J Korean Soc Food Sci Nutr
41(11), 1571~1576(2012)

한국식품영양과학회지
http://dx.doi.org/10.3746/jkfn.2012.41.11.1571

장기 저장된 쌀의 품질 특성

한혜민 · 고봉경†
계명대학교 식품영양학과

Quality Characteristics of Long-term Stored Rice

Hye Min Han and Bong Kyung Koh†
Dept. of Foods and Nutrition, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

Abstract

The purpose of this study was to investigate the physicochemical and pasting properties of long-term stored domestic and imported rice supplied for food processing from government-controlled public rice stocks. *Goamibyeo*, which was bred for processing and harvested in 2011, was selected as the control rice for comparison. Rice was dry-milled, and the amylose contents of stored rice were 12~13%. Stored rice kernels were significantly harder than those of control, whereas damaged starch content and water absorption of flour were not significantly different from those of control. Overall, long-term stored domestic and imported rice showed high peak viscosities along with high viscosities of both hot and cold pastes. Both imported and domestic rice demonstrated insufficient properties for making 100% flat rice noodles or bread. They showed the greatest shrinkage during cooling after baking. Although their levels of cooking loss were less than that of control, stored rice showed a less elastic and softer cooked noodle texture compared to control flour.

Key words: government supplied stored rice, pasting properties, bread, noodle

서 론

쌀을 장기간 저장하면 수분 함량이 감소하며, 전분, 단백질 및 지방 등의 영양 성분이 변화되고 밥의 조직감이 변하기 때문에 장기 저장된 쌀을 밥으로 소비하기 어렵다(1-3). 국내에서 쌀을 소비하는 형태 가운데 가장 높은 비율을 차지하는 밥의 소비가 점차 줄어들고 있기 때문에 밥을 대체하여 쌀을 다량 소비할 수 있는 가공 제품의 개발이 무엇보다 필요하다. 과거에는 쌀을 대부분 주식인 밥용으로 공급하는데 집중되었기 때문에 다른 가공식품으로 전환할 필요성이 적었고, 밀가루에 비하여 원가가 높아서 가격경쟁력이 상대적으로 낮은 문제점으로 인하여 쌀을 가공용으로 이용하는 비율이 낮았다(4).

전분을 다량 함유하고 있는 곡류는 전분의 호화과정을 거쳐서 가공식품이 제조되기 때문에 가공된 식품은 상당한 수분을 함유하고 있어서 보존 기간이 길어지면 건조와 아울러 전분의 노화에 의하여 텍스처가 단단해지고 소화율이 감소되는 문제점이 있다(5-8). 식빵이 단단해지는 현상은 밀 전분의 수용성 아밀로펙틴이 감소하고 전분과 단백질의 상호작용에 의하여 일어난다고 설명되고 있다(6,8). Martin 등(6)은 팽윤된 전분 입자와 단백질 조직과의 상호작용에 의하여 노화가 일어나며 이러한 상호작용은 굽기 과정에서 이미 시작되지만 저장기간이 경과할수록 끊임없이 계속되어 빵의 조직감이 변화한다고 설명하였다. 따라서 곡류 가공식품에 하이드로 검류(9)와 감미료(10,11)를 첨가하거나 전분에 작용하는 효소를 처리(12-14)하는 등의 방법으로 전분의 노화를 억제하는 방법이 연구되었다.

쌀 가공식품은 전분구조 자체의 노화뿐 아니라 가루의 제분 과정에서 발생되는 손상 전분이 품질에 상당한 영향을 미친다(15). 또한 쌀 전분뿐 아니라 단백질은 수분 흡수량과 호화 점도에 주요한 역할을 한다(16-21). 저장기간 동안 효소 작용에 의해 전분뿐 아니라 단백질이 분해되거나 구조가 변하여 전분 페이스트의 물성이 변화하며 단백질의 용해도가 감소한다(16). Chrastil의 연구(18)는 저장 조건에 따라서 전분의 아밀로오스 함량이 감소하고 아밀로펙틴이 증가하였으며, Teo 등(21)은 저장기간이 길어짐에 따라서 전분보다는 단백질 구조 변화가 저장 쌀의 물성 변화의 일차적인 원인이라고 하였다.

