



Quality characteristics of bread prepared with pregelatinized rice flours of various cultivars

Ok Ja Choi, Hee Nam Jung*

Department of Food and Cooking Science, Suncheon National University, Suncheon 57922, Korea

쌀 품종별 알파미분을 첨가한 식빵의 품질 특성

최옥자 · 정희남*

순천대학교 생명산업과학대학 조리과학과

Abstract

This study investigated and compared the effect of pregelatinized rice flours on bread quality. Rice cultivars ('Hiami', 'Hopyeng', and 'Hyunpum') were pregelatinized at 121°C for 15 min in an autoclave. In the pregelatinized rice flour group, the volume and specific volume of bread increased, along with the dough moisture, which was significantly higher for the 'Hiami' and 'Hyunpum' flours than for the 'Hopyeng' flour. In the pregelatinized rice flour group, the b value of bread crumb and crust decreased as the dough moisture content. With respect to texture properties, the bread in the pregelatinized rice flour group showed decreased hardness and chewiness and increased springiness and cohesiveness compared to raw rice flour, and the improvement in texture properties was higher for 'Hiami' and 'Hyunpum' flours than for the 'Hopyeng' flour. With respect to hardness change during storage, the retrogradation was delayed in the pregelatinized rice flour group with increased dough moisture content, and time constant ($1/k$) was higher for the 'Hiami' and 'Hyunpum' flours than for the 'Hopyeng' flour. The results of this study indicate that pregelatinized rice flour, especially that of 'Hiami' and 'Hyunpum', improves bread quality and can be applied in the bakery industry.

Key words : quality characteristic, bread, pregelatinized rice flour, texture

서 론

쌀(*Oryza sativa* L.)은 주요 식량작물 중 하나로, 세계 인구의 절반이 주식으로 소비하고 있다(Fageria와 Baligar, 2003). 우리나라에서도 쌀은 주로 주식인 밥의 형태로 소비되고 있으나, 최근에는 밥쌀로의 쌀소비가 꾸준히 감소하는 추세로 정부에서는 취반용 쌀의 고품질화와 더불어 가공용 쌀품종을 개발하고 있어 품종이 더욱 다양화되고 있다(Han, 2011). 쌀은 주류, 면류, 과자류, 장류, 떡류, 냉동밥, 즉석밥 등의 가공식품 원료로 다양하게 활용되고 있지만, 국내 생산량에 비해

가공용 쌀의 소비는 6% 정도로 많지 않은 실정이다(Rhee 등, 2013).

식생활의 변화로 인해 주식인 밥 대신 밀가루가 주재료인 빵으로 식사를 대체하는 소비형태가 증가하고 있다. 밀가루에 함유된 프롤라민류의 단백질은 글루텐을 형성하여 반죽 내에서 망상구조를 이루고, 부피를 형성하여 빵의 질감을 완성한다(Capriles와 Areas, 2014). 쌀은 반죽에 점탄성을 부여하는 글루텐이 없어 빵으로 제조했을 때 부피가 작고, 저장 중 노화가 빠른 단점이 있다. 쌀식빵의 가공적성을 향상시키기 위해 분쇄방법(Oh 등, 2018), 입도분포(Park 등, 2006) 및

*Corresponding author. E-mail : hnjung@scnu.ac.kr, Phone : +82-61-750-3690, Fax : +82-61-750-3690

Received 11 November 2020; Revised 16 December 2020; Accepted 21 December 2020.

Copyright © The Korean Society of Food Preservation.

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

첨가제(Kim 등, 2005)가 쌀식빵의 품질에 미치는 영향에 대한 연구들이 보고되었으나, 가공식품의 원료로 쌀의 소비를 증가시키기 위해서는 중간소재인 쌀가루의 가공적성을 향상시킬 필요성이 있다.

쌀가루의 가공적성을 향상시키기 위한 방법으로 효소처리(Kim 등, 2011), 초산(Shon 등, 2006), 가교화(Choi 등, 2006) 등의 화학적 처리방법, annealing(Lee 등, 2004), 수분-열처리(Lee와 Shin, 2006), 드럼건조(Kum 등, 1994), 압출성형(Jeong 등, 2011)과 같은 알파화를 통한 물리적 변성방법에 관한 연구가 다수 보고되었다. Kim 등(2005)은 가온 수침처리가 쌀가루 특성에 미치는 영향에 대한 연구에서 수침온도가 높을수록 수분흡수지수, 수분용해지수 및 겔강도는 증가하였다고 하였고, Jeong 등(2011)은 쌀은 단백질 함량이 낮고 주로 물을 적게 흡수하는 불용성의 글루테린으로 구성되어 있어 반죽에서 물결합력을 증가시킬 수 있는 물질로 호화 전분이 대안이 될 수 있다고 하였다.

알파미분은 수분의 존재하에 가열에 의해 쌀을 호화한 후 건조제분한 것으로 쌀가루로 제분하여 가공하는 드럼건조와 압출성형 방법이 주로 이용되고 있다. 호화에 의해 알파화된 쌀가루는 유아식, 케이크, 스프류 등 가공식품의 증점제로 이용될 수 있다(Yu와 Low, 1992). 제빵에서 전분 호화의 주요 목적은 전분 호화 및 분해, 단백질 변성 및 결정구조의 부분적 또는 완전 붕괴를 생성하여 수분흡수, 비용적, 수분보유력 및 반죽의 점도를 증가시켜 가공적성을 향상하는 데 있다(Martinez 등, 2013). 쌀의 주성분인 전분은 수분함량, 압력, 온도 등 호화조건에 의해 다양하게 변성될 수 있고, 동일한 호화 조건에서도 쌀 품종에 따라 변성의 양상은 다르게 나타나며, 변성된 전분의 특성은 제품의 특성에 중요한 영향을 미

칠 수 있다.

본 연구에서는 취반용 쌀 품종인 하이아미, 호평, 현품 품종을 가공식품에 다양하게 활용하기 위하여 알파미분으로 제조한 후, 이를 이용하여 식빵을 제조하였다. 제조된 식빵의 부피, 비용적, 색도, 물성 및 노화도를 분석하여 쌀 품종별 알파미분의 제빵적성을 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에서 시료로 사용한 하이아미, 호평 및 현품 품종은 전남농업기술원(Naju, Korea)에서 2018에 수확한 것을 제공받아 백미로 도정(FC2K, Yamamoto Co., Yamagata, Japan)하여 사용하였다.

