Food Engineering Progress
Vol. 10, No. 3. pp. 180~185 (2006.8)

제분방법에 따른 쌀가루별 Gluten-free 쌀빵의 제조 특성

이명희 · 이영택
경원대학교 생명공학부

Properties of Gluten-free Rice Breads using Different Rice Flours Prepared by Dry, Wet and Semi-wet Milling

Myung-Hee Lee and Young-Tack Lee
Division of Biotechnology, Kyungwon University, Seongnam 461-701, Korea

Abstract

Rice flours produced by different milling methods, dry, wet, and semi-wet milling, were used to investigate bread-making properties. Wet milled rice flours were produced by two different steeping temperatures of 25°C and 55°C, and semi-wet milled flour was produced by milling rice pre-treated with spray washing. Bread-making properties of rice flour with the addition of 3.5% HPMC were tested. Wet milled rice flours produced higher loaf volume compared with dry or semi-wet milled rice flours. Wet-milled rice flour steeped at 55°C appeared to produce good rice breadswith relatively high specific loaf volume. Among rice breads added with HPMC, crumb hardness of bread prepared with semi-wet milled rice flour was lower than the other rice breads and increased slowly during 3-day storage at 25°C.

Key words: rice flour, milling method, gluten-free rice bread, HPMC, bread-making properties

서 론

빵은 주로 밀가루을 사용하여 제조하고 있지만 건강에 대한 관심과 소비구조의 다양화로 인해 밀가루 이외에도 호밀, 보리, 귀리, 옥수수, 수수 등 다른 곡분들이 다양하게 사용되고 있는 추세이다. 밀빵에서는 밀가루에 물을 첨가하여 반죽할 때 불용성의 단백질이 수화하여 반죽내의 글루텐(gluten) 망상구조를 형성하고 이로 인한 반죽의 점탄성이 효모가 형성한 CO_2 개스를 보유함과 아울러 발효시 적절히 신장함으로써 반죽을 팽창시킨다. 그러나 한편으로는 밀가루의 앨러지와 관련있는 셀리악 질병(celiac disease)이 밀가루의 글루텐을 형성하는 글리아딘(gliadin)에 기인하며 이는 설사, 복부경련, 가스생성, 성장장애를 초래하는 것으로 알려져 있다(Hartsook, 1984; Karsada, 1972). 쌀빵은 밀빵에 앨러지를 나타내는 사람들을 위한 대체수단으로 개발하고자 연구가 시도되었다(Bean과 Nishita, 1985; Nishita *et al.*, 1976). 쌀빵을 제조할때 가장 큰 문제점은 쌀가루에 빵의 구조를 형성하는 글루텐 단백질이 없다는 것이며 글루텐 없는 쌀빵의 제조는 기술적으로 어려움이 따른다(Kulp *et al.*, 1974).

글루텐이 없는 빵을 제조하기 위하여 밀가루가 아닌 타곡분이나 전분을 이용하여 다양하게 빵을 제조한 연구가 있으며 이를 통해 글루텐 대체재로서 다양한 gum질의 첨가에 의한 쌀빵의 제조방법을 제시한 바 있다(Jong *et al.*, 1968; Mettler와 Seibel, 1995; Kang *et al.*, 1997). 그중에서 쌀가루에 hydroxypropyl methylcellulose(HPMC)를 첨가하여 제빵을 하는 것이 쌀빵의 비체적면에서 밀빵과 견줄수 있는 가장 우수한 글루텐 대체재임을 보고하였다(Nishita *et al.*, 1976; Sivaramakrishnan *et al.*, 2004). HPMC는 쌀가루 반죽에 필름을 형성하고 CO_2 개스를 잡아두어 빵의 체적을 증가시킬 수 있는 역할을 한다. 쌀빵 제조시 쌀가루와 관련해서는 쌀의 종류, 아밀로오스와 아밀로펙틴의 비율, 입

Corresponding author: Young-Tack Lee, Division of Biotechnology, Kyungwon University, Seongnam 461-701, Korea
Phone: +82-31-750-5565, Fax: +82-31-750-5273
E-mail: ytlee@kyungwon.ac.kr

자의 크기, 호화특성 등 물리화학적 특성 뿐 만 아니라(Nishita와 Bean, 1979) 제분방법 또는 제분기의 종류 등 여러 가지 요인들이 쌀빵의 품질에 영향을 미치는 것으로 보고되었다(Nishita와 Bean, 1982).

