alpha$ -amylase를 처리하였을 때 총식이섬유소 및 G2~G5의 말토올리고당 총생산량이 가장 높았다는 Woo 등(18)의 보고와 비슷한 결과를 나타내었다. 또한, cellulase는 키토산을 가수분해하여 키토올리고당을 생산하는 효과도 있으며 Joo 등(24)의 cellulase에 의한 키토산올리고당의 제조 조건 설정에서는 가수분해 온도 48~52°C 범위에서 최대 분해율을 나타내었고 그 이상의 온도에서는 감소하는 것으로 나타났다.

### Cellulase처리 농도에 따른 효과

현미(고아미) 부산물의 cellulase 농도에 따른 품질특성을 조사한 결과 Fig. 3, 4 및 Table 2와 같다. 가용성 고형분, 총식이섬유소, 환원당 및 총당은 cellulase 첨가구들이 무첨가구에 비해 높은 함량을 나타내었으며 cellulase 첨가구들은 각각 약 6.30 및 0.69%와 3,600 및 5,500 mg%로 비슷하게 나타났다. 이는 hemicellulase인 Filtrase BR을 현미에 처리한 경우 무처리구에 비해 총식이섬유소 함량이 전반적으로

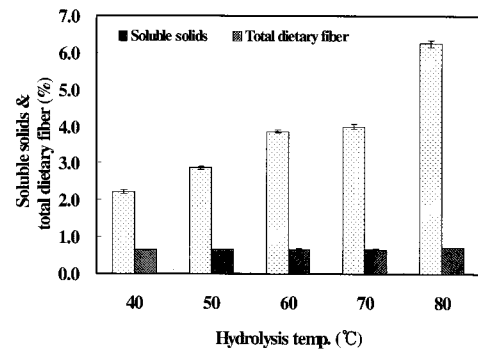


Fig. 1. Soluble solids and total dietary fiber of *Goami* by-product by different hydrolysis temperature.

Values are mean  $\pm$  S.D. (n=3).

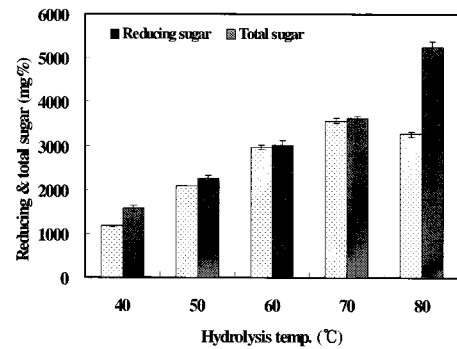


Fig. 2. Reducing sugar and total sugar of *Goami* by-product by different hydrolysis temperature.

Values are mean  $\pm$  S.D. (n=3).

Table 1. Comparison of sugar content of *Goami* by-product by different hydrolysis temperature

Sugar content (mg%, w/v)	Hydrolysis temp. (°C)				
	40	50	60	70	80
Glucose	1,062.03	1,703.71	1,706.00	1,808.54	1,283.02
Sucrose	ND <sup>1)</sup>	ND	ND	ND	ND
Maltose	67.62	87.62	91.39	62.81	321.68
Maltotriose	42.29	45.68	44.50	44.51	361.30
Maltotetraose	ND	ND	ND	ND	379.27
Maltopentaose	ND	ND	ND	ND	240.14
Oligosaccharide <sup>2)</sup>	109.91	133.30	135.89	107.32	1,302.39

<sup>1)</sup>ND : Not detected.

<sup>2)</sup>Oligosaccharide : maltose + maltotriose + maltotetraose + maltopentaose.

증가하였다는 Shin 등(25)의 보고와 유사한 결과를 나타내었다. 당류 분석 결과, 모든 농도에서 G~G5가 생산되었으며, 말토올리고당은 cellulase 농도가 높을수록 꾸준히 증가하였고 0.6%(w/w) 이상에서는 약 1,500 mg%로 비슷한 함량을 나타내었다. 따라서 cellulase 첨가 농도는 0.6%(w/w)가 적합한 것으로 생각된다. 이는 cellulase가 cellulose의

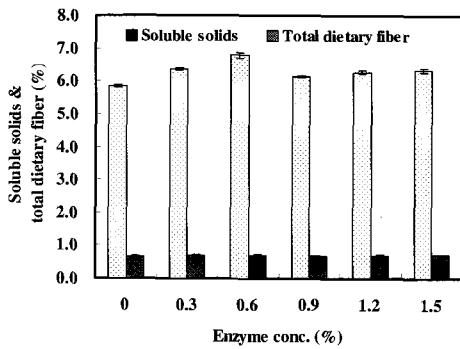


Fig. 3. Soluble solids and total dietary fiber of *Goami* by-product by different enzyme concentration.