알파미분 제조

알파미분의 제조는 백미로 도정된 쌀을 3회 수세하여 12시간 동안 수침한 후 1시간 동안 체에 받쳐 물기를 제거하였다. 물기가 제거된 쌀을 autoclave(HB-506, Hanbaek Scientific Co., Bucheon, Korea)를 이용하여 121℃에서 15분간 증자한 후, 실온에서 24시간 동안 건조하여 알파미를 제조하였다. 쌀 품종별 백미와 알파미는 기류식 초미분쇄기(DM-150S, Furukawa Co., Tokyo, Japan)로 분쇄하여 시료로 사용하였다.

식빵의 제조

식빵 제조를 위한 배합은 Table 1과 같다. 쌀가루의 첨가량은 예비실험을 거쳐 발효와 굽기를 통해 식빵의 특성을 갖는 쌀가루의 최대함량인 밀가루 중량의 30%로 하였다. 예비

Table 1. Formula of bread added with pregelatinized rice flours

Treatments	Moisture contents of dough (%)	Rice cultivars	Ingredient (g)							
			Wheat flour	Rice flour	Water	Sugar	Salt	Nonfat dry milk powder	Yeast	Butter
Raw	42	'Hiami'	70	30	64.2	6	2	3	3	4
		'Hopyeng'	70	30	64.5	6	2	3	3	4
		'Hyunpum'	70	30	64.5	6	2	3	3	4
Pregelatinized	42	'Hiami'	70	30	65.3	6	2	3	3	4
		'Hopyeng'	70	30	65.6	6	2	3	3	4
		'Hyunpum'	70	30	65.7	6	2	3	3	4
	44	'Hiami'	70	30	74.0	6	2	3	3	4
		'Hopyeng'	70	30	74.8	6	2	3	3	4
		'Hyunpum'	70	30	75.6	6	2	3	3	4

실험에서 기본배합의 반죽 수분함량인 42%로 배합하였을 때 알파미분을 첨가한 식빵반죽은 대조구인 백미가루를 첨가한 식빵 반죽에 비해 단단한 반죽을 형성하였다. 이러한 예비실험의 결과를 바탕으로 알파미분을 첨가한 식빵은 수분흡수율이 높은 알파미분의 특성을 고려하여 반죽의 수분함량을 42%와 44%로 각각 제조하였다. 즉, 하이아미, 호평 및 현품 품종을 이용하여 반죽 수분함량 42%인 백미가루 첨가군, 반죽 수분함량이 42%인 알파미분 첨가군 및 반죽 수분함량이 44%인 알파미분 첨가군을 각각 제조하였다. 물 첨가량은 수분함량 42%인 백미가루 첨가군에서는 분쇄 후 백미가루의 수분함량이 7.64-8.36%임을 고려하여 반죽 수분함량이 42%가 되도록 물첨가량을 64.2-64.5 g으로 하였고, 반죽 수분함량이 42%인 알파미분 첨가군과 반죽 수분함량이 44%인 알파미분 첨가군에서는 알파미분 쌀가루의 수분함량이 5.58-6.31%인 것을 고려하여 반죽 수분함량이 각각 42% 및 44%가 되도록 물 첨가량을 각각 65.3-65.7 g 및 74.0-75.6 g으로 결정하였다. 반죽의 수분함량은 상압가열건조법(AOAC, 1984)으로 확인하였다. 식빵의 제조공정은 직접반죽법(AACC, 2000)에 따라 버터를 제외한 모든 재료를 반죽기(SKPM5E, Whirlpool Inc., Benton Harbor, MI, USA)에서 저속으로 2분간 혼합한 다음, 버터를 첨가하여 중속으로 5분 혼합 후 고속으로 5분 혼합하여 최종 반죽온도는 27℃로 하였다. 완성된 반죽은 온도 27℃, 습도 75%에서 60분간 1차 발효하였고, 180 g씩 분할하여 둥글리기 한 후 실온에서 10분간 중간발효하였다. 식빵팬(21.5×9.5×9 cm)에 중간발효가 끝난 반죽을 성형하여 3개씩 넣고 온도 35℃, 습도 85%의 조건에서 40분간 2차 발효한 후, 윗불 180℃, 아랫불 190℃로 예열된 전기 오븐(CPC-102, Dae Yung machinery Co., Seoul, Korea)에서 30분간 구운 후 실온에서 1시간 방냉하였다. 방냉한 식빵은 polyethylene 필름으로 포장하여 20℃에서 3일 동안 저장하면서 식빵의 품질특성을 분석하였다.

무게, 부피 및 비용적 측정

식빵의 비용적은 식빵의 무게와 부피에 의해 계산되었고, 부피는 AACC method 10-05(2000)에 따라 측정하였다. 즉, 30×15×15 cm의 용기에 조를 채운 후 메스실린더를 이용하여 채워진 조의 부피를 측정하고, 상기 용기에 식빵을 넣고 다시 조를 채운 후 빵을 꺼내 용기에 채워진 조의 부피를 측정하여 그 차이를 식빵의 부피로 하였다. 비용적은 중량에 대한 부피의 비(mL/g)로 표시하였다.

색도 측정

식빵의 crust와 crumb 부분 색도 측정은 표준백색판(L: 92.42, a: 0.55, b: 3.18)으로 보정된 색차계(JC 801S, Color

Techno System Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter's values L(lightness), a(redness), b(yellowness) 값을 측정하였다.

물성 측정

식빵의 물성은 texture analyzer(TA-XT2i, Stable Micro System Co., Surrey, UK)를 이용하여 texture profile analysis (TPA)로 분석하였다. 시료는 AACC method 74-09(2000)의 방법에 따라 두께 12.5 mm로 슬라이스 한 식빵 2장을 포개어 측정하였다. 측정 조건은 test speed: 1.0 mm/s, strain: 50%, probe: 45 mm cylinder로 하였고, 측정 후 얻어진 force-distance curve로부터 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness) 및 씹힘성(chewiness)을 구하였다.

Avrami 방정식을 이용한 식빵의 노화도 분석

식빵의 노화도 분석은 Zhang 등(2017)의 방법을 이용하여 분석하였고, 제조된 식빵은 20℃에서 3일간 저장하면서 측정된 경도값을 이용하여 식빵의 저장 중 경도 변화를 Avrami 방정식에 적용하여 노화 특성을 분석하였다.

