

품종이 다른 국내산 쌀을 이용한 쌀컵케이크의 품질 특성

김지명 · 노준희 · 송난주 · 신말식*
전남대학교 식품영양학과

Quality characteristics of rice cupcakes prepared from Korean rice varieties

Ji Myoung Kim, Junhee No, Nan Ju Song, and Malshick Shin*
Department of Food and Nutrition, Chonnam National University

Abstract The physicochemical properties of rice flours and quality characteristics of rice cupcake were investigated using the domestic rice varieties Goami, Hanareum, Hanmaeum, Deuraechan, Seolgaeng, and Haiami. Protein and amylose contents were highest in. The final and setback viscosities of Haiami, Hanmaeum, Deuraechan, and Hanareum were higher than those of Goami and Seolgaeng. The specific volume of rice cupcakes was lower with Goami and Haiami than with the others. Seolgaeng cupcake had a dented surface and irregular air pockets, while the Hanareum cupcake was well shaped and had uniform air pockets. The hardness, springiness, and chewiness of Goami and Haiami cupcakes were higher than those of the others, while adhesiveness was observed only in Seolgaeng cupcake. The overall preferences scores of rice cupcakes prepared from Hanareum, Hanmaeum and Deuraechan were higher than for the other cupcakes ($p < 0.05$). These results suggested that amylose content, and final and setback viscosities of rice flour are very important factors in rice cupcakes.

Keywords: high yield rice, rice cupcake, amylose content, final viscosity, setback viscosity

서 론

쌀은 세계의 주요 작물로 아시아권의 대부분 국가를 비롯하여 세계인의 50% 이상이 주식으로 섭취하고 있다. 사회 문화적 환경이 변화되면서 밀가루를 이용한 빵과 국수의 소비가 증가하고 밥의 형태로 먹던 쌀의 소비량이 점차 감소하고 있는 추세이다. 국내의 쌀 생산량은 2015년 432만 7천톤으로 2014년에 비해 2.0% 증가하였으나 1인당 연간 쌀 소비량은 지속적인 감소를 보이고 있는데, 2015년 62.9 kg로 2014년에 비해 2.2 kg가 감소하였다(1).

쌀 소비를 증가시키기 위하여 영양성분이나 조성, 기능성을 부여하거나 밥맛을 개선한 쌀 품종이 개발되어 왔고, 지속적인 연구가 진행되고 있다. 그 중 성장기 어린이를 위해 필수아미노산을 증가시켜 육종한 하이아미, 배젓세포 사이에 공간이 있어 찹쌀처럼 뽀얗게 보이며 발효에 적당한 품종인 설갱, 쌀국수 제조를 위해 아밀로스 함량을 높여 만든 고아밀로스쌀 품종인 고아미가 있다. 또한 쌀 가공식품을 생산하는데 중요한 원료 가격을 낮추고자 수확량을 증가시킨 가공용 쌀로 육종한 통일계 한아름, 일반계 드래찬과 한마음 등이 있다(2). 쌀의 소비를 활성화하기 위한 산학연관의 노력으로 가공용 쌀의 소비는 증가하였지만 관세유예화로 인한 의무수입물량이 2014년 40만9천톤으로 2013년

쌀 소비량의 9%를 차지하였다. 우리의 중요한 식량자원인 쌀의 자급률은 최근 3년간 80%대에 머물다가 2015년 90%로 증가하였다. 2020년까지 쌀 자급률 목표치는 98%로 기후변화로 인해 생산량을 예측하기 어려운 실정이지만 국가 안정화를 위해 식량 자급률은 유지되어야 한다. 경제적인 면을 고려하였을 때 가장 바람직한 방법으로는 밀 수입량의 일부를 쌀로 대체하는 방안이 있어 쌀가루로 밀가루를 대체하려는 연구에 관심이 증가되고 있다(3-5).

특히 2002년 보고(6,7)에 의하면 밀가루 제품으로부터 기인되는 장 질환인 복강병(celiac disease)과 밀 알레르기 등은 그 원인이 밀가루에 함유된 단백질인 글루텐으로 면역에 관련된 유전적 질환으로 전 세계인구의 0.5-1%가 증상을 가진 것으로 보고되었다. 밀을 주식으로 하는 나라 인구의 1%에 해당되는 인구의 주식으로 글루텐 프리 제품을 섭취해야 하기 때문에(8-10) 글루텐 프리 제품시장은 점차 증가될 것으로 예측할 수 있다. 국내에서 생산되는 쌀가루를 밀가루 대체용으로 개발하여 국내는 물론 세계시장으로 수출이 가능하다면 생산자와 정부, 소비자 간의 쌀 문제를 해결할 수 있는 좋은 방안이라고 생각된다. 쌀은 밀과 달리 배젓이 단단하여 쌀가루로 체분하기 어려운 난알로(11) 건식 체분은 비경제적이기도 하지만 쉽게 산패취를 내고 입자크기를 조절하기 어렵기 때문에 전통적인 떡과 한과 제조 방법에서 사용되어 온 습식체분을 사용하고 있으며 쌀가루의 가공적성이 우수한 것으로 알려지고 있다(12-14). 하지만 습식체분으로 얻어진 젖은 쌀가루를 건조하기 위해서 열풍건조가 사용되고 젖은 쌀알을 곱게 체분하는 것이 어렵기 때문에 2단계 체분으로 열풍건조 후 쌀가루를 에어밀 등으로 체분하는 방법이 알려져 있다. 이 때 제조되는 쌀가루는 수분을 35-40% 함유하고 있으므로 건조 시

*Corresponding author: Malshick Shin, Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea
Tel: +82-62-530-1336
Fax: +82-62-530-1339
E-mail: msshin@chonnam.ac.kr
Received September 23, 2016; revised November 28, 2016;
accepted December 8, 2016

전분입자나 단백질이 열변화가 진행되며 입자크기는 작고 고른 분포를 보이므로 밀가루 입자와 다른 물성을 나타내게 된다. 쌀에는 부풀게 하는 단백질인 글루텐이 없고 전분이 80% 이상 함유되어 반죽에서 제품을 제조하는 과정에서 흡수능력, 물의 이동, 호화에 필요한 양과 기본 메트릭스를 형성하여 가스체를 포집하는 능력을 가진 물질을 첨가하거나 제조과정 중에 형성되게 해야 한다(3,15-17). 그러나 실질적으로 도우 반죽으로 제조하는 발효 빵의 경우를 제외하고 배터를 사용하는 케이크류와 과자류는 배합재료 중에 함유된 달걀이나 지방 등이 기본 네트워크를 만들기 때문에 단백질, 전분이나 효소 등의 첨가 없이 쌀가루만을 대체해도 제품 생산이 가능하다(4,5). 컵케이크의 경우 난백의 흰자거품이 기본 골격을 이루며 충분한 액체가 전분의 호화에 부족하지 않기 때문에 쌀가루만으로도 품질이 우수한 제품이 형성됨을 확인하였다(4,5).