Values are mean ± S.D. (n=3).

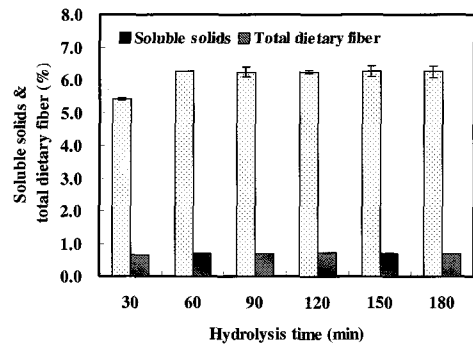


Fig. 5. Soluble solids and total dietary fiber of *Goami* by-product by different hydrolysis time.

Values are mean ± S.D. (n=3).

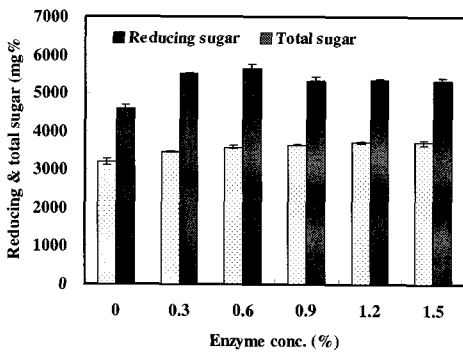


Fig. 4. Reducing sugar and total sugar of *Goami* by-product by different enzyme concentration.

Values are mean ± S.D. (n=3).

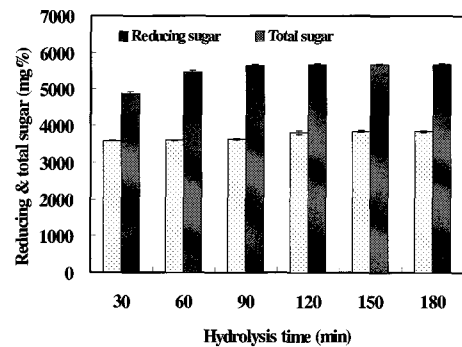


Fig. 6. Reducing sugar and total sugar of *Goami* by-product by different hydrolysis time.

Values are mean ± S.D. (n=3).

Table 2. Comparison of sugar content of *Goami* by-product by different enzyme concentration

Sugar content (mg%, w/v)	Enzyme conc. (% , )					
	0	0.3	0.6	0.9	0.12	0.15
Glucose	1,221.70	1,211.99	1,231.22	1,218.06	1,272.18	1,272.46
Sucrose	ND <sup>1)</sup>	ND	ND	ND	ND	ND
Maltose	294.54	306.87	329.03	343.23	355.08	364.72
Maltotriose	314.02	387.97	495.66	479.94	483.82	470.13
Maltotetraose	309.40	411.31	435.29	449.05	456.51	479.43
Maltopentaose	177.85	208.57	280.49	258.81	247.57	229.12
Oligosaccharide <sup>2)</sup>	1,095.81	1,314.72	1,540.47	1,531.03	1,542.98	1,543.40

<sup>1)</sup>ND : Not detected.

<sup>2)</sup>Oligosaccharide : maltose + maltotriose + maltotetraose + maltopentaose.

Table 3. 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	180
Glucose	1,292.37	1,227.54	1,283.76	1,399.85	1,343.25	1,348.21
Sucrose	ND <sup>1)</sup>	ND	ND	ND	ND	ND
Maltose	309.51	329.30	354.12	565.17	570.96	560.33
Maltotriose	367.66	487.57	499.24	625.78	622.62	630.17
Maltotetraose	326.56	367.33	373.06	518.04	511.81	529.38
Maltopentaose	291.43	296.75	316.18	246.03	249.17	231.76
Oligosaccharide <sup>2)</sup>	1,295.16	1,480.95	1,542.60	1,955.02	1,954.56	1,951.64

<sup>1)</sup>ND : Not detected.

<sup>2)</sup>Oligosaccharide : maltose + maltotriose + maltotetraose + maltopentaose.

β-1,4-glucosidic bond을 가수분해하여 말토올리고당의 함량이 증가한 것으로 생각된다.

