

국내산 고아밀로오스 쌀가루의 특성

최신영 · 신말식*

전남대학교 생활과학대학 식품영양학과 및 생활과학연구소

Properties of Rice Flours Prepared from Domestic High Amylose Rices

Sin-Young Choi and Malshick Shin*

Department of Food and Nutrition and Human Ecology Research Institute, Chonnam National University

Abstract To develop health functional foods using high amylose rice flours, the properties of flours prepared from domestic high amylose rice varieties, Goamy2 and Goamy, and imported rice from Thailand were investigated. After soaking the rice grains and drying, the dry-milled rice flours were passed through a 120-mesh sieve. The protein and total starch contents of the Goamy2 rice flour were lowest, but its crude lipid and ash contents were highest among the flours. In addition, apparent amylose content, water binding capacity, and total dietary fiber were highest in the Goamy2 flour (36.2, 255.0, and 9.2%, respectively). The Thai rice flour had the highest swelling power, whereas the Goamy2 flour had the lowest swelling power and solubility. By Rapid visco-analysis, the Thai flour showed the highest peak and total setback viscosities and lowest breakdown viscosity. The pasting pattern of the Goamy2 flour was different from that of the other flour, where low viscosity was maintained during heating and cooling. Goamy and Thai rice flours showed an A type crystallinity, but Goamy2 flour showed a B type crystallinity similar to high amylose maize starch. The Goamy2 flour presented a dull and yellowish color, and the lowest lightness (L) value and the highest yellowness (+b) value.

Key words: high amylose rice flour, physical properties, total dietary fiber, pasting properties

서 론

쌀은 밀, 옥수수과 함께 세계 3대 곡물에 속하며 아시아에서 전체의 90% 이상을 생산하여 대부분 소비한다. 쌀은 낱알의 모양에 따라 장립종, 중립종, 단립종으로 나누며 함유된 전분의 아밀로오스 함량에 따라 찰벼와 메벼로 나뉜다(1). 쌀에 함유된 단백질과 전분의 아밀로오스 함량에 따라 밥맛이 영향을 받으므로 우리나라와 일본에서는 단백질과 아밀로오스 함량을 줄여 윤기가 있고 찰진 품질이 좋은 쌀을 생산하려는 시도가 진행되어 왔다. 동남아시아에서 생산되는 쌀은 장립종으로 아밀로오스와 단백질 함량이 높으며 밥이 부슬부슬하다(2,3). 쌀을 가루로 제조하여 가공식품을 개발하려는 연구가 진행되고 있는데 밀가루의 일부를 쌀가루로 대체하거나 쌀가루에 글루텐을 첨가하는 방법 등이 사용되고 있다. 쌀의 소비를 증가하려는 측면에서는 위의 방법도 좋으나 gluten을 함유하지 않은 쌀가루의 특성을 살려 밀가루제품을 gluten-free 쌀가루제품으로 제조할 수 있으면 알러지나 소화장애 증상인 셀리악병(celiac disease) 원인이 되는 밀 단백질의 사용을 줄일 수 있어 국내외적으로 경쟁력 있는 제품 개발이 가능할 것으로 생각된다(4-6).

밀의 글루텐의 기능적인 특성인 그물망구조를 형성하는 기본

골격을 대체할 수 있는 성분으로 쌀 전분의 아밀로오스, 쌀 단백질의 가교결합의 형성, 구조 형성에 도움을 주는 긴 사슬구조의 친수성 물질을 첨가하는 방안이 가능하며 이에 대한 연구는 지속적으로 이루어져야 한다. 그 중 쌀 전분 중 직선상 고분자인 아밀로오스로 그물망구조를 갖게 하여 점도를 높이고 겔을 형성하면 가능성을 확인할 수 있을 것으로 생각하였다. 고아밀로오스 쌀가루로 gluten-free 제품을 제조할 수 있으면 건강 기능을 갖는 가공제품 개발에 중요한 기초자료로 사용할 수 있을 것이다(7-10). 우리나라에서 개발된 고아밀로오스 쌀 품종에는 고아미2호와 고아미가 있으며 이 두 품종은 외형은 차이를 보이거나 취반용 품질이 낮고 식이섬유 함량이 높은 기능을 이용한 가공제품 개발이 바람직하다고 생각한다, 고아미2호의 경우 가공제품에 대한 연구들이 진행되고 있다(11-13). 국내산 고아밀로오스 쌀가루의 특성과 수입되는 쌀 중 고아밀로오스 쌀로는 태국산 쌀을 구하여 이들의 특성을 비교하여 쌀가루로서 밀가루 대체 가능성을 검토하고자 하였다.