최근 글루텐 프리 제품 개발에 대한 관심이 커지면서 쌀가루를 이용한 제품 개발에 대한 연구가 진행 중이다. 한국의 드래찬과 보랍찬을 이용한 컵케이크 제조 및 품질 특성에 대한 연구(4), 쌀가루의 입자 크기에 따른 컵케이크의 품질 특성에 대한 보고(5), 쌀로 제조한 팽화미를 이용한 파운드 케이크 제조를 통한 품질 특성 연구(6) 등 쌀가루를 이용한 제품 개발에 대한 연구가 이루어졌지만, 다양한 쌀의 품종에 따른 쌀가루의 품질 특성에 대한 연구는 부족한 실정이다(18).

그러므로 본 연구에서는 새롭게 개발된 쌀가루 제조방법으로 기능성을 강조한 국내산 쌀 품종인, 하이아미, 설갱, 고아미와 다수확 품종으로 개발한 통일계의 한아름과 일반계의 드래찬과 한마음의 베이커리제품 가공성을 확인하고자 쌀가루의 특성과 이를 이용하여 글루텐 프리 쌀가루컵케이크를 제조하여 그 품질 특성을 비교하였다.

재료 및 방법

재료

국내산 쌀 품종은 아미노산 함량을 증가시킨 하이아미, 쌀 세포 간 공간이 넓어 찹쌀처럼 뽀얀 설갱, 일반벼의 다수확 품종을 개발한 한마음과 드래찬이었다. 여기에 통일계 다수확 쌀 품종인 한아름과 고아미를 농촌진흥청 국립식량과학원에서 2013년 수확한 것을 벼맥류부(Iksan, Korea)와 기능성 작물부(Milyang, Korea)에서 현미와 백미로 구하였다.

쌀가루 제조

쌀가루는 Park 등(4)과 Kim과 Shin(5)의 방법에 따라 다음과 같이 실시하였다. 낱알 상태의 백미를 3회 수세하고 실온(20±2°C)에서 6시간 수침한 후 물기를 30분간 제거하여 18±2°C에서 저온 건조하였다. 낱알의 수분함량이 12% 정도 되었을 때 핀밀(Pin Mill for weaning foods, Pyungjin Machinery Co., Seoul, Korea)로 체분하여 내장된 120 메시(mesh) 체를 통과한 쌀가루를 비닐 백에 밀봉하여 저온실(4°C)에 보관하면서 사용하였다.

일반성분 분석

품종이 다른 6종류의 쌀로 제조한 쌀가루의 일반성분은 AACCI 방법(19)으로 분석하였다. 수분(Method 44-15.02), 조 단백질(Method 46-13.01), 회분(Method 08-01.01)과 조 지방질(Method 30-10.01) 함량을 측정하였다.

쌀가루의 이화학적 특성 측정

쌀가루의 물 결합능력은 Medcalf와 Gilles(20)의 방법에 따라 실시하였다. 원심 분리관에 쌀가루 0.5 g (d.b.)과 증류수 20 mL을 가한 후 마그네틱 바(Φ3.2×13 mm)로 교반하면서 실온에서 1시간 동안 분산시킨 뒤, 8,000 rpm에서 30분간 원심분리(Supra 22K, Hanil Sci. Ind., Incheon, Korea) 하였다. 원심분리관을 1분간 거꾸로 세워 상층액을 제거하고 침전된 무게를 측정하여 처음 시료와의 증량비로부터 계산하여 백분율로 나타냈다. 팽윤력과 용해도는 Schoch(21)의 방법을 이용하여 80°C에서 측정하였다(21). 시료 0.5 g (d.b.)와 증류수 30 mL를 원심분리관에 담아 분산시킨 후, 80°C의 진탕 항온 수욕조에서 30분간 진탕하고 즉시 찬물에 냉각시켰다. 이 원심관을 5,000 rpm에서 30분간 원심분리한 다음 침전된 시료의 무게와 미리 항량하여 건조시킨 용기에 분리된 상층액을 시린지로 취하여 105°C에서 건조한 무게로부터 다음의 식으로 용해도와 팽윤력을 계산하였다.

$$\text{용해도}(\%) = \frac{\text{상층액의 건조 무게}(g)}{\text{시료의 무게}(g)} \times 100$$

$$\text{팽윤력}(g/g) = \frac{\text{침전된 쌀가루의 무게}(g)}{\text{시료의 무게}(g) \times (100 - \% \text{용해도})} \times 100$$

호화 특성

제조된 쌀가루의 호화특성은 신속점성계(Rapid Viscosity Analyzer, RVA, model 3D, Newport Scientific Pty, Ltd, Narrabeen, Australia)를 이용하여 측정하였다. 시료 3 g (수분함량 12% 기준)에 증류수 25 mL을 가하여 0-1분간은 50°C, 1.0-4.45분은 95°C까지 상승, 4.45-7.15분은 95°C로 유지, 7.15-11.06분은 50°C까지 냉각, 11.06-12.30분은 50°C를 유지하면서 점성을 측정하였다. 신속점성계의 측정치는 초기호화개시온도(initial pasting temperature), peak viscosity (P), trough viscosity (T), 50°C에서의 final viscosity (F)를 나타냈고, total setback (F-T)과 breakdown (P-T) viscosity를 계산하였다.

쌀가루 컵케이크 제조

쌀가루 컵케이크는 Kwhak과 Jang(22), Park 등(4), Kim과 Shin(5)의 방법을 이용하여 제조하였다. 품종이 다른 각각의 쌀가루(250 g), 백설탕(200 g), 달걀(600 g), 소금(4 g), 베이킹파우더(4 g), 청주(24 g)와 물(24 g)을 기본 배합으로 하였다. 고품분인 쌀가루와 베이킹파우더를 혼합하여 체를 3번 쳐서 준비하였다. 전란에 설탕과 소금을 넣고 혼합 후 50°C 이중냄비에 올려 데웠다. 이 액을 Hobart 믹싱볼에 넣고 믹서(800-J, Spar Food Machinery MFG Ltd., Ta-Li, Taiwan)로 고속(속도 3)으로 4분간 혼합하였다. 쌀가루 혼합분을 넣고 1분간 저속(속도 1)로 저였으며 여기에 청주, 쌀누유 등을 넣어 철저히 혼합하였다. 베이킹 컵에 케이크 반죽을 각각 35 g씩 넣고 미리 예열된 오븐(위 180°C, 아래 150°C)에서 15분간 베이킹하였다. 구워진 케이크는 꺼내 실온에서 1시간 방치 한 다음 실험을 진행하였다.