경도의 변화로

$$\theta = e^{-kt^n} \quad (1)$$

θ = 일정시간 후 결정화되지 않는 부분

k = 속도상수(rate constant)

n = 결정화 mode에 따라 1-4의 값을 갖는 Avrami 지수

t = 저장시간

$$\frac{E_L - E_t}{E_L - E_0} = e^{-kt^n} \quad (2)$$

E_0 = 초기(0시간)의 경도

E_t = t 시간 경과 후의 경도

E_L = 이론적으로 도달할 수 있는 최고의 경도

식빵의 이론적 최고 경도(limiting modulus)는 5℃에서 4일간 저장 후 경도값으로 하였다.

식 (2)에서 자연로그와 상용로그를 취하면 다음과 같다.

$$\ln(E_L - E_t) / (E_L - E_0) = -kt^n \quad (3)$$

$$\log[-\ln(E_L - E_t) / (E_L - E_0)] = \log k + n \log t \quad (4)$$

Avrami 지수(n)는 log로 표시된 식 (4)에서 $\log[-\ln(E_L - E_t) / (E_L - E_0)]$ (y 축)을 $\log t$ (x 축)에 대하여 좌표를 나타낸

그래프의 기울기로 구하였다.

식 (2)에서 자연로그를 취하면 다음과 같다.

$$\ln(E_L - E_t) = -kt^n + \ln(E_L - E_0) \quad (5)$$

속도상수(k)는 방정식 (5)로부터 $\ln(E_L - E_t)$ 와 시간 t 를 축으로 한 그래프의 기울기로 구하였으며, 시간상수($1/k$)는 속도상수(k)의 역수를 사용하였다.

통계처리

본 연구의 결과는 SPSS 20.0(IBM, Armonk, NY, USA)를 이용하여 분석하였으며, 평균, 표준편차, 일원배치분산분석 및 Duncan의 다중범위 검정을 실시하여 $p < 0.05$ 수준에서 시료간의 유의적인 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

무게, 부피 및 비용적

쌀 품종별 알파미분을 첨가한 식빵의 무게, 부피 및 비용적을 측정된 결과는 Table 2와 같다. 식빵의 무게는 반죽수분 42% 백미가루 첨가군에서는 489.27-491.90 g, 반죽수분 42% 알파미분 첨가군에서는 491.80-496.84 g, 반죽수분 44% 알파미분 첨가군에서는 482.20-486.91 g으로 알파미분 첨가군에서 반죽수분함량이 높을수록 낮은 경향을 보였고, 호평 및 현품에서 가장 낮았다. 식빵의 부피는 반죽수분 42% 백미가루 첨가군에서는 1,095.40-1,128.00 mL, 반죽수분 42% 알파미분 첨가군에서는 1,064.60-1,196.20 mL, 반죽수분 44% 알파미분 첨가군에서는 1,259.00-1,356.20 g으로 알

파미분 첨가군에서 반죽수분함량이 높을수록 유의적으로 높았고, 하이아미 및 현품에서 가장 높았다. 비용적은 반죽수분 44% 알파미분 첨가군에서 2.61-2.80 mL/g으로 백미가루 및 반죽수분 42% 알파미분 첨가군의 2.14-2.40 mL/g에 비해 유의적으로 높았다. 쌀 품종에 따른 비용적은 백미가루 첨가군에서 하이아미와 호평에서 높았으나, 알파미분 첨가군에서는 호평에 비해 하이아미 및 현품에서 유의적으로 높은 경향을 보였다. 부피와 비용적은 식빵의 색도 및 질감에 영향을 주어 식빵의 품질을 결정하는 중요한 요인으로 작용한다. 본 연구의 식빵 부피 및 비용적의 결과에서는 알파미분 첨가군에서 반죽수분함량이 높을수록 부피와 비용적이 유의적으로 높았고, 이는 알파미분을 첨가한 식빵 제조 시 식빵 기본배합의 반죽 수분함량보다 더 높은 수분함량일 때 부피와 비용적 특성이 향상됨을 알 수 있었다. 수분과 열에 의해 알파화 된 쌀 가루는 생쌀가루에 비해 수분흡수력이 증가되기 때문에 반죽 시 더 많은 수분량이 요구되고 물에 의해 수화되면서 빵반죽의 점도를 부여하고 발효과정 중 반죽 내부에서의 기포 형성과 팽창에 의한 압력을 견딜 수 있는 반죽 강도를 제공하여 빵의 부피가 개선된 것으로 생각된다. Lee와 Shin(2006)은 호화전분은 생전분과는 달리 무정형 부분이 증가하여 물결합력이 증가하였다고 하였고, Kum 등(1994)도 호화쌀가루의 수분흡수지수가 호화되지 않은 쌀전분에 비해 높았다고 하였다. Ma 등(2019)은 수분흡수력이 높은 호화전분에 의해 반죽 내부의 결합을 더 단단하게 하여 분자의 이동이 상대적으로 제한되고, 글루텐의 수화감소로 인해 반죽의 점탄성이 완전하게 형성되지 못하면 반죽의 경도는 증가한다고 하여 호화전분을 첨가 시 반죽의 수분요구량이 증가됨을 보고하였다. Martinez 등(2013)은 압출쌀가루의 첨가가 쌀식빵에 미치는

Table 2. Weight, volume and specific volume of bread added with pregelatinized rice flours

Treatments	Moisture contents of dough (%)	Rice cultivars	Weight (g)	Volume (mL)	Specific volume (mL/g)
Raw	42	‘Hiami’	491.90±1.31 ^{1)bc2)}	1,123.80±9.65 ^d	2.28±0.02 ^e
		‘Hopyeng’	489.27±0.96 ^{cd}	1,128.00±12.12 ^d	2.31±0.02 ^e
		‘Hyunpum’	491.49±0.56 ^{bc}	1,095.40±8.20 ^e	2.23±0.02 ^f
Pregelatinized	42	‘Hiami’	496.84±2.70 ^a	1,196.20±10.38 ^c	2.41±0.03 ^d
		‘Hopyeng’	496.46±3.12 ^a	1,064.60±9.10 ^f	2.14±0.01 ^g
		‘Hyunpum’	491.80±2.32 ^b	1,179.40±9.81 ^c	2.40±0.02 ^d
	44	‘Hiami’	486.91±1.20 ^d	1,344.00±17.45 ^a	2.76±0.04 ^b
		‘Hopyeng’	482.20±1.02 ^e	1,259.00±10.30 ^b	2.61±0.02 ^c
		‘Hyunpum’	483.87±1.79 ^e	1,356.20±24.40 ^a	2.80±0.06 ^a

¹⁾All values are mean±SD (n=5).