쌀가루는 쌀을 그대로 분쇄하는 건식제분과 쌀을 물에 침지한 후 분쇄하는 습식제분 방법에 의해 생산되고 있다. 건식제분과 달리 습식제분은 수침과정에 의한 작용으로 인해 쌀가루의 성질이 건식제분과 다르며(Choi와 Kim, 1997; Chiang과 Yeh, 2002), 떡이나 과자류 등의 전통 쌀가공식품의 제조시 적합한 방법으로 이용되고 있다. 습식제분시에 쌀의 수침처리는 보통 실온에서 이루어지고 있으며, 쌀을 호화온도이전까지 상승시킨 높은 온도에서 수침처리하여 쌀 전분의 가공성에 변화를 유도시킬 수 있는 방법이 보고되었다(Kim *et al.*, 2005). 또한 수분침투방식에 있어서 수침처리 대신에 살수식 방법(spraying)에 의해 처리한 후 제분한 반습식 쌀가루의 제조에 대하여 연구된 바 있다(Choi *et al.*, 2005). 따라서 본 연구에서는 건식, 습식, 또는 반습식으로 제분방법을 달리하여 쌀가루를 제조한 후에 이들 쌀가루를 이용한 gluten-free 쌀빵의 제조특성을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

재 료

실험에 사용한 쌀가루로 2004년산 동진 1호 백미를 제분하여 사용하였다. Hydroxypropyl methylcellulose(HPMC)는 Sigma 제품을 구입하여 사용하였으며 설탕, 소금, 오일, 효모는 시중에서 구입하여 사용하였다.

건식, 습식 및 반습식 쌀가루의 제조

건식제분 쌀가루는 백미를 Air Classifying Mill (ACM, 대가파우더시스템)에 의해 제분하여 제조하였다. 습식제분 쌀가루는 백미를 25°C 또는 55°C의 온도의 물에 3시간 동안 침지한 후 수화된 백미를 roll mill(경창기계, 경기도 광주)에 2번 통과시킨 다음(1번째 통과 간극: 0.475 mm, 2번째 통과 간극: 0.106 mm) 열풍건조기를 사용하여 건조하여 제조하였다. 반습식 쌀가루의 제조는 무세미 제조장치(라이스텍, 경기도 안성)를 이용하여 백미에 상온의 알칼리 이온수를 2초간 분사하면서 살수처리한 후 즉시 10초간 원심탈수(1,700 rpm)한 다음 Air Classifying Mill (ACM, 대가파우더시스템)을 사용하여 제분하여 제조하였다.

HPMC 첨가 쌀가루의 호화특성 측정

쌀가루에 HPMC를 첨가하여 호화양상을 신속점도측정계(Rapid Visco-Analyzer, Newport Scientific, Sydney, Australia)로 점도변화를 측정하였다. 즉, 쌀가루 3.5 g(14% basis)을 증류수에 분산시켜 25 mL로 조제한 시료를 RVA cup에 넣고 50°C에서 1분간 유지한 후 분당 12.16°C 속도로 95°C까지 증가시켰으며 95°C에서 2.5분간 유지시킨후 다시 11.84°C의 속도로 50°C로 냉각시켜 측정하였다. 이로부터 호화개시온도, 최고점도, 95°C에서 2.5분 후의 점도, 50°C로 냉각후의 최종점도를 측정하였다.