따라서 본 연구는 국내산 고아밀로오스쌀인 고아미2호와 고아미와 수입산 태국산 쌀을 대상으로 생산과 활용이 용이하다고 제안된 방법으로 쌀가루를 제조하여 식이섬유함량을 측정하였고 이 화학적 특성과 호화특성을 비교하였다.

재료 및 방법

재료

국내산 고아밀로오스 쌀은 농촌진흥청 작물과학원(Suwon, Korea)에서 2006년 수확한 고아미2호를 구입하였고 농촌진흥청 영남농업연구소(Miryang, Korea)에서 2006년 수확한 고아미를 분양 받

*Corresponding author: Malshick Shin, Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea
Tel: 82-62-530-1336
Fax: 82-62-530-1339
E-mail: msshin@jnu.ac.kr
Received October 15, 2008; revised November 26, 2008;
accepted November 28, 2008

아 가정용 정미기로 도정하여 사용하였다. 수입산 고아밀로오스쌀은 태국에서 2006년 수입한 쌀로 백미로 도정한 것을 국내시장에서 구입하였다. 총식이섬유 함량을 측정하기 위한 효소는 열 안정성 α -amylase(Cat No. A3306), protease(Cat No. P3910)과 amyloglucosidase(Cat No. A9913)를 포함하는 total dietary fiber kit(TDF 100A)를 Sigma Chemical Co.(St Louis, USA), 총 전분함량분석은 Megazyme kit(Cat No. K-TSTA)를 Megazyme International Ireland Ltd.(Wicklow, Ireland)에서 구입하여 사용하였다.

쌀가루의 제조

쌀가루는 Shin 등(14)과 Kim과 Shin 방법(15)에 따라 제조하였다. 백미인 고아밀로오스 쌀을 3번 씻고 3배 정도의 물을 가하여 실온에서 8시간 수침하고 물기를 제거한 다음 제습장치가 있는 저온실(15±2°C)에서 건조하였다. 건조된 쌀알의 수분함량이 약 12% 되었을 때 쌀을 120 mesh 체가 내장된 분쇄기(D840-30F2-ML12, Gwangju, Korea)로 제분하여 저온실(4°C)에서 보관하면서 시료로 사용하였다.

일반성분 및 총 식이섬유 함량분석

쌀가루의 수분함량은 적외선수분측정기(Precisa HA300, Switzerland)로 단백질, 회분, 지질함량은 AOAC 방법(16)으로 측정하였다. 단백질은 micro kjeldahl법 으로 질소환산계수 5.95를 대입하여 계산하였고 회분은 550°C 직접 회화법, 지질은 에틸에테르를 용매로 Soxhlet 방법으로 측정하였고 모든 실험은 2번 이상 반복하였다.

총 식이섬유 함량은 AOAC 방법(16)으로 측정하였다. 시료 1.00 g에 인산완충용액(pH 6.0)을 넣어 끓는 수조에서 heat-stable α -amylase 100 mL를 넣어 15분간 반응시켰고 pH 7.5로 하여 protease를 작용시켰고 pH 4.6으로 조절하여 amyloglucosidase를 넣어 분해하고 95% 에탄올을 넣어 총 알코올 농도가 80% 되도록 한 다음 1시간 이상 방치한 후에 침전된 부분을 여과 건조하여 측정하였다. 단백질과 회분의 보정은 잔여물을 시료로 Micro Kjeldahl법과 직접회화법으로 분석하였다.

이화학적 특성 측정

쌀가루의 겉보기 아밀로오스 함량은 Williams 등(17)과 Song과 Shin의 방법(6)으로 측정하였다. 표준곡선은 동진벼 전분을 Montgomery와 Senti 방법(18)으로 아밀로오스와 아밀로펙틴으로 분리하여 위와 같은 방법으로 구하였다. 물결합능력은 Medcalf와 Gilles 방법(19), 팽윤력과 용해도는 65-95°C 범위에서 10°C 간격으로 Schoch 방법(20)으로 측정하였다. 총 전분함량은 AACC 76-13 방법(21)에 따라 시료 100 mg을 thermostable α -amylase와 amyloglucosidase로 분해한 다음 GOPOD로 발색하여 510 nm에서 흡광도를 측정하고 다음과 같은 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{총 전분함량(\%)} = \text{흡광도} \times (100/100 \text{ mg 글루코오스 흡광도}) \times (1/\text{시료의 무게(mg)}) \times 90$$