^{2)a-g}Mean with different superscript within a same column are significantly different by Duncan’s multiple test ($p < 0.05$).

연구에서 압출과정 중 호화된 쌀가루는 반죽의 수분흡수력을 증가시키고, 물과 하이드로콜로이드에 의해 형성된 네트워크와 혼합되어 반죽의 내부구조와 점탄성에 영향을 미친다고 하였다. Bourekoua 등(2016)도 열수 처리된 쌀가루의 수화는 빵의 부피에 긍정적인 효과를 보였다고 하여, 알파미분은 반죽 시 더 많은 수분량이 요구되고, 수분조건이 충족되었을 때 반죽특성 및 빵의 부피가 개선됨을 알 수 있었으며, 반죽 수분함량이 동일할 때 쌀 품종에 따라 부피 및 비용적에 차이를 보여 품종별로 알파미분의 특성에 따른 반죽 수분함량의 조절이 필요할 것으로 판단된다.

색도

쌀 품종별 알파미분을 첨가한 식빵의 색도 측정 결과는 Table 3과 같다. 색도 측정 결과, 반죽수분 42% 백미가루 첨가군, 반죽수분 42% 알파미분 첨가군 및 반죽수분 44% 알파미분 첨가군에서 crumb의 L값은 각각 78.66-79.38, 79.20-81.31, 78.70-80.25로 반죽수분 42% 알파미분 첨가군에서 높은 경향을 보였다. a값은 각각 -2.70-0.03, -2.59-2.87, 0.11-0.24로 반죽수분 44% 알파미분 첨가군에서 유의적으로 높았다. b값은 각각 13.85-16.14, 14.49-17.35, 13.11-13.75로 반죽수분 44% 알파미분 첨가군에서 유의적으로 낮았다. Crumb의 색도는 알파미분 첨가군에서 반죽수분함량이 높을수록 a값은 증가하고, b값이 감소하였다. Crust의 L값은 각각 59.33-63.71, 56.63-63.78, 51.32-56.71로 반죽수분 44% 알파미분 첨가군에서 유의적으로 낮았다. a값은 각각 8.11-10.12, 8.13-11.78, 8.24-12.93으로 알파미분 첨가에 따른 뚜렷한 차

이는 보이지 않았다. b값은 각각 9.23-16.55, 9.20-16.59, 0.24-9.24로 반죽수분 44% 알파미분 첨가군에서 유의적으로 낮았고, 하리아미에서 낮은 경향을 보였다. Crust의 색도 측정 결과, L값과 b값은 반죽수분 44% 알파미분 첨가군에서 유의적으로 낮았으며, 하리아미가 가장 낮게 나타났다. 호화쌀가루는 대체적으로 백색도가 감소하고 적색도는 증가하는 것으로 보고되고 있으나(Lee와 Lim, 2013), 본 연구에서 알파미분 첨가로 인한 L값의 변화는 뚜렷하게 나타나지 않았고, crumb과 crust의 b값은 알파미분 첨가군에서 반죽수분함량이 높을수록 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 알파미분 첨가군의 수분함량이 높을수록 부피가 증가한 Table 2의 결과와 연관된 결과로 식빵의 색도는 쌀가루의 색도 특성보다는 식빵 부피에 영향을 받는 것으로 생각된다. 건식 및 반습식 쌀가루 식빵에 비해 높은 부피를 나타낸 습식제분 쌀가루 식빵에서 crumb의 b값을 낮게 보고한 Lee와 Lee(2006)의 연구와도 일치하는 결과를 보였다.

물성

쌀 품종별 알파미분을 첨가한 식빵의 경도 측정 결과는 Fig. 1과 같다. 제조 직후, 식빵의 경도는 반죽수분 42% 백미가루 첨가군, 반죽수분 42% 알파미분 첨가군 및 반죽수분 44% 알파미분 첨가군에서 각각 550.61-719.39 g, 585.30-712.47 g, 412.38-519.63 g으로 식빵의 경도는 알파미분 첨가군에서 반죽 수분함량이 높을수록 유의적으로 낮은 값을 보였다. 하리아미와 현품은 반죽수분 44% 알파미분 첨가군에서 식빵의 경도가 현저하게 감소하였다. 저장 중 식빵의 경

Table 3. Hunter's color values of bread added with pregelatinized rice flours

Treatments	Moisture contents of dough (%)	Rice cultivars	Crumb			Crust		
			L	a	b	L	a	b
Raw	42	'Hiami'	78.66±0.39 ^{1)e2)}	0.03±0.02 ^c	13.85±0.19 ^e	62.14±0.31 ^c	8.66±0.06 ^d	14.15±0.06 ^b
		'Hopyeng'	78.75±0.20 ^e	-2.70±0.05 ^f	16.14±0.41 ^b	63.71±0.24 ^a	8.11±0.20 ^c	16.55±0.09 ^a
		'Hyunpum'	79.38±0.19 ^d	-2.59±0.05 ^e	15.42±0.63 ^c	59.33±0.24 ^d	10.12±0.08 ^c	9.23±0.17 ^c
Pregelatinized	42	'Hiami'	79.20±0.17 ^d	-2.59±0.05 ^e	15.05±0.45 ^c	62.60±0.19 ^b	8.53±0.29 ^d	14.24±0.04 ^b
		'Hopyeng'	80.71±0.18 ^c	-2.87±0.07 ^g	17.35±0.64 ^a	63.78±0.18 ^a	8.13±0.21 ^c	16.59±0.16 ^a
		'Hyunpum'	81.31±0.20 ^a	-0.40±0.08 ^d	14.49±0.48 ^d	56.63±0.22 ^e	11.78±0.25 ^b	9.20±0.10 ^c
	44	'Hiami'	79.33±0.40 ^d	0.14±0.10 ^b	13.11±0.64 ^f	51.32±0.27 ^g	8.24±0.16 ^c	0.24±0.07 ^e
		'Hopyeng'	80.25±0.21 ^c	0.11±0.09 ^b	13.46±0.82 ^{ef}	56.71±0.17 ^e	11.73±0.32 ^b	9.24±0.12 ^c
		'Hyunpum'	78.70±0.18 ^c	0.24±0.11 ^a	13.75±0.98 ^e	55.30±0.26 ^f	12.93±0.27 ^a	6.39±0.08 ^b

¹⁾All values are mean±SD (n=5).

^{2)a-g}Mean with different superscript within a same column are significantly different by Duncan's multiple test (p<0.05).