HPMC 첨가 Gluten-free 쌀빵의 제조

쌀빵에 사용된 기본적인 원료배합은 Table 1과 같으며 Nishita *et al.*(1976)의 방법을 변형하여 사용하였다. 제빵에 사용한 mixer로는 200 g small bowl을 가진 pin mixer(National Mfg Co., Lincoln, NE, USA)를 사용하였다. 물, 오일을 mixing bowl에 넣고 건조원료의 2/3를 넣은 후 15초간 원료물이 젖도록 혼합하였으며 5분간 같은 속도로 혼합하였다. 나머지 건조원료의 반을 서서히 mixer에 넣고 1.5분간 혼합하였으며 mixer를 끄고 나머지 원료를 첨가한 다음 나무스푼으로 1분간 잘 혼합하였다. 반죽을 1 tsp의 오일로 미리 코팅한 wax paper에 옮기고 손으로 성형하였으며 성형된 반죽을 pan(140×80×60 mm)에 넣고 온도 30°C, 습도 87%로 조절된 proofing cabinet에서 1.5시간 동안 76 mm constant height로 proofing하였다. Proofing 후 191°C oven에서 35분간 baking하였다.

쌀빵의 특성

쌀빵은 baking 후 1시간 동안 방냉시킨 다음 무게(g)를 측정하였고 부피(cc)를 종자치환법으로 측

Table 1. Baking formula for gluten-free rice bread based on flour basis

Ingredients	Flour basis (%)
Rice flour	100.0
HPMC	3.5
Salt	2.0
Sugar	7.5
Oil	6.0
Yeast	3.0
Water	83.0

정하였으며 이로부터 쌀빵의 비체적(cc/g)을 구하였다. 쌀빵의 색도는 겉껍질(top crust)과 빵을 절단한 내부(crumb)의 색을 색차계(Minolta CR-200, Japan)를 사용하여 측정하였다.

쌀빵의 텍스쳐 측정

쌀빵의 경도 측정은 Texture Analyzer(TA-XT 2, Stable Micro Systems Co., USA)를 사용하여 측정하였다. 빵을 20 mm 두께로 절단한 후 지퍼백에 넣어 밀봉한 다음 25℃에서 3일간 저장하면서 경도의 변화를 측정하였으며, 이때 지름 40 mm의 알루미늄 probe를 사용하여 0.5 mm/sec의 속도로 10 mm까지 압축하여 측정하였다.

통계분석

통계분석은 SAS 통계 package를 이용하여 Duncan's multiple range test를 실시하여 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

HPMC 첨가 쌀가루의 RVA 특성

쌀가루의 종류별 HPMC의 첨가 수준을 달리하여 (0~5%) RVA의 호화양상에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 2와 같다. Gluten-free 쌀빵의 제조에 있어 HPMC는 매우 중요한 글루텐 대체재로서 쌀빵 반죽이 효모 발효에 의해 생성된 개스를 보유하는데 중대한 역할을 한다. HPMC는 낮은온도의 용액상태에서 수화하여 단순한 엉김이상의 고분자-고분자 상호작용은 거의 없는 상태이지만(Sarkar, 1979) 이때 HPMC에 의해 야기된 점도는 반죽의 발효과정중에 개스의 확산을 늦추는 역할을 하는 것으로 여겨진다. 최초의 점도에 있어서 증가를 감지할 수 있는 온도(onset temperature)는 쌀가루 전분의 호화뿐 만 아니라 HPMC의 겔화의 복합적인 효과에 기인하는 것으로 판단되었으며 쌀가루 대조구와 HPMC 첨가구의 onset temperature에는 별 차이를 보이지 않았다.