컵케이크의 형태 관찰

구워진 쌀가루 컵케이크 형태는 실온에서 1시간 냉각시켜 디지털 카메라(Canon EOS 400D, Canon, Tokyo, Japan)를 이용하여 전체 모양과 단면(컵케이크 높이의 1/2지점)의 모양을 관찰하였다.

킵케이크의 무게, 부피, 비체적

킵기를 마친 킵케이크를 1시간 방냉 후 무게(g)를 측정하여 평균값으로 나타내고, 부피는 좁쌀을 이용한 종자치환법(Method 10-05. 01)으로 측정하였으며(18), 무게와 부피의 측정값으로 비체적(mL/g)을 구하였다.

킵케이크의 텍스처 특성 측정

텍스처 측정은 킵케이크의 crumb 부분을 1×1 cm로 잘라 Texture Analyzer (Model TA-XT plus, TA instruments, Surrey, UK)로 2번 반복 압착시험을 이용하여 TPA (Texture Profile Analysis: two bite test)를 구하였다. 직경이 2.0 cm인 probe를 사용하여 75% 변형율로 hardness, cohesiveness, springiness, chewiness 와 resilience를 측정하였다.

주사전자현미경(SEM) 관찰

킵케이크의 미세구조는 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM, JSM-7500F, JEOL, Tokyo, Japan)을 사용하여 관찰하였다. 킵케이크 시료의 건조는 냉동건조기(FD5510, Freeze dryer, Ilshin Lab Co., Ltd., Seoul, Korea)를 이용하였다. 냉동 건조된 각 시료를 면도칼로 10×10×5 mm 크기로 잘라 아세톤으로 깨끗이 닦은 stub에 이중 테이프를 붙이고 그 위에 시료를 올렸다. 금/백금으로 1분간 코팅한 다음 가속전압 20 kV, photo time 85초에서 50배로 관찰하였다.

관능평가

관능평가는 식품영양학과 대학원생 15명을 선정하여 시료의 특성과 시료평가를 정확히 할 수 있도록 반복 훈련시킨 다음 차이 조사는 외관(표면색, 내부색, 표면 매끄러움, 기공 균일성, 부푼 정도), 냄새(이취, 향미), 맛(단맛, 고소한 맛), 텍스처(경도, 부착성, 탄력성, 씹힘성, 촉촉함, 부드러움)를 9점 척도법으로 반복 실시하였다. 기호도 조사는 외관, 냄새, 맛, 텍스처와 전반적 품질에 대해 9점 척도법으로 반복 실시하였다.

통계분석

모든 실험은 3회 이상 반복하였으며 결과는 평균과 표준편차로 제시하였다. 통계처리는 SPSS 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 ANOVA에 의해 분산분석을 실시하였고, $p < 0.05$

수준에서 던컨의 다중검정(Duncan's multiple range test)로 유의성을 비교하였다.

결과 및 고찰

쌀가루의 일반성분

국내에서 개발한 6 품종의 백미로부터 쌀가루를 제조하여 쌀가루의 일반성분을 측정된 결과는 Table 1과 같았다. 수분함량과 조단백질 함량은 쌀 품종에 따라 유의적인 차이를 보였다. 하이아미 쌀가루는 8.11%로 가장 높은 단백질 함량을 보였으며 한아름과 드래찬은 각각 6.88%와 6.30%로, 한마음은 5.31%로 차이를 보였다. 하이아미는 필수아미노산을 증가시켜 만든 품종으로 성장기의 어린이들에게 우수한 단백질을 공급하려는 목적으로 만들어져 단백질 함량이 높을 것으로 예측하였다. 그러나 일반적으로 우리나라 사람들은 단백질 함량이 낮고 전분의 아밀로스 함량이 낮아 찰지고 윤기가 나는 밥을 지을 수 있는 쌀을 품질이 좋은 쌀이라고 한다. 밥 용으로 섭취할 때는 한아름, 일반벼인 드래찬과 한마음이 기능성 쌀로 개발된 하이아미, 설갱, 고아미보다는 우수할 것으로 생각되었다. 조지방질과 회분 함량은 일반벼인 드래찬과 한마음이 더 높았다. 조지방질 함량은 4-14배까지 높았으나 회분은 2배 정도 높았다.

쌀가루의 이화학적 특성

기능성 쌀이나 다수확 쌀로 제조한 쌀가루의 아밀로스 함량은 드래찬과 한마음이 가장 낮아 17.92%이었으며 설갱은 20.05%, 한아름은 21.35%, 하이아미는 21.73%로 일반 멥쌀의 범위에 포함되었으나 고아미는 33.84%로 고아밀로스 함량을 나타냈다. 고아미 쌀가루의 겉보기 아밀로스 함량이 29.37%로 보고한 것보다는 더 높은 값을 보였는데 아밀로스 함량은 측정 방법이나 표준 아밀로스 시료에 따라 달라질 수 있지만 고아밀로스 쌀에 포함됨을 알 수 있었다(23). 쌀가루의 아밀로스 함량은 이화학적, 호화특성이나 호화액의 행동 양상 등 가공식품 제조할 때 레올로지나 텍스처 특성 결정에 밀접한 관계가 있다(4,23,24). 일반적으로 옥수수의 고아밀로스 전분은 육종에 의해 90%까지 높였으나 쌀의 경우 인디카형의 쌀의 아밀로스 함량이 25% 이상으로 25% 이상 되었을 때 고아밀로스 쌀이라고 일컫는다(24). 고아밀로스 전분은 가열 후 냉각할 때 겔을 형성하는 특성을 가지므로(25)

Table 1. General compositions and physical properties of Korean rice flours prepared from different rice varieties