주사전자현미경에 의한 입자 관찰

쌀가루 시료를 데시케이터에 넣어 수분을 조절한 다음 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, JSM-7500F+EDS, JEOL, Tokyo, Japan)을 이용하여 관찰하였다. 시료 부착용 stub를 아세트론으로 닦은 다음 이중테이프를 잘라 붙이고 그 위에 쌀가루를 고르게 부착한 다음 금과 백금으로 코팅하여 전도성을 갖게 하였다. 이 시료를 가속전압 3.0 kV, phototime 85 sec 조건으로 3000배

로 표면을 관찰하였다.

X선 회절도에 의한 결정성 분석

쌀가루의 결정형과 결정강도는 x-선 회절기(D/Max-1200, Rigaku Co., Japan)로 target, Cu-K α ; filter, Ni; full scale range, 3000 cps; scanning speed, 8°/min; voltage, 40 kV; current, 20 mA로 회절각도(2 θ) 0-40° 회절시켜 비교하였다. 회절각도의 피크위치와 높이로부터 결정형을 비교하였다.

신속점도측정기에 의한 호화양상 측정

쌀가루의 호화과정에서 일어나는 점도의 변화는 신속점도측정기(Rapid Visco-Analyzer, RVA, Model 3D, Newport Scientific Pty, Ltd., Narrabeen, Australia)를 이용하여 AACC Method 61-02 방법(22)으로 분석하였다. RVA용 알루미늄 용기에 시료 3 g(12% 수분함량 기준)과 증류수 25 mL을 넣어 분산시켰다. 50°C에서 1분간, 1-4.7분까지 95°C로 상승, 4.7-7.2분 95°C로 유지하고 7.2-11분까지 50°C로 냉각, 11-13분에는 50°C로 유지하면서 실험하였다. 이때 사용한 점도 단위는 RVU(Rapid Visco-Analyzer Unit)이었으며 측정치는 호화계시온도, 피크점도(P), trough에서 점도(T), 50°C에서 최종점도(F)와 이로부터 구한 total setback 점도(F-T), breakdown 점도(P-T)를 비교하였다.

통계처리

실험결과는 SAS package(Version 9.1)를 이용하여 통계처리 하였고 ANOVA와 Duncan's multiple range test로 검증하였다.

결과 및 고찰

쌀가루의 일반성분 및 식이섬유함량

고아밀로오스 쌀가루의 일반성분 함량은 Table 1과 같았다. 쌀가루의 수분함량은 고아미2호 12.4%, 고아미 11.0%, 태국산 11.2%이었다. 고아미와 태국산 쌀가루의 일반성분 함량은 유의적인 차이를 보이지 않았으나 고아미2호 쌀가루는 차이를 보였다. 고아미 2호, 고아미, 태국산 쌀로 처리하여 제조한 쌀가루의 단백질 함량은 각각 6.0, 7.3, 7.4%로 고아미2호가 가장 낮았으며 회분과 조지질 함량은 0.4과 1.6%로 태국산과 고아미 쌀가루의 0.2%, 0.3-0.4%보다 훨씬 높았다. 건식 제분한 생쌀가루의 단백질 함량은 고아미 2호가 9.6%로 고아미와 태국산의 6.4-7.7%보다 높았으나 수침 처리 후 3.6%의 감소를 보이는 것은 외형에서와 수침 후 쌀알의 변화에서 볼 수 있듯이 쌀알 구조 차이로 세포 내 단백질이 쉽게 유리 되거나 수용성 단백질이 수침과정에서 용출되었기 때문으로 생각되었다. 쌀 단백질은 취반 후 밥의 끈기나 표면 경도에 영향을 미치며 단백질의 함량이 높은 쌀이 낮은 쌀에 비해 더 단단하다고 하였다(23). 따라서 쌀가루의 일반성분 차이는 물리적 성질과 가공 적성에 영향을 미칠 것으로 생각되었다.