RVA 최고점도는 쌀가루의 종류와 관계없이 대조구에서 유사한 수치를 보여주었으며 모든 쌀가루에서 HPMC 첨가함량이 증가함에 따라 최고점도가 증가하였다. HPMC 첨가량이 증가함에 따라 반습식 쌀가루의 최고점도가 가장 증가 폭이 컸으며 습식제분 쌀가루의 경우 25℃에서 수침한 쌀가루가 55℃ 가온 수침처리한 쌀가루에 비해 약간 높은 경향이었다. 수침한 쌀가루 또는 물로 씻어 처리한 청결미가 건식제분 쌀가루에 비해 최고점도가 높다고 보고한 바가 있다(Choi와 Kim, 1997; Koh, 2001). HPMC를 함유하는 쌀가루의 수분흡수능은 쌀가루

Table 2. Rapid Visco-Analyzer(RVA) pasting properties of rice flours by different milling methods

	HPMC conc.(%)	Onset temp. (℃)	Viscosity(RVU)[1)]				
			Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback
Dry milling	0	64.9±0.7	327.1±18.5	107.5±9.2	219.6±9.6	216.3±12.2	-108.8±6.4
	1	65.7±1.5	336.6±10.9	113.9±0.6	222.7±11.1	216.8±1.9	-119.8±9.2
	3	63.3±2.9	348.5±13.4	115.2±3.0	233.3±11.7	217.3±4.4	-131.2±9.5
	5	65.1±0.4	350.6±8.8	114.5±4.4	236.1±6.5	215.0±3.6	-135.6±5.3
Semi-wet milling	0	65.1±2.1	333.4±10.7	105.2±2.1	228.2±9.0	211.3±3.4	-122.1±7.9
	1	64.7±2.0	353.4±10.9	116.7±2.2	236.7±8.8	218.1±2.4	-135.3±8.6
	3	64.0±1.1	362.4±12.5	119.1±4.7	243.3±8.6	217.9±8.1	-144.6±5.5
	5	64.9±2.1	363.3±9.6	118.6±4.7	244.7±6.8	218.3±5.3	-145.1±5.5
Wet milling							
25℃ steeping	0	63.5±1.2	327.1±15.2	101.8±5.7	225.4±9.7	209.3±6.7	-117.8±9.2
	1	63.8±1.1	326.9±14.9	105.6±4.9	221.2±10.1	212.3±4.7	-114.6±10.4
	3	63.7±1.8	338.7±20.9	108.2±6.5	230.4±14.7	213.4±9.1	-125.2±12.8
	5	64.2±1.9	355.9±20.7	111.2±5.8	244.7±14.9	216.2±10.2	-139.8±10.5
55℃ steeping	0	64.9±0.0	327.5±11.7	106.7±4.5	220.8±7.3	216.4±6.4	-111.1±5.7
	1	65.8±1.8	324.1±12.6	109.1±4.4	215.1±8.2	216.3±6.0	-107.8±6.6
	3	63.7±1.5	338.3±17.8	113.7±3.1	224.6±14.9	217.2±4.8	-121.1±14.1
	5	63.4±1.0	352.6±2.9	118.1±2.9	234.5±0.5	224.4±2.5	-128.2±0.4

[1)]Through = minimum viscosity after the peak, breakdown = peak viscosity minus through viscosity, setback = final viscosity minus peak viscosity.

만의 수분흡수능에 비해 상당히 높은 것으로 관찰되었으며 이는 HPMC 함량이 증가함에 따라 상대적으로 적은양의 수분이 쌀가루에 이용되기 때문으로 판단되었다. HPMC의 높은 수분흡수율로 인해 HPMC는 전분의 호화에 필요한 수분을 방출해 줄 뿐 만 아니라 굽기시 수분의 증발을 통해 빵의 체적을 증가시키는 효과를 가질수 있는 것으로 설명된 바 있다(Lee 1994).