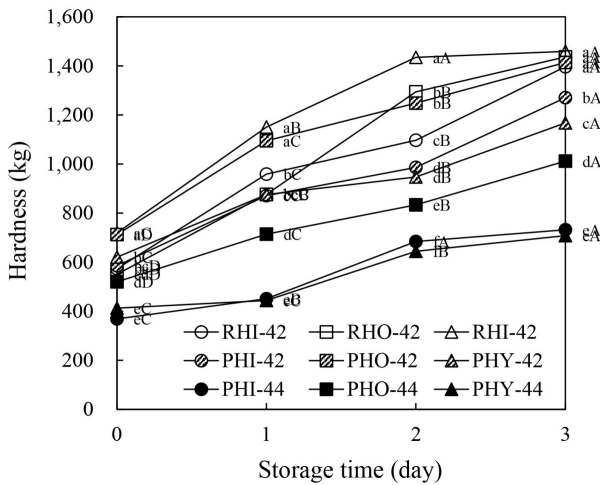


Fig. 1. Hardness of bread added with pregelatinized rice flours.
 R, raw rice flour; P, pregelatinized rice flour; HI, 'Hiامي'; HO, 'Hopyeng'; HY, 'Hyunpum'; 42, 42% of dough moisture content; 44, 44% of dough moisture content.
 Values represent the mean±SD (n=5). ^{a-f}Means with different subscripts within the sample are significantly different. ^{A-D}Means with different subscripts within the storage time are significantly different.

도는 모든 시료에서 증가하였고, 저장 기간 동안 반죽수분 44% 알파미분 첨가군에서 낮은 경도를 보였으며, 경도의 증가 또한 완만한 경향을 보였다. 알파미분 첨가군에서 하이아미 및 현품은 호평에 비해 저장 기간 동안 유의적으로 낮은 경도값을 나타내었고, 이는 Table 2에서 보는 바와 같이 알파미분 첨가군에서 호평의 부피와 비용적이 다른 품종에 비해 낮았기 때문으로 생각된다. 식빵의 경도는 빵의 수분함량, 기공의 발달 정도, 부피 등의 영향을 받는 것으로 보고되고 있으며(Lee와 Lee, 2006; Ma 등, 2019), 일반적으로 수분함량이 높고 부피가 클수록 낮은 경도를 보였다. 그러나 Martinez 등(2013)는 쌀빵과 같이 글루텐이 없는 식빵은 높은 수분함량을 보유했다고 하더라도 글루텐을 함유한 밀빵에 비해 저장 중 경도 증가가 더 빠르게 진행될 수 있으며, 이러한 현상은 호화된 쌀가루의 첨가로 지연될 수 있다고 하였다. 또 식빵의 경도는 온도, 수분함량과 같은 쌀가루의 호화조건과 입자크기 등의 요인에 의해서도 차이를 보인다고 하였다. 본 연구의 결과에서도 현품의 경우, 반죽수분이 42%일 때 백미가루 첨가군과 알파미분 첨가군에서의 제조 당일의 경도는 유사하였으나, 저장 중 경도는 알파미분 첨가군에서 유의적으로 낮은 값을 보여 알파미분의 첨가가 식빵의 경도에 영향을 미쳤다. 또한 반죽수분 42% 알파미분 첨가군에서 하이아미와 호평은 유사한 부피를 나타내었으나, 호평에서 높은 경도를 보여 쌀 품종에 따라 다른 특성을 보였는데, 이는 수분흡수력, 점도, 팽윤력 및 용해도 등의 품종에 따른 알파미분의 특성 차이가 식빵의 경도에 영향을 미친 것으로 생각된다.

Seo와 Kim(2011)도 품종에 따라 수분 열처리 후 호화특성, 젤강도, 전분분자 간의 결합력에 의한 용해도 및 팽윤력에 차이를 보였다고 하였다.

제조 직후, 식빵의 탄력성은 반죽수분 42% 백미가루 첨가군, 반죽수분 42% 알파미분 첨가군 및 반죽수분 44% 알파미분 첨가군 순으로 각각 0.70-0.72, 0.76-0.77, 0.79-0.80이었고, 알파미분 첨가군에서 반죽 수분함량이 높을수록 증가하는 경향을 보였다(Fig. 2). 저장 기간 동안, 식빵의 탄력성은 모든 시료에서 감소하였고, 반죽수분 44% 알파미분 첨가군에서는 백미가루 첨가군에 비해 탄력성의 감소가 완만해지는 결과를 보였다. 저장 중 탄력성은 백미가루 첨가군에서는 하이아미가 높았고, 알파미분 첨가군에서는 현품이 높은 경향을 보였다.

식빵의 응집성은 반죽수분 42% 백미가루 첨가군, 반죽수분 42% 알파미분 첨가군, 반죽수분 44% 알파미분 첨가군 순으로 높아지는 경향을 보였다(Fig. 3). 저장 기간 동안, 응집성은 모든 시료에서 감소하였고, 반죽수분 44% 알파미분 첨가군에서 더 완만하게 감소하였다. 현품의 경우, 백미가루 첨가군에서 다른 품종에 비해 저장 중 응집성이 급격하게 감소하였으나, 알파미분 첨가군에서 반죽 수분함량이 높을수록 응집성의 감소가 완만해지는 결과를 보였다. 응집성은 식빵 내부의 결합력을 측정하는 값으로, 응집성이 낮을수록 부서지기 쉬운 상태를 의미한다(Onyang 등, 2010). 여러 연구들에서 저장 중 쌀빵의 급격한 응집성 감소를 보고하였는데(Kang 등, 1997; Kim과 Chung, 2017), 본 연구의 결과에서도 백미가루로 제조한 식빵의 응집성이 알파미분을 첨가한

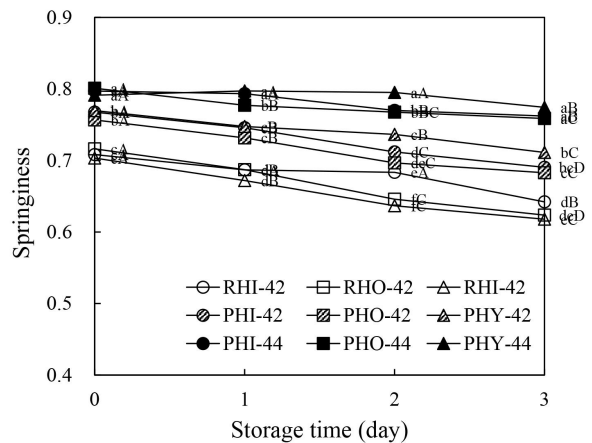


Fig. 2. Springiness of bread added with pregelatinized rice flours.
 R, raw rice flour; P, pregelatinized rice flour; HI, 'Hiامي'; HO, 'Hopyeng'; HY, 'Hyunpum'; 42, 42% of dough moisture content; 44, 44% of dough moisture content.
 Values represent the mean±SD (n=5). ^{a-f}Means with different subscripts within the sample are significantly different. ^{A-D}Means with different subscripts within the storage time are significantly different.