쌀가루의 총 식이섬유 함량은 고아미, 고아미 2호, 태국산이 각각 8.5, 9.2, 8.6%로(Table 1), 고아미 2호가 가장 높았으며 고아미와 태국산은 유의적인 차이가 없었다. 총 식이섬유는 저항전분과 세포벽을 구성하는 비전분 다당류를 포함하며 체내 효소에 의해 소화되지 않고 대장까지 내려가 발효되어 생리활성을 갖는 탄수화물로 정의한다. 고아밀로오스 쌀가루의 총 식이섬유함량은 8.5-9.2%로 일반 쌀가루의 3% 이하에 비해 높은 값을 보였다. Kim 등(11)은 압출성형공정을 이용하여 고아미2호로 후레이크를 제조하였을 때 고아미2호의 저항전분(resistance starch, RS)함량이 12.37%로 고압 가열 처리에 의해 고아미 2호의 총 식이섬유 함

Table 1. General analysis (%) of high amylose rice flours

Rice flour	Moisture (%)	Protein (%)	Crude lipid (%)	Ash (%)	TDF ¹⁾ (%)	TS ²⁾ (%)
Goamy	11.0	7.3 ^a	0.3 ^b	0.2 ^b	8.5 ^b	78.2 ^a
Goamy2	12.4	6.0 ^b	1.6 ^a	0.4 ^a	9.2 ^a	72.3 ^c
Thailand	11.2	7.4 ^a	0.4 ^b	0.2 ^b	8.6 ^b	76.7 ^b

¹⁾TDF (Total dietary fiber) content was analyzed by AOAC method 991.43 (2000).

²⁾TS (total starch) content was determined using Megazyme kit

Means in each column with different superscripts are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple test.

량이 증가함을 보고하였다. 고아미 2호는 높은 총식이섬유를 함유하나 같은 방법으로 분석하였을 때 고아밀로오스 옥수수(27%) 보다는 낮았다(24). 고아밀로오스 옥수수전분은 쌀보다는 더 많은 아밀로오스를 함유하여 100°C 이상의 높은 온도로 가열하여야 호화 되기 때문이다. 전분분자 중에 아밀로오스 함량이 높을수록 호화온도가 높고 100°C 이하에서 호화 되지 않기 때문에 고아밀로오스 쌀가루도 유사한 경향을 보일 것으로 생각되었다. 고아미, 고아미2호, 태국산 쌀가루 중 총 전분함량은 각각 78.2, 72.3, 76.7%로 고아미2호가 다른 쌀가루보다 낮는데 이는 식이섬유 함량이나 회분과 지질 함량이 높은 것과 관련이 있을 것으로 생각되었다.

쌀가루의 이화학적 특성

인디카형의 고아밀로오스쌀과 자포니카형의 국내산 고아미2호, 고아미로 제조한 쌀가루의 이화학적 특성은 Table 2와 같았다. 겉보기 아밀로오스 함량은 27.81-36.15%로 고아미2호가 가장 높았다. Kim 등(11)의 연구에서 고아미 2호의 아밀로오스 함량을 30.6%로 보고하였고 Sorada와 Athapol (25)는 6종류의 태국산 쌀가루의 아밀로오스 함량이 33-35%로 보고하여 고아밀로오스 쌀의 아밀로오스 함량도 종류에 따라 차이를 보이며 고아밀로오스 옥수수의 50-90% 아밀로오스 함량과 다른 경향을 보임을 알 수 있었다. 대체로 고아밀로오스 쌀로 구분하는 경우 아밀로오스 함량은 측정 방법에 따라 다르나 30% 내외 인 것으로 생각되었다. 쌀가루의 아밀로오스 함량은 물리적 성질, 호화특성이나 gel texture에 영향을 주어 쌀 가공식품의 품질과 밀접한 상관성이 있는 것으로 생각되었다(26).

물결합능력은 쌀가루에 물이 결합하는 정도를 나타내는데 물은 전분입자의 무정형부분에 침투되거나 입자 표면에 흡착하게 된다. 쌀가루의 물결합능력은 전분함량뿐만 아니라 비 전분 다당류 등 여러 성분에 의하며 세포벽에 의한 팽윤 억제 현상에도 영향을 준다. 쌀가루의 물결합능력은 고아미 237.6%, 고아미 2호 255.0%, 태국산 249.4%로 세 종류간에 유의적인 차이를 보였으며 일반 쌀보다는 훨씬 높았다. 고아미2호 쌀가루의 물결합능력은 생쌀가루의 179.4%보다 높은 203.8%로 수침에 의해 증가하였는데(26) 본 연구에서는 255.0%로 증가 정도가 더 컸다. 이 차이는 고아미2호 수확년도가 다르고 수침시간과 입자크기가 다르기 때문일 것으로 생각되었다. Lee(27)는 일반 쌀인 동진1호로 8시