최고점도와 trough 점도의 차이인 breakdown은 반습식 쌀가루에서 가장 높게 나타났으며 쌀가루에 HPMC의 첨가량이 증가함에 따라 전반적으로 breakdown이 높은 경향을 보여주었다. RVA의 50°C 냉각에 따른 paste의 최종점도는 HPMC 첨가에 따라 다소 증가함을 보여주었으나 크게 차이를 보이지 않았으며, 이에 따라 최종점도와 최고점도의 차이인 setback은 약간 감소하는 경향을 나타내 주었다. 쌀가루중 반습식 쌀가루의 setback이 가장 낮았으며 이는 쌀빵의 노화가 가장 느리게 진행될 수 있는 요인으로 생각되었다. 한편 55°C 습식제분 쌀가루는 25°C 수침한 쌀가루에 비해 setback이 다소 높게 나타났으며 쌀빵의 저장시에 빵 내부의 경도에 영향을 줄 수 있는 것으로 생각되었다.

Table 3. Baking properties of gluten-free rice breads prepared from rice flours by different milling methods[1)]

Milling method	Loaf volume (cc)	Loaf weight (g)	Specific loaf volume (cc/g)
Dry milling	362.7±14.3^{d}	149.5±4.5^{a}	2.4±0.3^{d}
Semi-wet milling	427.9±0.9^{c}	145.2±3.0^{ab}	2.9±0.4^{c}
Wet milling			
25°C steeping	444.5±4.8^{b}	142.3±3.1^{b}	3.1±0.5^{b}
55°C steeping	527.8±1.8^{a}	143.0±3.7^{ab}	3.7±0.5^{a}

[1)]Values are means of three replications±standard deviation. Means with the same alphabet in each column are not significantly different at $p<0.05$ using Duncan's multiple range test.

쌀가루별 Gluten-free 쌀빵의 특성

제분방법별 쌀가루에 글루텐 대체재로서 HPMC를 3.5% 첨가하여 제조한 쌀빵의 특성을 조사하였다(Table 3). 쌀빵 반죽의 수분흡수율과 반죽시간은 예비실험에 의해 쌀가루의 종류와는 관계없이 각각 83%와 6분 40초로 결정하였다. 쌀빵의 체적은 건식, 반습식, 25°C 및 55°C 습식제분 쌀가루에서 각각 363 cc, 428 cc, 445 cc, 528 cc로 측정되었다. 건식제분 쌀가루로 제조한 쌀빵이 가장 낮은 비체적을 나타낸 반면에 습식제분 쌀가루가 건식제분, 반습식제분 쌀가루에 비해 높은 비체적을 나타내었다. 특히 25°C의 상온수침에 의한 쌀가루의 3.1 cc/g에 비해 55°C 수침하여 습식제분한 쌀가루에서 3.7 cc/g으로 가장 높은 비체적을 보여주었다.

제분방법별 쌀가루로 제조한 쌀빵의 겉껍질과 내부의 색을 측정한 결과는 Table 4에 나타나 있다. 쌀빵 겉껍질의 경우 L값은 건식제분 쌀가루으로 제조한 빵에서 가장 높고 습식제분 쌀가루로 제조한 빵에서 가장 낮게 측정되었는데 특히 55°C 수침처리한 쌀가루 빵에서 가장 낮은 L값을 나타내었다. 쌀빵 겉껍질의 L값 뿐 만 아니라 a값, b값 모두 건식제분 쌀가루로 제조한 빵이 가장 높은 값을 나타내었다. 쌀빵 내부의 색도를 측정한 결과 L값은 건식 쌀가루에서 가장 높아 밝게 나타난 반면에 습식 쌀가루에서 낮게 나타났다. 쌀빵 내부의 a값은 55°C에서 수침한 습식제분 쌀가루로 제조한 빵에서 가장 큰 값을 나타내었고 b값은 반습식제분 쌀가루로 제조한 빵에서 가장 높은 값을 나타내었다.