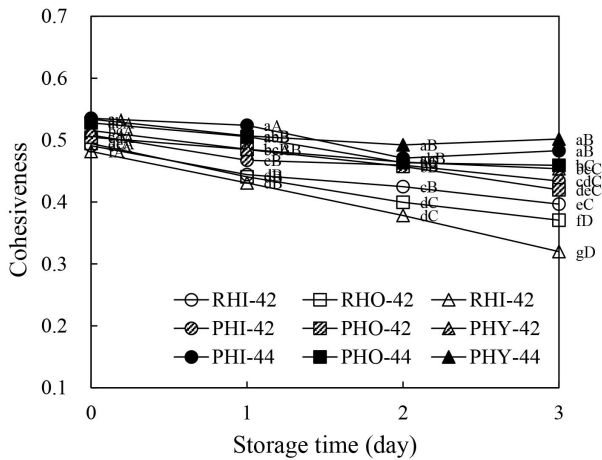


Fig. 3. Cohesiveness of bread added with pregelatinized rice flours.

R, raw rice flour; P, pregelatinized rice flour; HI, 'Hiامي'; HO, 'Hopyeng'; HY, 'Hyunpum'; 42, 42% of dough moisture content; 44, 44% of dough moisture content. Values represent the mean±SD (n=5). ^{a-g}Means with different subscripts within samples are significantly different. ^{A-D}Means with different subscripts within the storage time are significantly different.

식빵에 비해 크게 감소하였으며, 현품에서 급격한 감소를 보여 품종에 따라 차이를 보였다. 또한 반죽의 수분함량이 높을수록 응집성 감소 억제 효과는 크게 나타났으며, 현품에서 더욱 억제되는 경향을 보였다.

식빵의 씹힘성은 반죽수분 42% 백미가루 첨가군, 반죽수분 42% 알파미분 첨가군 및 반죽수분 44% 알파미분 첨가군에서 각각 194.79-243.43, 228.31-271.96, 156.99-219.78로 백미가루 첨가군에서는 현품이 높았고, 알파미분 첨가군에서는 호평이 높았다(Fig. 4). 저장 기간 동안, 씹힘성은 대체적으로 증가하였고, 반죽수분 44% 알파미분 첨가군의 하이아미 및 현품에서 낮은 값을 보였다. 씹힘성은 빵을 삼킬 수 있을 정도로 씹는 데 필요한 에너지로 경도, 탄력성, 응집성의 영향을 받는다. 현품의 경우, 저장 3일째 백미가루 첨가군에서 응집성이 급격하게 감소함에 따라 씹힘성이 크게 감소하였다. 저장 기간 동안 씹힘성은 알파미분 첨가군에서 반죽 수분함량이 높을수록 대체로 낮았으며, 하이아미와 현품에서 유의적으로 낮았다. 쌀 품종별 알파미분을 첨가한 식빵의 물성 측정 결과를 종합해 보면, 알파미분의 첨가로 인해 경도와 씹힘성은 감소하고, 탄력성과 응집성은 증가하여 식빵의 물성 특성이 개선되었고, 반죽의 수분함량이 높을 때 더욱 향상되었으며, 하이아미와 현품에서 효과적이었다.

노화도

쌀 품종별 알파미분을 첨가한 식빵의 노화도를 측정하기 위해 저장 중 경도 변화를 Avrami 방정식을 이용하여 분석하

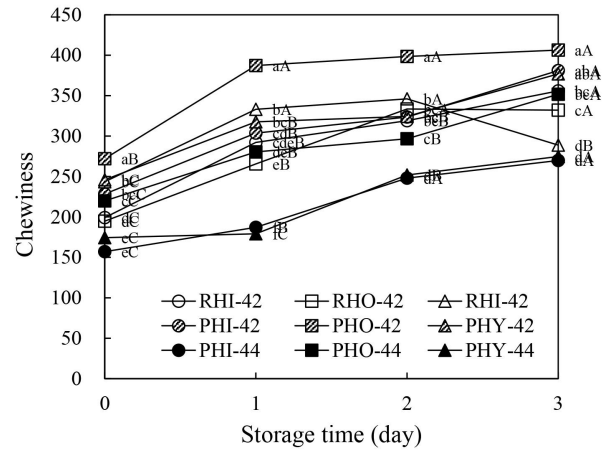


Fig. 4. Chewiness of bread added with pregelatinized rice flours.

R, raw rice flour; P, pregelatinized rice flour; HI, 'Hiامي'; HO, 'Hopyeng'; HY, 'Hyunpum'; 42, 42% of dough moisture content; 44, 44% of dough moisture content. Values represent the mean±SD (n=5). ^{a-f}Means with different subscripts within the sample are significantly different. ^{A-F}Means with different subscripts within the storage time are significantly different.

였고, 분석 결과는 Table 4와 같다. Avrami 지수(n)는 반죽수분 42% 백미가루 첨가군에서 0.6924-1.2202였고, 반죽수분 42% 알파미분 첨가군에서 0.7174-0.9412로 값의 변화는 크지 않았으며, Avrami 지수(n)가 1에 가까운 값을 보였다. Avrami 지수(n)는 결정화 양상을 나타내는 결정핵의 형성시간, 결정형성 속도에 의존하는 복합적인 값으로(Shin 등, 2006; Song과 Park, 2003a), 1에 가까우면 전분의 결정화 과정에서 결정핵이 생성된 후 막대모양의 결정을 형성하고, 2에 가까우면 순간 핵형성에 이어 원판모양의 결정을 형성하거나 산발적인 핵형성 후 막대모양을 형성한다(Kang 등, 2006). 일 반적으로 밥(Kim 등, 1996), 떡(Song과 Park, 2003b)과 같은 전분질 식품들에서 1에 가까운 값이 보고되고 있으나, 본 연구에서 반죽수분 44% 알파미분 첨가군의 Avrami 지수(n)는 1.0336-2.2922로 하이아미와 현품에서 높은 경향을 보여, 쌀 품종별 알파미분 첨가가 식빵의 노화양상에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 노화의 진행 속도를 나타내는 시간상수(1/k)는 속도상수(k)의 역수로 값이 클수록 노화가 느리게 진행됨을 의미한다. 시간상수(1/k)는 반죽수분 42% 백미가루 첨가군, 반죽수분 42% 알파미분 첨가군, 반죽수분 44% 알파미분 첨가군에서 각각 74.07-106.38, 95.27-112.36, 100.00-166.67로 반죽 수분함량이 42%일 때 알파미분 첨가군에서는 시간상수(1/k)의 증가가 크지 않았으나, 반죽수분 44% 알파미분 첨가군에서는 크게 증가하여 노화 진행속도가 지연되는 것으로 나타났다. 호평의 경우, 알파미분 첨가에 의해 시간상수(1/k) 값이 다소 높아지는 경향을 보였으나, 하이아미와 현