간 수침하여 제조한 쌀가루의 입자크기에 따른 물결합능력은 입자크기가 작을수록 증가하는 경향을 보였으며 이는 입자의 표면적이 물결합능력과 관계가 있다고 하였다. 쌀의 품종에 따라 차이를 보이거나 수침하고 습식 제분하여 건조한 쌀가루와 수침한 다음 쌀알을 건조하고 건식 제분한 쌀가루를 비교하였을 때 습식 제분 후 건조한 쌀가루보다 수침 후 건조한 다음 건식 제분한 쌀가루의 물결합능력이 높아짐을 확인하였다(15). 즉 쌀가루의 물결합능력은 전분입자의 흡수력만 아니라 세포 내에 전분입자의 분포나 구조에 의해 영향을 받는다고 생각되었다. 쌀가루로 가공할 때 물결합능력이 크면 쌀가루 입자 내에 물을 많이 흡수하여 가열과정에서 열 전달을 도와줄 수 있으며 이로 인해 아밀로오스 용출이나 그물망구조 형성이 용이할 것으로 생각되어 반죽형성이나 가공 및 조리 특성을 개선할 수 있을 것으로 생각되었다.

쌀가루의 팽윤력과 용해도는 Table 2와 같이 온도가 증가함에 따라 증가하였으며 85°C에서 급격한 증가를 보여 보통 아밀로오스 함량은 갖는 쌀가루나 찰쌀가루보다 높은 온도에서 호화가 시작됨을 알 수 있었다. 팽윤력은 고아미2호가 85°C에서 8.1, 95°C에서 12.8로 고아미2호만 낮게 유지되어 유의한 차이를 보였다. 반면에 시료 중에서 물결합능력이 크고 아밀로오스 함량이 낮은 태국산 쌀가루는 팽윤력이 높아 가공성이 세 종류의 쌀가루 중에서 가장 좋을 것으로 생각되었다. 용해도도 85°C 이후 급격히 증가하였는데 85°C에서 8.7-9.8%, 95°C에서 24.9-30.1%로 3배의 증가를 보였다. 용해도는 태국산 쌀가루가 다른 시료보다 낮은 값을 나타내 가열 중에 용출되는 전분분자가 적음을 알 수 있었고 팽윤력은 높아 다른 고아밀로오스 쌀가루보다 가공에 좋은 물리적 특성을 보일 것으로 생각되었다.

신속점도측정기에 의한 호화특성

고아밀로오스 쌀가루의 호화양상을 신속점도측정기를 이용하여 측정할 결과로부터 구한 RVA특성치는 Table 3과 같았다. 온도에 따른 호화양상을 비교하면 3종류의 쌀가루가 큰 차이를 보였으며 호화개시온도는 고아미, 태국산, 고아미 2호 순으로 각각 84.9, 87.1, 92.1°C를 보였다. 일반쌀가루의 호화개시온도가 65-70°C인 것에 비해 모두 높은 값을 보였으며 그 중 고아미 2호가 가장 높았는데 이는 아밀로오스 함량이 높고 팽윤력이 낮은 것과 상관성이 높을 것으로 생각되었다. 즉 고아미 2호 쌀가루는

Table 2. Physicochemical properties of high amylose rice flours

Rice flour	Apparent amylose content (%)	Water binding capacity (%)	Swelling power		Solubility (%)	
			85°C	95°C	85°C	95°C
Goamy	29.37±0.39 ^c	237.6±7.3 ^c	11.4±0.1 ^b	15.8±0.8 ^b	9.8±0.1 ^a	30.1±0.6 ^a
Goamy2	36.15±0.44 ^a	255.0±4.4 ^a	8.1±0.5 ^c	12.8±0.6 ^c	9.8±1.6 ^a	26.5±0.3 ^b
Thailand	27.81±0.53 ^b	249.4±1.0 ^b	12.7±0.3 ^a	16.6±0.0 ^a	8.7±0.8 ^b	24.9±0.8 ^c

Mean ± S.D.

Means in each column with different superscripts are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple test.

Table 3. Pasting characteristics of high amylose rice flours by Rapid Visco-Analyzer

Rice flour	Initial pasting temp. (°C)	Viscosity (RVU)				
		Peak (P)	Trough (T)	Cold (C)	Breakdown (P-T)	Setback (C-T)
Goamy	84.9±0.5 ^c	169.5±3.4 ^b	113.5±2.4 ^b	242.7±4.1 ^b	56.0±1.0 ^a	129.2±1.7 ^b
Goamy2	92.1±0.5 ^a	84.1±1.4 ^c	81.1±1.1 ^c	180.1±1.6 ^c	3.0±0.3 ^c	98.9±0.5 ^c
Thailand	87.1±0.0 ^b	188.6±4.9 ^a	153.3±4.0 ^a	316.2±4.5 ^a	35.3±0.9 ^b	162.9±0.5 ^a

Mean±S.D.