쌀가루별 Gluten-free 쌀빵의 저장중 텍스쳐

제분방법별 쌀가루에 HPMC를 첨가하여 제조한

Table 4. Color of gluten-free rice breads prepared from rice flours by different milling methods[1)]

Milling method	Crumb color			Crust color		
	L	a	b	L	a	b
Dry milling	63.0±1.6^{a}	11.2±0.4^{b}	31.6±0.1^{bc}	73.0±2.6^{b}	-0.3±2.6^{a}	8.5±3.6^{b}
Semi-wet milling	61.7±2.5^{a}	12.4±0.4^{b}	33.1±0.2^{b}	71.9±1.2^{b}	-0.8±0.5^{b}	7.6±1.1^{c}
Wet milling						
25°C steeping	56.7±1.2^{b}	13.9±0.1^{a}	31.2±0.5^{c}	72.4±4.3^{b}	-1.1±1.8^{c}	8.2±1.3^{b}
55°C steeping	56.4±1.4^{b}	14.2±0.1^{a}	31.1±0.9^{c}	71.1±1.9^{b}	-1.0±0.8^{bc}	7.5±1.0^{c}

[1)]Values are means of three replications±standard deviation. Means with the same alphabet in each column are not significantly different at $p<0.05$ using Duncan's multiple range test.

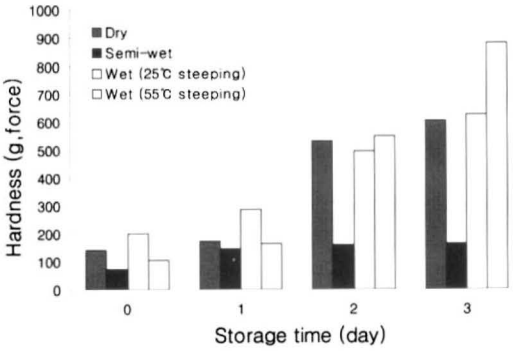

Fig. 1. Changes in crumb hardness of gluten-free rice breads prepared from rice flours by different milling methods.

쌀빵의 저장중 경도 변화를 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 쌀빵을 제조한 직후에 측정한 초기 경도는 쌀가루의 종류에 따라 차이를 나타내었으며 반습식제분 쌀가루로 제조한 빵에서 가장 낮게 나타났다. 쌀빵의 저장중 경도는 저장 3일째까지 모든 실험군에서 증가하였으며 쌀가루의 종류에 따른 차이를 확인할 수 있었는데 건식 또는 습식제분 쌀가루로 제조한 빵의 경우에 경도가 큰 폭으로 증가하였다. 쌀전분은 밀전분에 비해 노화가 빨라 저장중에 쌀빵이 밀빵보다 경도의 증가가 큰 것으로 보고한 바 있다(Gujral *et al.*, 2003). 한편 반습식 쌀가루로 제조한 쌀빵은 저장중 경도의 증가는 가장 낮아 건식제분한 쌀가루보다 쌀빵의 저장성이 보다 우수함을 알 수 있었다. 습식제분한 쌀가루의 경우 55℃에서 수침한 쌀가루로 제조한 쌀빵의 경도 증가가 25℃에서 수침한 쌀가루에 비해 높게 나타났으며, 이는 쌀가루의 RVA의 측정 결과에서 setback의 수치와도 연관되어 있는 것으로 판단되었다.

요 약

제분방법을 달리하여 제조한 건식, 습식 및 반습식 쌀가루를 사용하여 제조한 gluten-free 쌀빵의 품질특성을 비교하였다. 습식제분 쌀가루로 제조시 쌀의 수침온도를 25℃와 55℃로 하였으며 반습식 처리로서 쌀을 살수처리한 후 제분하였다. 쌀가루에 gluten 대체재로서 HPMC의 첨가 수준을 달리하여 (0~5%) RVA의 호화양상에 미치는 영향을 조사한 결과 모든 쌀가루에서 HPMC 첨가함량이 증가함에 따라 최고점도가 증가하였는데 반습식 쌀가루의 최고점도가 가장 높게 증가한 반면에 setback은 가장 낮은 것으로 나타났다. 제분방법별 쌀가루에 HPMC를 3.5% 첨가하여 제조한 쌀빵의 특성에서 건식제분에 비해 습식제분 쌀가루로 제조한 쌀빵의 체적이 높았으며 특히 55℃에서 수침하여 습식제분한 쌀가루로 제조한 빵이 가장 높은 비체적을 나타냈다. 쌀빵의 저장중 경도는 반습식 제분 쌀가루로 제조한 빵에서 가장 낮은 증가를 보인 반면에 55℃ 수침 쌀가루로 만든 쌀빵에서 가장 큰 폭으로 증가하였다.