Table 4. Avrami exponent (n), rate constant (k) and time constant ($1/k$) of bread added with pregelatinized rice flours

Treatments	Moisture contents of dough (%)	Rice cultivars	Avrami exponent (n) ¹⁾	Rate constant (k) ²⁾	Time constant ($1/k$)
Raw	42	'Hiami'	0.8363	9.4×10^{-3}	106.38
		'Hopyeng'	1.2202	13.5×10^{-3}	74.07
		'Hyunpum'	0.6924	11.4×10^{-3}	87.72
Pregelatinized	42	'Hiami'	0.9412	9.0×10^{-3}	111.11
		'Hopyeng'	0.7174	10.5×10^{-3}	95.24
		'Hyunpum'	0.8230	8.9×10^{-3}	112.36
	44	'Hiami'	1.5814	6.8×10^{-3}	147.06
		'Hopyeng'	1.0336	10.0×10^{-3}	100.00
		'Hyunpum'	2.2922	6.0×10^{-3}	166.67

¹⁾Values obtained from slope of plot $\log \{-\ln(E_L - E_i) / (E_L - E_0)\}$ vs $\log t$.

²⁾Values obtained from slope of plot $\ln(E_L - E_i)$ vs time.

품에 비해 증가폭이 현저히 낮았다. Hu 등(2011)은 열호화에 비해 고압호화된 펩쌀전분에서 Avrami 지수(n)가 높고 재결정 속도(k)가 낮아 노화가 지연되었다고 하였고, 이러한 노화 특성은 전분의 원료와 아밀로스 함량 등과 관련이 있다고 하였다. Martinez 등(2013)은 압출 호화쌀가루는 일반 쌀가루에 비해 수분보유력이 높기 때문에 crumb에서 crust로의 수분 이동을 지연시켜 노화가 억제되며, 드럼건조 방식에 비해 분자량이 낮은 전분 시슬을 포함하고 있어, 쌀가루의 호화방법에 따라 노화양상은 달라질 수 있다고 하였다. 노화는 호화된 무정형의 전분 분자가 수소결합에 의해 결정형으로 되돌아가는 현상으로 조직감이 단단해지면서 저장 안정성이 떨어진다(Lee 등, 2008). 알파미분과 같은 호화 전분은 호화 과정에서 전분입자가 팽윤, 파열되고, 저온에서도 수분을 흡수하여 점성, 보수성을 가짐으로써 노화를 억제한다(Kim 등, 2012; Kim 등, 2015). 호화에 의한 쌀 품종의 특성 비교에 관한 진보(Jung, 2020)의 호화 특성 측정 결과에서도 일반쌀가루에 비해 호화쌀가루에서 냉각점도, breakdown 및 노화의 정도를 나타내는 setback값이 낮게 측정되었고, 호핑에 비해 하이아미와 현품에서 더욱 낮은 값을 보여 물성개선과 노화지연에 효과가 있을 것으로 예측되었다. 본 연구에서도 알파미분의 첨가로 인해 식빵의 노화가 억제되는 결과를 보였고, 하이아미와 현품에서 노화억제 효과가 높게 나타나 품종에 따라 차이를 보였다.

요 약

본 연구에서는 취반용 쌀 품종의 다양한 활용을 위하여 하

이아미, 호핑, 현품 품종을 이용하여 알파미분을 제조하였으며, 이를 첨가한 식빵의 품질특성을 비교분석하였다. 식빵의 부피 및 비용적은 알파미분 첨가군에서 반죽 수분함량이 높을수록 높았고, 하이아미 및 현품에서 유의적으로 높았다. 알파미분 첨가군에서 반죽 수분함량이 높을수록 식빵의 crumb 및 crust의 b값은 낮았다. 식빵의 물성 측정 결과, 알파미분 첨가로 인해 식빵의 경도와 씹힘성은 감소하였고, 탄력성과 응집성은 증가하였으며, 알파미분 첨가에 따른 물성 특성 개선 효과는 하이아미와 현품에서 높았다. 저장 중 경도 변화에 따른 노화도 분석 결과, 알파미분 첨가군에서 반죽 수분함량이 높을수록 노화 지연 효과가 크게 나타났고, 노화 지연 효과 또한 하이아미와 현품 품종에서 높았다. 따라서 본 연구의 결과에서 부피, 비용적 및 물성 특성 개선을 위한 알파미분의 첨가는 빵반죽에서 더 많은 수분함량이 요구됨을 알 수 있었다. 또한 알파미분 첨가로 인해 우수한 품질의 빵을 얻을 수 있었고, 제빵산업에 적용될 수 있음을 확인하였으며, 하이아미와 현품의 활용도가 더 높을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 2019년 순천대학교 학술연구비(과제번호: 2019-0221) 공모과제로 연구되었음.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflict of interest.