	Rice flours					
	Haiami	Seolgaeng	Goami	Hanareum	Deuraechan	Hanmaeum
Moisture content (%)	14.62±0.62 ^{bc1)}	14.07±0.35 ^c	15.36±0.56 ^b	16.72±0.36 ^a	12.24±0.79 ^d	12.49±0.35 ^d
Crude protein content (%)	8.11±0.21 ^a (8.38) ²⁾	7.65±0.02 ^a (7.83)	7.69±0.02 ^a (8.00)	6.88±0.26 ^b (7.27)	6.30±0.02 ^b (6.32)	5.31±0.02 ^c (5.34)
Crude lipid content (%)	0.09±0.03 (0.09)	0.18±0.06 (0.18)	0.18±0.08 (0.19)	0.17±0.04 (0.18)	1.30±0.02 (1.30)	0.74±0.02 (0.74)
Ash content (%)	0.27±0.05 (0.28)	0.31±0.06 (0.32)	0.33±0.05 (0.34)	0.33±0.03 (0.35)	0.66±0.05 (0.66)	0.58±0.01 (0.58)
Amylose content (%)	21.73±0.51	20.05±1.33	33.84±0.47	21.35±0.32	17.97±0.37	17.92±0.18
Water binding capacity (%)	162.68±0.43 ^{a1)}	143.80±1.30 ^b	162.90±5.68 ^a	168.31±8.25 ^a	158.17±4.30 ^a	162.98±6.79 ^a
Swelling power at 80°C (g/g)	7.01±0.28 ^b	9.54±0.11 ^a	5.32±0.13 ^d	6.61±0.26 ^c	6.42±0.06 ^c	6.45±0.16 ^c
Solubility at 80°C (%)	6.17±0.51 ^c	10.49±0.31 ^a	7.72±0.12 ^b	4.87±0.26 ^c	4.76±0.11 ^c	5.43±0.17 ^d

Data represents mean±SD.

¹⁾Values in the same row with different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

²⁾() means general composition of 12% moisture content basis.

Table 2. Pasting properties of Korean rice flours prepared from different rice varieties

Rice flours	Pasting temp. (°C)	Viscosity (RVU)				
		Peak (P)	Trough (T)	Final (F)	Breakdown (P-T)	Setback (F-T)
Haiami	78.6±0.7 ^{d1)}	254.1±0.1 ^c	154.2±2.7 ^c	301.3±1.7 ^b	100.0±2.8 ^c	147.2±1.1 ^b
Seolgaeng	71.8±0.0 ^e	229.1±4.5 ^d	164.3±1.1 ^a	222.0±4.9 ^d	64.8±3.4 ^d	57.7±3.8 ^d
Goami	89.3±0.6 ^a	88.9±2.1 ^f	81.0±1.2 ^e	142.8±2.1 ^e	8.0±0.9 ^f	61.9±0.9 ^d
Hanareum	90.1±0.7 ^a	182.8±0.8 ^e	161.0±2.9 ^{ab}	345.1±0.1 ^a	21.8±2.1 ^e	174.1±2.8 ^a
Deuraechan	82.4±0.1 ^b	262.7±0.4 ^b	145.1±0.4 ^d	285.5±1.8 ^c	117.18±0.0 ^b	140.4±1.4 ^c
Hanmaeum	76.0±1.1 ^d	289.8±5.2 ^a	159.1±1.6 ^b	301.3±1.9 ^b	130.8±3.6 ^c	142.3±0.3 ^{bc}

Data represents mean±SD

¹⁾Values in the same column with different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

고아밀로스 쌀 전분의 젤을 이용한 식품으로 호화면인 베트남 쌀 국수나 라이스페이퍼의 원료로 사용이 가능할 것으로 생각되었다. 특히 식이섬유의 생체조절기능을 갖는 저항전분은 아밀로스 함량이 높은 전분에서 저항전분 수율이 높아지므로 건강기능식품으로 개발이 가능할 수 있을 것으로 생각되었다(26).

물 결합 능력은 대체적으로 높은 값을 보여 158.2-168.3% 범위였으며 설겅은 143.8%로 낮은 수치를 보였다. 일반적으로 전분의 아밀로스 함량과 물 결합능력은 부의 상관관계를 가지며 전분보다는 쌀가루의 물 결합능력이 큰 것으로 알려져 있다. 설겅의 경우 일품벼에 돌연변이 유도물질(MNU)을 처리하여 육성하였기 때문에 입자는 찰쌀처럼 공간이 많으나 밥맛은 메벼와 같은 특성을 가지고 있는데 이런 특성이 고아미 쌀가루보다 더 낮은 물 결합 능력을 가진 것으로 생각되었다(27). 물 결합 능력은 전분이나 쌀가루 입자의 내부 부정형 부분이나 표면에 흡착, 또는 입자 사이의 공극에 물이 채워져 나타나며 조리할 때 전분의 호화에 사용되기 때문에 가공에 중요한 요소로 영향을 준다. 80°C에서의 팽윤력은 낱알 상태로 많은 공간을 가진 설겅이 가온하였을 때 쌀가루의 팽윤력도 가장 높았고 아밀로스 함량이 가장 높은 고아미가 가장 낮은 팽윤력을 보였다. 아밀로스 함량은 팽윤력이나 호화 양상과 부의 상관관계를 가지지만 설겅을 제외한 아밀로스 함량이 유사한 4종류의 쌀(아밀로스 함량 17.92-21.73%)은 6.42-7.01 g/g의 팽윤력을 나타냈다. 용해도도 설겅이 가장 높았으며 고아미의 경우 80°C에서 7.72%로 다른 쌀보다 높은 값을 보였다. 이는 고아미로 쌀로 비교한 경우에 85°C에 9.8%를 보여 유사한 경향을 보였다(23). 하이아미, 한마음, 한아름, 드래찬은 4.76-6.17%의 범위로 유사하였다. 고아미의 용해도가 높은 것은 아밀로펙틴의 분지 사슬의 중합도가 낮은(DP6-12) 분획의 비율이 다른 찰전분이나 보통 전분보다 많은 비율을 차지하기 때문으로 생각되었다(28).