감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구비 지원으로 수행된 연구결과의 일부로 이에 감사드립니다.

참고문헌

Bean M.M. 1986. Rice flour-its functional variations. *Cereal Foods World* **31**: 477-481.

Bean M.M. and K. Nishita. 1985. Rice flour for baking. In *Rice Chemistry and Technology*. Juliano BO, ed. AACC, St. Paul, MN, USA. p 539.

Choi E.J. and H.S. Kim. 1997. Physicochemical and gelatinization properties of glutinous rice flour and starch steeped at different conditions. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **26**: 17-24.

Choi S.Y., S.H. Lee and Y.T. Lee. 2005. Properties of rice flours prepared from milled and broken rice produced by pre-washing process. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **34**: 1098-1102.

Chiang P.Y. and A.I. Yeh. 2002. Effect of soaking on wet-milling of rice. *J Cereal Sci.* **35**: 85-94.

Gujral H.S., M. Haros and C.M. Rosell. 2003. Starch hydrolyzing enzymes for retarding the staling of rice bread. *Cereal Chem.* **80**: 750-754.

Hartsook E.I. 1984. Celiac strue: Sensitivity to gliadin. *Cereal Foods World* **29**: 157.

Kang M.Y., Y.H. Choi and H.C. Choi. 1997. Effects of gums, fats and glutens adding on processing and quality of milled rice bread. *Korean J. Food Sci. Technol.* **29**: 700-704.

Kasarda D.D. 1972. Celiac disease: Malabsorption of nutrients induced by a toxic factor in gluten. *Baker's Digest* **46**: 25.

Kim S.S, K.A. Kang, S.Y. Choi and Y.T. Lee. 2005. Effect of elevated steeping temperature on properties of wet-milled rice flour. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **34**: 414-419.

Jong G., T. Slim and H. Greve. 1968. Bread without gluten. *Baker's Digest* **42**: 24-27.

Koh B.K. 2001. Quality characteristics of prewashed rice with solution of waxy rice flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* **33**: 455-460.

Kulp K., F.N. Hepburn and T.A. Lehmann. 1974. Preparation of bread without gluten. *Baker's Digest* **48**: 34-37.

Lee Y.T. 1994. Formula optimization for rice bread with soy flour substitution. *Foods and Biotechnol.* **3**: 226-232.

Mettler E. and W. Seibel. 1995. Optimizing of bread recipes containing mono-diglyceride, guar gum, and carboxymethylcellulose using a maturograph and an overrise recorder. *Cereal Chem.* **72**: 109.

Nishita K.D., R.L. Roberts and M.M. Bean. 1976. Development of yeast-leavened rice-bread formula. *Cereal Chem.* **53**: 626-635.

Nishita K.D. and M.M. Bean. 1979. Physicochemical properties of rice in relation to rice bread. *Cereal Chem.* **56**: 185.

Nishita K.D. and M.M. Bean. 1982. Grinding methods: Their impact on rice flour properties. *Cereal Chem.* **59**: 46-49.

Sarkar, N. 1979. Thermal gelation properties of methyl and hydroxypropyl methylcellulose. *Journal of Applied Polymer Science* **24**: 1073.

Sivaramakrishnan H.P., B. Senge and P.K. Chattopadhyay. 2004. Rheological properties of rice dough for making rice bread. *Journal of Food Engineering* **62**: 37-45.