Cellulase처리 시간에 따른 효과

현미(고아미) 부산물의 가수분해 시간에 따른 품질특성을 조사한 결과 Fig. 5, 6 및 Table 3과 같다. 가용성 고형분

및 총식이섬유소는 30분간 가수분해 하였을 때 각각 5.42 및 0.66%로 나타났으며, 60분 이상에서는 각각 약 6.25 및 0.70%로 비슷한 함량을 나타내었다. 환원당, 총당 및 말토올리고당은 가수분해 시간이 경과할수록 증가하였으며 120분이후로는 각각 약 3,800, 5,680 및 1,950 mg%로 비슷한 함량을 유지하였다. 따라서 현미(고아미) 비열처리 알코

올발효 부산물의 가수분해 시간은 120분이 적합한 것으로 생각된다. 이는 현미(고아미) 부산물을 80°C에서  $\alpha$ -amylase를 90분 이상 처리하였을 때 말토올리고당 총 함량이 약 2,100 mg%였다는 Woo 등(18)의 보고와 비교해 볼 때 cellulase처리에서도 많은 말토올리고당이 생산된 것으로 나타나  $\alpha$ -amylase와 cellulase의 혼합 처리에 따른 말토올리고당 생산에 대한 보완연구가 요구된다.

## 요 약

현미(고아미) 비열처리 알코올발효 부산물을 식품소재로 활용하고자 cellulase처리조건에 따른 품질특성 변화를 조사하였다. 그 결과, 가수분해 온도에 따른 고아미 부산물의 가용성 고형분 및 총당은 추출온도가 높을수록 함량이 증가하였고 총식이섬유소는 약 0.67%로 비슷하게 나타났다. 환원당은 가수분해 온도 70°C에서 가장 높은 함량을 나타내었다. 말토올리고당은 80°C 가수분해 하였을 때 가장 많이 검출되었으며 maltotetraose와 maltopentaose도 검출되었다. Cellulase 농도에 따른 가용성 고형분, 총식이섬유소, 환원당 및 총당은 cellulase 첨가구들이 무첨가구에 비해 높은 함량을 나타내었으며 cellulase 첨가구들은 각각 약 6.30 및 0.69%와 3,600 및 5,500 mg%로 비슷하게 나타났다. 말토올리고당은 cellulase 농도가 높을수록 증가하였으며 cellulase 농도 0.6%(w/w)이상에서는 비슷한 함량을 나타내었다. 가수분해 시간에 따른 가용성 고형분 및 총식이섬유소는 60분 이상에서 각각 약 6.25 및 0.70%로 비슷한 함량을 나타내었다. 환원당, 총당 및 말토올리고당은 가수분해 시간이 경과할수록 증가하였으며 120분 이상에서는 각각 약 3,800, 5,680 및 1,950 mg%로 비슷한 함량을 나타내었다. 이상의 결과, 고아미 부산물은 cellulase 0.6%(w/w)를 첨가하여 80°C에서 120분간 가수분해하였을 때 식이섬유소 및 말토올리고당 함량이 가장 높은 것으로 나타나 식품소재로의 다양한 활용이 기대되었다.

## 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
- Yang, S.J., Min, Y.K., Jeong, H.S., Cho, K.J. and Park, K.S. (2003) Effects of soaking conditions on the manufacture of calcium enriched rice. Korean J. Food Sci. Technol., 35, 604-609
- 정헌웅 (2003) 쌀이용 가공제품 현황. 한국식품저장유통학회 제 23차 추계총회 및 국제학술심포지움 초록집, p.71-77, Daejeon, Korea
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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, 172-177
- Kang, H.J. (2004) Varietal differences in physicochemical properties and ultrastructure of rice and their relationship with gelatinization and retrogradation characteristics. Doctoral thesis. Seoul National University. p.131-135, 159, 163-164
- Chun, A.R., Song, J., Hong, H.C. and Son, J.R. (2005) Improvement of cooking properties by milling and blending in rice cultivar Goami 2. Korean J. Crop Sci., 50, 88-93
- 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
- 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
- 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
- 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
15. 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
  16. Cho, Y.K. and Park, K.H. (1986) Production of red bean starch granule with cellulase from *Fusarium moniliforme*. J. Korean Agric. Chem. Soc., 29, 44-50
  17. Kim, D.W., Chung, C.H. and Kim, T.S. (1992) Sugar production mechanism by the enzymatic hydrolysis of cellulosic materials: Kinetic study of the enzymatic hydrolysis of cellulose by cellulase components. Polymer, 16, 436-442
  18. 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
  19. Park, N.Y. and Jeong, Y.J. (2006) Quality properties of oak mushroom (*Lentinus edodes*) based on extraction conditions and enzyme treatment. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 35, 1273-1279
  20. Miller, G.L. (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Anal. Chem., 31, 426-428
  21. 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
  22. A.O.A.C. (1996) Official Methods of Analysis. 15th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., p.115
  23. 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
  24. Joo, D.S., Lee, J.S., Kim, O.S. and Cho, S.Y. (2002) Preparation condition of chitooligosaccharide by cellulase using response surface methodology. J. Korean Fish. Soc., 35, 696-701
  25. 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

---

(접수 2007년 10월 12일, 채택 2008년 1월 11일)