Means in each column with different superscripts are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple test.

호화 되어 아밀로오스의 용출이나 구조력을 형성하기 위해 고온이 필요하므로 다른 시료에 비해 가공성이 떨어진다고 생각되었다. 이러한 결과는 Kang 등(8)의 일품벼 유래 배유 돌연변이품종 쌀의 호화 및 노화 특성 비교하였을 때 고아미 2호의 호화개시 온도가 가장 높은 결과와 유사하였다. 온도에 따른 전분 호화액의 점도 변화는 품종에 따라 다른 경향을 보여 피크점도(P), trough 점도(T), 냉각점도(C), 모두 태국산 쌀가루가 가장 높았고 고아미 쌀가루, 고아미 2호 쌀가루 순이었는데 고아미와 고아미 2호 쌀가루에 비해 태국산 쌀가루는 각각의 점도가 1.5-3.2배 높은 값을 보였다. 최고점도는 고아미, 고아미 2호, 태국산이 각각 169.5, 84.1, 188.6 RVU로 태국산 쌀가루가 가장 높고 고아미 2호가 가장 낮았다.

Breakdown 점도는 아밀로오스 함량과 부의 상관을 가지며 호화 중 열, 전단에 대한 저항성과 높은 상관을 보이는데 고아미 2호가 3.0 RVU로 가장 낮고 고아미가 56.0 RVU로 가장 높았다. 노화정도 또는 냉각과정에서 겔화로 인해 구조가 형성되는 정도를 예측할 수 있는 total setback 점도 역시 고아미 2호가 98.9 RVU로 가장 낮고 태국산이 162.9 RVU로 높았다. 따라서 고아미 2호는 호화가 힘들면서 겔이 냉각될 때 점도 변화가 적어 network 형성이 어려워 가공 시 네트워크 형성이 안되며, 태국산 쌀가루는 호화가 용이하며 호화액이 냉각될 때 단단한 겔을 형성할 수 있음을 알 수 있었다. 아밀로오스 함량이 높은 고아미 2호 쌀가루 보다 태국산 쌀가루가 높은 total setback을 보이는 것은 전분 입자를 이루는 아밀로오스와 아밀로펙틴의 분자길이와 구조, 중합도가 영향을 주기 때문으로 생각되었다.

주사전자현미경을 이용한 쌀가루 입자 형태

세 종류의 고아밀로오스 쌀가루의 입자 형태는 Fig. 1과 같이 고아미(A)와 태국산(C)을 비교해보면 표면이 단단하고 매끄러우며 작은 입자들이 표면에 붙어 있는 것을 볼 수 있지만 고아미 2호(B)는 표면이 울퉁불퉁하고 부서지기 쉽고 푸석푸석한 결정성이 없는 덩어리가 뭉쳐있는 것과 같은 형태를 관찰 할 수 있었다.

쌀가루의 X선 회절도



Fig. 1. Scanning electron microphotographs of high amylose rice flours, Goamy (A), Goamy2 (B) and Thailand rice (C) flours, prepared from dry-milling after soaking rice grains.

고아밀로오스 쌀가루의 X선 회절도 양상은 Fig. 2과 같았다. 고아미와 태국산 쌀가루는 회절각도(2θ) = 15.1, 17-17.6, 23.1°에서 피크를 나타내어 전형적인 A형의 결정형(2θ = 15.3, 17.1, 23.5°)을 보였으나 고아미 2호 쌀가루는 2θ = 5, 17.2° 피크를 보이는 B형의 결정형(2θ = 5.59, 17.2°)을 나타냈다. B형은 감자 전분이나 고아밀로오스 옥수수전분에서 보이는 결정형으로 전분이 호화되었다가 노화되면 B형의 결정형으로 변화되며 노화 아밀로오스나 RS3형태의 전분에서 확인할 수 있는 결정구조이다. 세 종류의 고아밀로오스 쌀가루 중에서 고아미 2호만 B형을 보였는데 이것은 효소에 저항을 갖는 구조로 아밀로오스 함량보다는 아밀로오스와 아밀로펙틴의 분자구조나 중합도와 관계가 있을 것으로 생각되었다.