쌀가루의 호화특성

신속점성계에 의한 쌀가루의 호화특성은 Table 2와 같이 쌀가루의 호화개시온도가 품종에 따라 유의적인 차이를 보였다. 쌀가루의 호화개시온도는 71.8°C에서 90.1°C로 설겅 쌀가루가 가장 낮았으며 한아름은 90.1°C, 고아미는 89.3°C로 동일하게 쌀이 높았다. 아밀로스 함량이 가장 높은 고아미 쌀가루의 peak, trough, final, breakdown 점성은 6종의 쌀가루 중에서 가장 낮았고 한아름 쌀가루는 final과 setback 점성이 각각 345.1과 174.1 RVU로 가장 높았다. 쌀가루의 가공적성은 밀가루와 달리 전분의 역할이 크고 기본 구조 형성 역할을 하기 때문에 peak, final과 setback 점성이 높은 것이 좋은데 peak 점성은 한마음과 드래찬 쌀가루, final 점성은 한아름, 한마음, 하이아미 쌀가루가 높았다. Setback

점성은 한아름, 하이아미, 한마음, 드래찬 순으로 낮아졌지만 모두 140.4-174.1 RVU로 설겅의 57.7 RVU와 고아미의 61.9 RVU와는 큰 차이를 보였다. 전분의 호화양상은 아밀로스 함량, 전분의 분자구조, 전분 이외의 물질, 효소, 손상전분 등에 영향을 받지만 제품의 품질에 많은 영향을 준다고 알려져 있다(29). 특히 쌀가루로 베이커리 제품을 제조할 때는 밀가루와는 달리 전분 호화액의 final과 setback 점성이 높은 것이 제품 모양을 잘 이루어 형태적 품질에 좋은 영향을 줄 것으로 생각되었다. 일반적으로 다수확 품종 쌀가루인 드래찬과 한마음, 기능성미로 아미노산을 개선한 하이아미는 품종에 따른 차이를 보였지만 final과 setback 점성이 285.5-301.3와 140.4-147.2 RVU로 유사한 경향을 보였다. 동일계 다수확 품종인 한아름은 final과 setback 점성이 가장 높아 구조 형성과 부피 증가에 좋은 영향을 줄 것으로 생각되었다.

쌀가루 컵케이크의 비체적과 색도

품종이 다른 쌀가루로 컵케이크용 배터 반죽을 제조하여 비중을 0.38로 모두 같게 맞추고 같은 조건으로 제조한 컵케이크를 실온에서 냉각한 다음 측정된 무게, 부피 및 비체적은 Table 3과 같았다. 모두 유의적인 차이를 보였는데 무게는 26.23-27.68 g이며 부피는 80.0-105.0 mL이었다. 이로부터 구한 비체적은 드래찬, 한아름, 설겅, 한마음이 3.73-3.89 mL/g으로 유사하였고 고아미는 2.96 mL/g, 하이아미는 3.06 mL/g으로 두 그룹간에 차이가 뚜렷하였다. 고아미 쌀가루는 호화온도가 높았고 peak 점성이 가장 낮았으나 하이아미 쌀가루는 peak, final과 setback 점성은 높으나 함유된 단백질 함량이 가장 높아 이 단백질이 영향을 주어 부피 팽창을 억제했을 것으로 생각되었다. 설겅 쌀가루의 경우 setback 점성이 가장 낮았는데 이는 호화액이 냉각될 때 분자사슬간의 이중 나선형 구조 형성이 안되어 전분의 노화를 억제하였기 때문으로 비체적은 컷지만 컵케이크의 모양이나 내부 구조의 차이가 있음을 확인하였다(Fig. 1).

쌀가루 컵케이크의 표면과 내부 crumb의 색도를 측정된 결과는 Table 3에 나타내었다. Crust의 색도에서 명도는 한아름 컵케이크가 가장 밝았고 하이아미 컵케이크가 낮은 명도를 보였으나 crumb의 명도는 설겅과 한마음컵케이크가 밝았으며 하이아미 컵케이크가 가장 낮았다. Crust의 적색도는 12.28-15.68, 황색도는 36.59-38.95이었는데 crumb의 녹색도는 0.89-1.33, 황색도는 21.46-23.90으로 품종에 따른 일정한 경향을 나타내지 않았다.

컵케이크의 형태적 특성

제조된 컵케이크의 모양은 Fig. 1과 같이 설겅 쌀가루로 제조한 컵케이크의 윗면이 가장 넓었으며 단면으로 보았을 때 윗면이 움푹 들어가 구조가 안정하지 못해 윗면이 들어간 것으로 생

Table 3. General compositions and physical properties of Korean rice flours prepared from different rice varieties

Characteristics	Rice flours ¹⁾					
	Haiami	Seolgaeng	Goami	Hanareum	Deuraechan	Hanmaeum
Weight (g)	26.97±0.45 ^{bc}	26.44±0.45 ^{cd}	27.26±0.51 ^{ab}	27.68±0.36 ^a	26.23±0.70 ^d	27.20±0.21 ^{ab}
Volume (mL)	81.7±2.9 ^b	96.7±5.8 ^a	80.0±5.0 ^b	105.0±5.0 ^a	103.3±5.8 ^a	101.7±2.9 ^a
Specific volume (mL/g)	3.06±0.15 ^b	3.80±0.01 ^a	2.96±0.16 ^b	3.80±0.14 ^a	3.89±0.31 ^a	3.73±0.11 ^a
Crust color L	60.56±0.53 ^c	63.29±0.84 ^b	63.45±0.07 ^b	67.61±0.43 ^a	64.10±1.05 ^b	63.38±0.59 ^b
Crust color a	15.28±0.05 ^b	15.15±0.26 ^b	15.68±0.31 ^a	12.28±0.36 ^d	14.68±0.04 ^c	14.66±0.05 ^c
Crust color b	36.59±0.44 ^c	36.89±0.93 ^c	38.74±0.22 ^a	38.95±0.56 ^a	37.45±0.04 ^b	37.82±0.07 ^b
Crumb color L	74.60±0.68 ^d	81.12±3.02 ^a	75.43±0.10 ^{cd}	78.45±1.76 ^b	77.21±0.31 ^{bc}	80.72±0.78 ^a
Crumb color a	-1.15±0.01 ^b	-1.15±0.04 ^b	-0.89±0.08 ^a	-0.94±0.02 ^a	-1.11±0.07 ^b	-1.33±0.02 ^c
Crumb color b	21.68±0.14 ^c	23.23±1.01 ^{ab}	23.71±0.59 ^a	21.46±0.64 ^c	22.25±1.20 ^{bc}	23.90±0.40 ^a

Data represents mean±SD.