ORCID

Ok Ja Choi <https://orcid.org/0000-0001-7019-1664>
 Hee Nam Jung <https://orcid.org/0000-0003-4236-5641>

References

- AACC. Approved Methods of the AACC, 10th ed, Methods 10-05, 10-10B, 74-09. The American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN, USA (2000)
- AOAC. Official Methods of Analysis. 14th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA p 121 (1984)
- Bourekoua H, Benatallah L, Zidoune MN, Rosell CM. Developing gluten free bakery improvers by hydrothermal treatment of rice and corn flours. *LWT-Food Sci Technol*, 73, 342-350 (2016)
- Capriles VD, Areas JAG. Novel approaches in gluten-free breadmaking: Interface between food science, nutrition, and health. *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 13, 871-890 (2014)
- Choi HW, Chung KM, Kim CH, Moon TH, Kim DS, Park CS, Baik MY. Physicochemical properties of cross-linked rice starches. *J Korean Soc Appl Biol Chem*, 49, 49-54 (2006)
- Fageria NK, Baligar VC. Upland rice and allelopathy. *Commun Soil Sci Plant Anal*, 34, 1311-1329 (2003)
- Han JA. Development and characterization of rice cookies containing germinated yakkong powder. *Korean J Food Cookery Sci*, 27, 681-689 (2011)
- Hu X, Xu X, Jin Z, Tian Y, Bai Y, Xie Z. Retrogradation properties of rice starch gelatinized by heat and high hydrostatic pressure (HHP). *J Food Eng*, 106, 262-266 (2011)
- Jeong SH, Kang WS, Shin MS. Physicochemical properties of high yielding non-waxy rice flours extruded with different moisture contents. *Korean J Food Cookery Sci*, 27, 745-754 (2011)
- Jung HN. Physicochemical properties of domestic rice variety according to pregelatinization. *Korean J Food Preserv*, 27, 574-581 (2020)
- Kang BS, Kim DH, Hwang HJ, Moon SW. The retrogradation of steamed Korean rice cake (Jeungpyun) with addition of gums. *Korean J Food Sci Technol*, 38, 838-842 (2006)
- Kang MY, Choi YH, Choi HC. Interrelation between physicochemical properties of milled rice and retrogradation of rice bread during cold storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 26, 886-891 (1997)
- Kim CH, Jin T, Ryu GH. Effects of moisture content on physical properties of extruded cereal flours. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 41, 1603-1610 (2012)
- Kim HS, Lee SJ, Lee SJ. Quality characteristics of white bread added modified starch. *J East Asian Soc Dietary Life*, 25, 474-483 (2015)
- Kim RY, Park JH, Kim CS. Effects of enzyme treatment in steeping process on physicochemical properties of wet-milled rice flour. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 1300-1330 (2011)
- Kim SJ, Kim HJ, Ma SJ, Kim SJ. Preparation and quality characteristics of rice breads. *Korean J Food Culture*, 20, 433-437 (2005)
- Kim SK, Lee AR, Lee SK, Kim KJ, Cheon KC. Firming rates of cooked rice differing in moisture contents. *Korean J Food Sci Technol*, 28, 877-881 (1996)
- Kim SS, Chung HY. Effect of added water temperature on baking characteristics of gluten-free rice bread. *Korean J Food Nutr*, 30, 1184-1190 (2017)
- Kim SS, Kang KA, Choi SY, Lee YT. Effect of elevated steeping temperature on properties of wet-milled rice flour. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 34, 414-419 (2005)
- Kum JS, Lee HY, Shin MG, Lee SH, Kim KH. Physicochemical properties of modified rice flour by physical modification. *Agric Chem Biotechnol*, 37, 154-160 (1994)
- Lee JK, Lim JK. Effects of pregelatinized rice flour on the textural properties of gluten-free rice cookies. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 42, 1277-1282 (2013)
- Lee MH, Lee YT. Bread-making properties of rice flours produced by dry, wet and semi-wet milling. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 35, 886-890 (2006)
- Lee MK, Shin MS. Characteristics of rice flours prepared by moisture-heat treatment. *Korean J Food Cookery Sci*, 22, 147-157 (2006)
- Lee SJ, Cho SK, Lee SJ. Study on the texture and staling of breads with addition of various hydrocolloids. *Korean J Food Cookery Sci*, 24, 636-644 (2008)
- Lee YT, Yoo MS, Park JH, Lee BR, Chang HG. Properties

- of starch isolated from wet-milled rice after steeping at elevated temperatures for annealing effect. *Korean J Food Sci Technol*, 36, 393-397 (2004)
- Ma J, Kaori F, Ma L, Gao M, Dong C, Wang J, Luan G. The effects of extruded black rice flour on rheological and structural properties of wheat-based dough and bread quality. *Int J Food Sci Technol*, 54, 1729-1740 (2019)
- Martinez M, Oliete B, Gomez M. Effect of the addition of extruded wheat flours on dough rheology and bread quality. *J Cereal Sci*, 57, 424-429 (2013)
- Oh HA, Kim MY, Lee YJ, Song MS, Lee CK, Lee YR, Lee JS, Jeong HS. Quality characteristics of rice bread with different cultivars and milling methods. *Korean J Food Sci Technol*, 50, 492-498 (2018)
- Onyango C, Mutungi C, Unbehend G, Lindhauer MG. Rheological and baking characteristics of batter and bread prepared from pregelatinised cassava starch and sorghum and modified using microbial transglutaminase. *J Food Eng*, 97, 465-470 (2010)
- Park MK, Lee KH, Kang SA. Effect of particle size of rice flour on popping rice bread. *Korean J Food Cookery Sci*, 22, 419-427 (2006)
- Rhee SJ, Lee JE, Kim MR. Sensory characteristics of commercial rice cookies and snacks in market. *Korean J Food Preserv*, 20, 348-355 (2013)
- Seo HI, Kim CS. Pasting properties and gel strength of non-waxy rice flours prepared by heat-moisture treatment. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 40, 196-204 (2011)
- Shin WC, Park HJ, Song JC. Optimization of modified starches on retrogradation of Korean rice cake (*Garae-duk*). *Korean J Food Nutr*, 19, 279-287 (2006)
- Shon KJ, Chung MG, Kim HI, Yoo B. Physicochemical properties of acetylated rice starch as affected by degree of substitution. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 35, 487-492 (2006)
- Song JC, Park HJ. Effect of starch degradation enzymes on the retrogradation of a Korean rice cake. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 32, 1262-1269 (2003b)
- Song JC, Park HJ. Functions of various hydrocolloids as anticaking agents in Korean rice cakes. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 32, 1253-1261 (2003a)
- Yu SY, Low SL. Utilization of pre-gelatinized tapioca starch in the manufacture of a snackfood, fish cracker ('keropok'). *Int J Food Sci Technol*, 27, 593-596 (1992)
- Zhang Y, Song KY, O H, Joung KY, Shin SY, Kim YS. Effect of pomegranate (*Punica granatum* L.) peel powder on the quality characteristics, retrogradation and antioxidant activities of sponge cake. *Korean J Food Nutr*, 30, 578-590 (2017)