쌀가루의 색도

고아미, 고아미 2호, 태국산 쌀가루의 색도는 Table 4와 같았고 명도는 고아미, 고아미 2호, 태국산 각각 94.29, 89.52, 94.34로 고아미 2호가 가장 낮았으며 적색도(+a, redness)는 각각 -0.92, -0.37, -1.03으로 고아미 2호가 가장 낮았고 황색도(+b, yellowness)

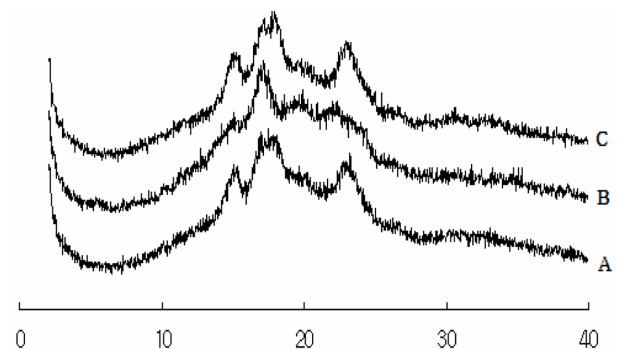


Fig. 2. X-ray diffraction patterns of high amylose rice flours, Goamy (A), Goamy2 (B) and Thailand rice (C) flours, prepared from dry-milling after soaking rice grains.

Table 4. Color values and color difference of high amylose rice flours

Rice flour	Color values			
	L	±a	±b	ΔE ¹⁾
Goamy	94.29±0.01 ^b	-0.92±0.01 ^b	4.12±0.01 ^c	3.85±0.01 ^c
Goamy2	89.52±0.01 ^c	-0.37±0.00 ^a	9.83±0.00 ^a	11.08±0.01 ^a
Thailand	94.34±0.02 ^a	-1.03±0.03 ^c	4.68±0.02 ^b	4.22±0.01 ^b

Mean±S.D.

¹⁾ΔE is the total color change compared to color values of white plate. Means in each column with different superscripts are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple test.

는 각각 4.12, 9.83, 4.68로 고아미 2호가 가장 높았다. 백색판을 기준으로 한 쌀가루의 색도 차는 고아미, 고아미 2호, 태국산 쌀가루가 각각. 3.85, 11.08, 4.22로 고아미 2호가 큰 차이를 보여 전반적으로 고아미 2호의 색이 어둡고 누런색을 띠어 소비자의 선호도가 낮은 색을 갖게 됨을 알 수 있었다.

요 약

식이섬유 함량이 높은 기능성 고아밀로오스 쌀로 밀가루를 대체할 수 있는 쌀가루를 제조하여 가공에 사용하기 위하여 국내산 고아밀로오스 쌀인 고아미와 고아미 2호, 수입쌀인 태국산 쌀을 처리하여 120 mesh를 통과한 쌀가루를 제조하고 이화학적 특성, 식이섬유 함량과 호화특성을 비교하였다. 쌀가루의 단백질 함량과 총 전분함량은 고아미 2호가 가장 낮았고 회분과 지질함량은 가장 높았으며 고아미와 태국산의 차이는 없었다. 겉보기 아밀로오스 함량과 물 결합능력, 총 식이섬유 함량은 고아미2호 쌀가루가 높았다. 태국산 쌀가루는 팽윤력이 높았고 호화특성 중 피크점도, 냉각점도, total setback점도가 높았다. 반면 고아미 2호는 호화개시온도도 높을 뿐만 아니라 피크, 냉각 및 setback 점도를 포함한 모든 점도가 가장 낮아 호화와 겔 형성이 낮음을 알 수 있었다. 고아미와 태국산 쌀가루의 결정형은 전형적인 쌀의 결정형인 A형 이었지만 고아미2호는 고아밀로오스 옥수수전분과 같은 B형을 나타냈다. 고아미 2호 쌀가루의 색은 어둡고 누런색을 띠었으며 명도는 낮고 황색도는 높았다.

감사의 글

본 연구는 2006년도 전남대학교 학술연구비 지원에 의해 수행된 결과로 이에 감사 드립니다.