¹⁾Values in the same row with different letters are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

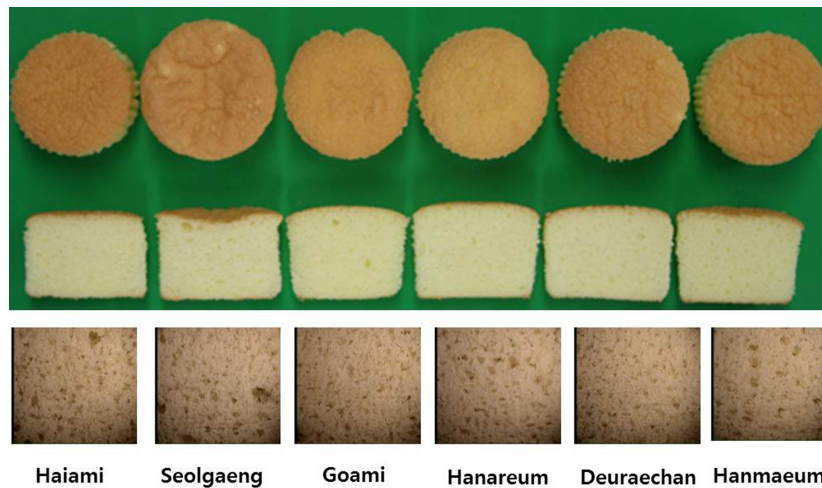


Fig. 1. Whole shape, cross section, and crumb air cell uniformity of cupcakes prepared from Korean rice varieties.

각되었다. 윗면과 단면을 보면 하이아미와 고아미 쌀가루로 제조한 경우 작고 밀집된 형태를 보였다. 한아름, 드래찬, 한마음 쌀가루로 만든 킵케이크는 윗면이나 단면의 크기도 적당하고 기공도 고르게 형성되어 좋은 품질을 나타냈다.

킵케이크의 텍스처 특성

쌀가루 킵케이크의 crumb 부분을 잘라내어 1 cm³ 정육면체로 잘라 75%의 변형율로 텍스처를 측정된 결과는 TPA로부터 계산하였다. Table 4와 같이 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness)과 회복력(resilience)을 구하였다. 6종의 쌀가루로 만든 킵케이크 중에서 설갱 킵케이크의 경우만 부착성이 나타났다. 부착성은 서로 다른 물질끼리 붙는 성질로 케이크가 이에 달라 붙는 성질, 즉 끈끈한 성질을 갖고 있음을 알 수 있었다. 모든 텍스처 특성치는 품종에 따라 유의적인 차이를 나타냈다($p < 0.05$). 경도는 고아미가 가장 높아 단단하였고 하이아미, 드래찬, 한마음과 한아름은 유사하였으나 설갱은 낮은 값을 나타냈다. 고아미와 하이아미 킵 케이크의 탄성은 가장 컸으며 응집성은 가장 낮았다. 씹힘성은 고아미, 하이아미 순으로 낮아졌고 설갱이 가장 낮았으며 한아름도 낮았다. 회복력은 고아미가 가장 큰 값을 보였으며 설갱이 가장 낮고 한아름, 하이아미, 드래찬과 한마음은 같은 값을 보였다. 특히 일 반계 다수확 벼인 드래찬과 한마음 쌀가루로 제조한 킵 케이크

의 텍스처 특성치는 모든 값이 차이가 없이 거의 같은 값을 보였다. 킵케이크의 형태나 텍스처 특성은 쌀가루의 아밀로스 함량과 호화양상이 크게 상관을 갖는 것으로 생각되었고 특히 final과 setback 점성이 높을 때 좋은 품질 특성을 나타내는 것을 알 수 있었다. 쌀가루에 함유된 단백질은 밀가루와 달리 글루텐을 형성할 수 없어 형태를 이루거나 텍스처 특성에 영향이 적지만 하이아미 쌀가루의 단백질 함량은 8.11%로 다른 쌀가루보다 높은 하이아미 쌀가루 킵케이크는 고아미 킵케이크보다는 낮으나 경도와 탄성, 씹힘성이 높았다. 드래찬과 한마음은 지방함량이 다른 쌀가루보다 높았지만 킵케이크의 형태와 텍스처 특성에 크게 작용하지 않는 것으로 생각되었다.

킵케이크의 관능평가

품종별 쌀가루로 제조한 킵케이크의 관능평가는 차이조사와 선호도 조사를 병행하였는데 그 결과는 Table 5에 제시하였다. 평가원은 식품영양학과 대학원생 15명으로 글루텐 없는 쌀가루 제품의 평가를 위해 훈련된 학생으로 각 조사는 9점 점수법으로 차이조사에서는 각 항목에 대해 강하면 9점 약하면 1점을 부여하도록 하였고 선호도 조사에서는 가장 싫어하면 1점 가장 선호하면 9점을 주도록 하였다. 조사 항목으로는 차이조사에서 외관은 crust 표면 색깔, 표면의 매끄러움, crumb의 기공균일도, 팽창 정도, 향미는 이취, 텍스처는 경도, 부착성, 씹힘성, 촉촉함, 부드러

Table 4. Textural properties of rice cupcakes prepared from Korean rice flours with different varieties

Rice flours	Hardness (g)	Adhesiveness (g*sec)	Springiness	Cohesiveness	Chewiness	Resilience
Haiami	502.39±38.71 ^{b1)}	- ²⁾	0.87±0.02 ^a	0.60±0.02 ^b	245.07±12.44 ^b	0.26±0.01 ^c
Seolgaeng	337.36±38.44 ^d	-1.92±0.78	0.65±0.02 ^c	0.68±0.02 ^a	173.71±17.92 ^d	0.20±0.01 ^d
Goami	562.38±32.13 ^a	-	0.91±0.06 ^a	0.61±0.03 ^b	275.96±31.45 ^a	0.29±0.01 ^a
Hanareum	444.77±56.48 ^c	-	0.79±0.02 ^b	0.67±0.02 ^a	203.33±20.91 ^{cd}	0.27±0.01 ^b
Deuraechan	467.98±21.55 ^{bc}	-	0.81±0.01 ^b	0.65±0.01 ^a	212.80±26.88 ^c	0.27±0.01 ^{bc}
Hanmaeum	470.85±25.55 ^{bc}	-	0.82±0.03 ^b	0.65±0.01 ^a	209.44±25.01 ^c	0.27±0.01 ^{bc}

Data represents mean±SD.

¹⁾Values in the same column with different letters are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

²⁾Adhesiveness is not detected.

Table 5. Difference and preference test data of rice cupcakes prepared from Korean rice flours with different varieties

Attributes	Varieties of rice flours						
	Haiami	Seolgaeng	Goami	Hanarum	Drechan	Hanmaum	
Difference test							
Appearance	Surface color	7.4±0.5 ^{a1)}	6.5±0.5 ^b	5.3±0.8 ^c	4.5±0.6 ^d	6.3±0.5 ^b	6.6±0.6 ^b
	Surface smoothness	5.0±0.8 ^b	2.6±0.8 ^c	5.3±0.6 ^b	6.4±0.8 ^a	5.0±0.8 ^b	5.2±0.7 ^b
	Air cell uniformity	4.2±0.7 ^d	2.6±0.8 ^c	4.5±0.8 ^d	7.6±1.0 ^a	5.8±0.7 ^b	5.2±0.8 ^c
Flavor	Leavening	4.1±0.7 ^d	4.2±0.7 ^d	3.1±0.8 ^c	7.9±1.2 ^a	6.0±0.9 ^b	5.4±0.8 ^c
	Off-flavor	4.2±1.0 ^a	3.4±1.2 ^{bc}	2.9±0.9 ^c	2.9±0.9 ^c	3.4±1.0 ^c	4.0±0.8 ^{ab}
Texture	Hardness	6.4±1.0 ^a	3.1±0.7 ^c	6.5±0.9 ^a	4.0±0.9 ^d	4.9±0.7 ^c	5.5±1.1 ^b
	Adhesiveness	3.0±0.9 ^b	5.2±0.9 ^a	2.1±0.9 ^c	3.0±0.8 ^b	3.1±0.9 ^b	2.8±0.8 ^b
	Chewiness	5.3±1.6 ^a	4.2±1.8 ^{bc}	3.7±1.6 ^c	5.3±1.9 ^a	5.4±1.3 ^a	4.9±1.7 ^a
	Moistness	3.5±0.5 ^d	5.8±0.8 ^a	2.6±0.7 ^c	5.0±0.7 ^b	5.2±0.8 ^b	4.1±0.8 ^c
	Softness	3.6±0.6 ^c	5.3±0.7 ^a	2.4±0.8 ^d	5.7±0.9 ^a	5.3±0.8 ^a	4.4±1.0 ^b
Preference test							
Appearance	4.0±0.7 ^d	2.8±0.8 ^c	3.2±0.7 ^c	7.1±0.9 ^a	5.5±0.7 ^b	4.9±1.0 ^c	
Flavor	4.1±0.6 ^c	4.1±0.8 ^c	3.3±0.8 ^d	6.9±0.7 ^a	5.4±0.9 ^b	5.4±0.9 ^b	
Taste	4.1±0.6 ^c	5.3±1.2 ^b	3.4±0.7 ^d	6.2±1.2 ^a	5.5±0.9 ^b	5.8±0.8 ^{ab}	
Texture	4.1±0.8 ^c	6.3±1.0 ^a	3.8±0.9 ^c	6.0±0.8 ^{ab}	5.7±0.9 ^b	5.9±0.9 ^{ab}	
Overall quality	4.3±0.6 ^c	4.5±1.0 ^c	3.7±0.7 ^d	6.6±0.8 ^a	5.7±0.7 ^b	5.5±0.9 ^b	

Data represents mean±SD.

¹⁾Values in the same row with different letters are significantly different at $p<0.05$ by Duncan's multiple range test.

움을 평가하였다. 선호도 조사는 외관, 향미, 맛, 텍스처, 전반적인 품질을 조사하였다. 차이조사의 모든 항목에서 품종간의 유의적 차이를 보였다. 표면색깔은 갈색이 잘 나타난 하이아미가 가장 높은 점수를 받았고 표면의 매끄러움과 기공의 균일도는 설갱이 가장 낮은 점수를 받아 매끄럽지 못하며 기공의 균일성이 낮음을 알 수 있었다. Fig. 1에서 보듯이 설갱 컵케이크의 윗면이 움푹 들어갔고 기공이 거친 형태로 균일성이 떨어짐이 확인되었다. 반면에 한아름은 표면의 매끄러움과 기공의 균일도 팽창정도가 가장 높은 점수였다. 이는 호화액의 final와 setback 점성이 가장 높은 한아름 컵케이크가 컵케이크 틀에 배터 반죽을 넣어 구울 때 부피가 증가하고 구조를 이루게 하여 모양이나 기공이 균일하게 만들어진 것으로 생각된다. 이취는 모두 낮은 점수였으며 경도는 고아미와 하이아미, 부착성은 설갱, 촉촉함은 설갱이 가장 높은 점수를 얻었다. 부드러움은 고아미가 가장 낮고 하이아미가 그 다음으로 경도와는 반대 경향의 점수를 나타냈다. 선호도 조사 결과 외관, 향미, 맛, 텍스처, 전반적인 품질에서 모두 품종간에 유의차이를 보였다. 외관의 경우 설갱과 고아미가 가장 나빴고 다음은 하이아미, 한마음, 드래찬, 한아름 순으로 더 선호하였다. 향미, 맛은 한아름 컵케이크를 가장 선호하였으며 고

아미 컵케이크를 가장 싫어하였다. 텍스처에서는 부드러운 설갱을 가장 선호하였고 한아름, 한마음, 드래찬이 유사하였으며 고아미와 하이아미 컵케이크의 선호도가 매우 낮았다. 전반적인 품질은 한아름이 가장 높은 점수를 보였다. 차이조사에서 외관과 텍스처에서 부피가 크고, 표면이 매끄러우며 내부의 기공이 균일하며 부드럽고 부착성이 낮은 한아름 컵케이크를 가장 선호하였다. 특히 아밀로스 함량이 높은 고아미로 만든 컵케이크는 가장 선호도가 낮은 점수를 받았으며 기능성 쌀로 개발된 하이아미나 설갱 컵케이크는 9점 만점에서 4.3과 4.5를 받아 컵케이크 제조에는 바람직한 품질이 아님을 알 수 있었다. 이와는 달리 통일계 다수확인 한아름이 가장 선호도가 좋았고 일반계 다수확 품종인 드래찬과 한마음도 전반적인 품질이 좋은 평가를 받아 가공용으로 개발된 다수확 쌀로는 밀가루를 대체하여 쌀가루 컵케이크 제조가 가능함을 확인하였다.