문 헌

- Juliano BO. Production and utilization of rice. pp. 1-16. In: Rice Chemistry and Technology AACC (1985)
- Kum JS, Lee CH, Baek KH, Lee SH, Lee HY. Influence of cultivar on rice starch and cooking properties. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 365-369 (1995)
- Sandhya Rani MR, Bhattacharya KR. Microscopy of rice starch granules during cooking. Starch 46: 334-337 (1995)
- Schober TJ, Messerschmidt M, Bean SR, Park S-H, Arendt EK. Gluten-free bread from sorghum: Quality differences among hybrids. Cereal Chem. 82: 394-404 (2005)
- Olexova L, Dovicovicova L, Svec M, Siekel P, Kuchta T. Detection of gluten-containing cereals in flours and gluten-free bakery products by polymerase chain reaction. Food Control 17: 234-237 (2006)
- Song JY, Shin M. Effects of soaking and particle sizes on the properties of rice flour and gluten-free bread. Food Sci. Biotechnol. 16: 759-764 (2007)
- Kang HJ, Hwang IK, Kim KS, Choi HC. Comparative structure and physicochemical properties of 'Ilpumbyeo', a high-quality japonica rice, and its mutant, 'Suweon' 464. J. Agr. Food chem. 51: 6598-6603 (2003)
- Kang HJ, Seo HK, Hwang IK. Comparison of gelatinization and retrogradation characteristics among endosperm mutant rices derived from 'Ilpumbyeo'. Korean J. Soc. Food Sci. 36: 879-884 (2004)
- Chun AR, Song J, Hong HC, Son JR. Improvement of cooking properties by milling and blending in rice cultivar 'Goami 2'. Korean J. Soc. Food Sci. 50: S88-S93 (2005)
- Lee JH, Seo HS, Kim SH, Lee JR, Hwang IK. 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 (2005)
- Kim C, Lee ES, Hong ST, Ryu GH. Manufacturing of Goami flakes by using extrusion process. Korean J. Soc. Food Sci. 39: 146-151 (2007)
- Jung YJ, Seo HS, Myung JE, Shin JM, Lee EJ, Hwang IK. Physicochemical and sensory characteristics of rice cookies based on 'Goami 2' with sesames (white and black) and perilla seeds. Korean J. Food Cook. Sci. 23: 785-792 (2007)
- Lee JH, Seo HS, Kim SH, Lee JR, Hwang IK. Soaking properties and quality characteristics of Korean white gruel with different blending time of high dietary fiber rice 'Goami 2'. Korean J. Soc. Food Sci. 21: 927-935 (2005)
- Shin M, Gang DO, An YH. Preparation methods for rice flour mixes and rice bread. Korea patent 10-0742572 (2007)
- Kim WS, Shin M. The properties of rice flours by dry- and wet-milling of soaked glutinous and normal grains. Korean J. Food Cook. Sci. 23: 908-918 (2007)
- AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC Intl. 17th ed. Method 991. 43. Association of Official Analytical communities, Washington, DC, USA (2000)
- Williams PC, Kuzina FD, Hlynka I. A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. Cereal Chem. 47: 411-420 (1970)
- Montgomery EM, Senti FR. Separation of amylose from amylopectin of starch by an extraction-sedimentation procedure. J. Polym. Sci. 28: 1-9 (1958)
- Medcalf DF, Gilles KA. Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. Cereal Chem. 42: 558-568 (1965)
- Schoch TJ. Swelling power and solubility of granular starches. Vol 4, pp 106-108. In: Method in Carbohydrate Chemistry. Whistler RL (ed) Academic Press, NY, USA (1968)
- McCleary BV, Gibson TS, Mugford DC. Measurement of total starch in cereal products by amyloglucosidase- α -amylase method: Collaborative study. J. AOAC Int. 80: 571-579 (1997)
- AACC. Approved Method of the AACC. 10th ed. Method 61-020. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA (2000)
- Fitzgerald MA, Reinke RF. Rice Grain Quality III. A Report for the Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Publication No. 06/056 RIRDC Project No DAN-183A (2006)
- Shin M, Woo K, Seib PA. Hot-water solubilities and water sorptions of resistant starches at 25°C. Cereal Chem. 80: 564-566 (2003)
- Sorada Y, Athapol N. Effect of physicochemical properties of high-amylose Thai rice flours on vermicelli quality. Cereal Chem. 79: 481-485 (2002)
- Kim JS. Quality characteristics of sponge cakes prepared from rice flours with different amylose contents. PhD thesis, Chonnam National University, Gwangju, Korea (2007)
- Lee SH. Physicochemical properties of dry milled soaked rice flours with different particle size and preparation of rice Manju using them. MS thesis, Chonnam National University, Gwangju, Korea (2007)