요 약

국내에서 기능성 쌀로 개발된 설갱, 고아미, 하이아미 쌀과 다수확품종인 통일계 한아름, 일반계 드래찬과 한마음의 베이킹 가

공적성을 알아보기 위하여 낱알로 수침, 건조한 후 제분하는 방법으로 쌀가루를 제조하여 쌀가루의 이화학적 특성과 컵케이크를 제조하여 품질 특성을 비교하였다. 하이아미는 단백질 함량 가장 높고 드래찬과 한마음은 지방과 회분함량이 높았다. 아밀로스 함량은 고아미 쌀가루가 33.84%로 가장 높고 설갱 쌀가루는 물 결합 능력은 가장 낮았으나 팽윤력과 용해도는 가장 높았다. 쌀가루 호화액의 점성은 모든 값에서 고아미 쌀가루가 가장 낮은 점성을 보였으며 setback 점성은 설갱과 고아미가 낮았다. 쌀컵케이크의 비체적은 고아미와 하이아미가 낮았으며 설갱 컵케이크는 윗면이 들어가고 내부 기공의 균일성이 나빴고 고아미와 하이아미는 내부가 밀집되어 있었다. 컵케이크의 텍스처 특성은 설갱은 경도가 가장 낮고 부착성이 나타났으며 회복력이 가장 낮은 반면 고아미와 하이아미는 경도, 탄성 씹힘성이 높았다. 차이 조사와 선호도 조사 결과 한아름은 기공의 균일도, 부피팽창이 잘되고 전반적인 선호도가 가장 좋았으며 그 다음이 드래찬과 한마음컵케이크 이었다. 위의 결과로부터 쌀가루의 단백질 함량, 아밀로스 함량, 쌀가루 호화액의 cold 및 setback 점성이 쌀가루의 베이킹 가공성에 영향을 줄을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 미래창조과학부의 연구개발특구육성사업(APPL-201502-00443)의 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- Kostat. Korean statistical information service. Annual grain consumption per capita. Available from: <http://kosis.kr/Kostat>. Accessed Aug. 1, 2016.
- Rural Development Administration, National Institute of Crop Science. Available from: <http://www.nics.go.kr/cropApi/oneStopCrop.do?m=100000117&mainCategoryCode=FC&middleCategoryCode=FC01&subCategoryCode=FC010101&mainTechCode=GG&subTechCode=GG01&pageIndex=1&keyword>. Accessed Apr. 23, 2016.
- Shin M, Gang DO, Song J. Effects of protein and transglutaminase on the preparation of gluten-free rice bread. *Food Sci. Biotechnol.* 19: 951-956 (2010)
- Park SJ, Ha KY, Shin M. Properties and qualities of rice flours and gluten-free cupcakes made with higher yield rice varieties in Korea. *Food Sci. Biotechnol.* 21: 365-372 (2012)
- Kim JM, Shin M. Effects of particle size distributions of rice flour on the quality of gluten-free rice cupcakes. *LWT-Food Sci. Technol.* 59: 526-532 (2014)
- Sollid LM. Coeliac disease: Dissecting complex inflammatory disorder. *Nat. Rev. Immunol.* 2: 647-655 (2002)
- Nelsen DA. Gluten-sensitive enteropathy (celiac disease): More common than you think. *Am. Fam. Physician* 66: 2259-2266 (2002)
- McCarthy DF, Gallagher E, Gormley TR, Schober TJ, Arendt EK. Application of response surface methodology in the development of gluten-free bread. *Cereal Chem.* 82: 609-615 (2005)
- Hischenhuber C, Crevel R, Jarry B, Mki M, Moneret-Vautrin DA, Romano A, Troncone R, Ward R. Review article: Safe amounts of gluten for patients with allergy and coeliac disease. *Aliment. Pharm. Therap.* 23: 559-575 (2006)
- Capriles VD, Areas JAG. Novel approaches in gluten-free bread-making: Interface between food science, nutrition, and health. *Compr. Rev. Food Sci. Food Safety* 13: 871-890 (2014)
- Webb BD, Pomeranz Y, Afework S, Lai FS, Bollich CN. Rice grain hardness and its relationship to some milling, cooking, and processing characteristics. *Cereal Chem.* 63: 27-30 (1986)
- Chiang PY, Yeh AI. Effect of soaking on wet-milling of rice. *J. Cereal Sci.* 35: 85-94 (2002)
- Kumar CS, Malleshi NG, Bhattachaya S. A comparison of selected quality attributes of flours: Effects of dry and wet grinding methods. *Int. J. Food Properties* 11: 845-857 (2008)
- Sharma P, Cakkaravarthi A, Singh V, Subramanian R. Grinding characteristics and batter quality of rice in different wet grinding systems. *J. Food Eng.* 88: 498-506 (2008)
- Gujral HS, Rosell CM. Functionality of rice flour modified with a microbial transglutaminase. *J. Cereal Sci.* 39: 225-230 (2004)
- Phimolsiripol Y, Mukprasirt A, Schoenlechner R. Quality improvement of rice-based gluten-free bread using different dietary fibre fractions of rice bran. *J. Cereal Sci.* 56:389-395 (2012)
- Kawamura-Konishi Y, Shoda K, Koga H, Honda Y. Improvement in gluten-free rice bread quality by protease treatment. *J. Cereal Sci.* 58: 45-50 (2013)
- Jeong S, Kang WS, Shin M. Improvement of the quality of gluten-free rice pound cake using extruded rice flour. *Starch-Starke* 22: 173-180 (2013)
- AACCI. Approved Methods of the AACC. 11th ed. Methods 44-15.02, Method 46-13.01, Method 08-01.01, Method 30-10.01. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA (2013)
- 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, Wolfrom ML (eds). Academic Press, New York, NY, USA (1964)
- Kwhak SH, Jang MS. Optimization for the physical properties of steamed foam cakes prepared with single stage method by response surface methodology. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34: 557-566 (2005)
- Choi SY, Shin M. Properties of rice flours prepared from domestic high amylose rices. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41: 16-20 (2009)
- Bhattacharya K, Sowbhagya C, Swamy YI. Quality profiles of rice: A tentative scheme for classification. *J. Food Sci.* 47:564-569 (1982)
- Miles MJ, Morris VJ, Ring SG. Gelation of amylose. *Carbohydr. Res.* 135: 257-269 (1985)
- Mun SH, Baik MY, Shin MS. Effect of amylose content on the physical properties of resistant starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 516-521 (1997)
- Hong HC, Moon HP, Choi HC, Hwang HG, Kim YG, Kim HY, Yea JD, Shin YS, Kang KH, Choi YH, Cho YC, Baek MK, Yang CI, Choi IS, Ahn SN, Yang SJ. A lodging tolerant, opaque rice cultivar "Seolgaeng". *Korean J. Breed Sci.* 43: 532-537 (2011)
- Bradbury AGW, Bello AB. Determination of molecular size distribution of starch and debranched starch by a single procedure using high-performance size-extrusion chromatography. *Cereal Chem.* 70: 543-547 (1993)
- Park IM, Ibanez AM, Shoemaker CF. Rice starch molecular size and its relationship with amylose content. *Starch-Starke* 59: 69-77 (2007)