장기간 저장된 공공 비축용 쌀인 정부미는 현재 정부미라는 이름으로 공급되는데 2011년에는 72만 톤 규모였다. 정부미는 1995년까지는 전량 통일미였으나 1996년부터는 수입된 쌀도 정부미로 판매되고 있다(22). 2010년도 쌀 공급량은 621만 톤이지만 수요량은 470만 톤으로 연말 재고가 150만 톤에 달하고 있어서(23) 장기 저장되는 쌀의 다양한 이용

†Corresponding author. E-mail: kohfood@kmu.ac.kr
Phone: 82-53-580-5876, Fax: 82-53-580-5885

방법을 개발해야 한다. 국내에서 공급되는 가공용 쌀은 양조용이 가장 많은 비중을 차지하지만 그 밖에 다양한 가공식품으로 활용범위를 확대할 필요가 있다. 쌀의 저장기간에 따른 밥맛의 차이와 식감의 변화 등에 대한 연구 결과는 다수 있으나(3,24,25) 저장된 쌀가루의 가공적성에 대한 연구는 부족하다. 따라서 본 연구는 가공용으로 국내에서 육종된 쌀과 비교하여 국내에서 저장된 국내산과 수입산 저장용 쌀의 품질 특성을 분석하여 이들을 빵과 면 등의 가공용으로 사용할 수 있는 가능성을 평가하였다.

재료 및 방법

실험 재료

시료로 사용된 정부관리 쌀은 가공용으로 분류되어 공급되는 것으로, 2007년 수확된 국내산 벼와 2009년 수입된 미국산 벼를 각각 2012년 2월에 도정하여 대구시 농산물 유통과를 통해 공급받았다. 대조구로 사용된 저장하지 않은 쌀은 국내에서 국수 등의 가공을 목적으로 육종된 고 아밀로오스 품종의 *Goamibyeo*를 2011년 수확하여 2012년 2월 도정한 것을 경상북도 의성의 농가에서 공급받았다.

실험에 사용된 hydroxyl propyl methyl cellulose(HPMC, 삼성정밀, 울산, 한국), 밀가루(강력 밀맥스, 삼양사, 서울, 한국), 소금(정제염, 해표, 서울, 한국), 설탕(백설탕, CJ 제일제당, 인천, 한국), 이스트(Saf Levure-instant, Lyons, France), 식물성 기름(콩 식용유, 오뚜기, 안양, 한국) 및 쇼트닝(알프스쇼트닝-200, 서울 하인즈, 인천, 한국)은 시중에서 구입하여 사용하였다.

경도

도정된 쌀의 경도는 실온의 desiccator에 넣어 24시간 방치한 후 측정하였다. 물에 불린 쌀의 경도는 쌀 5 g을 10 mL 물에 4시간 상온에서 침지한 후 물기를 제거하여 즉시 측정하였다. 경도 측정은 Texture analyzer(TA.XT express, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, UK)에 5 mm stainless cylinder probe를 장착하고 test speed 0.5 mm/sec, compression ratio 30%로 쌀알이 부서지는데 필요한 힘(kg)을 측정하였다.

제분

도정된 쌀을 Centrifugal disc mill(KCFM-48, Korea Medi Ltd., Deagu, Korea)의 분쇄판 간격을 1.2 cm로 조절하여 건식제분 하여 쌀가루를 얻고 이를 밀봉, 냉동 저장해서 실험에 이용하였다.

입도 분석

쌀가루의 입도 분포는 Laser diffraction particle size analyzers(LS13 320, Beckman coulter, Fullerton, CA, USA)를 이용하여 가루를 isopropyl alcohol에 현탁시켜 입자 크기를 측정하였다.

일반성분 분석

AACC approved method(26) 08-03, 46-10, 30-26에 따라서 쌀가루의 회분, 단백질, 지방 함량을 측정하였다. 아밀로오스 및 손상 전분 함량은 Megazyme kit(Megazyme International Ltd., Wicklow, Ireland) K-AMYL 04/06 및 K-SDAM 02/2008을 이용하여 분석하였다.

수분 흡수력

쌀가루의 수분 흡수력(water absorption index)은 AACC approved methods 56-30(26)에 따라서 측정하였다.

RVA 호화 특성

쌀가루의 호화 특성은 Rapid visco-analyzer(RVA, Tecmaster, Newport Scientific, Warriewood, Australia)를 이용하여 Han 등(27)의 연구와 같은 조건으로 분석하였다.

제빵 특성

쌀가루를 이용한 100% 쌀 빵은 Han 등(28)의 방법에 따라서 Table 1과 같은 배합비로 반죽하였다. 수분 첨가량에 따라서 빵의 품질에 차이가 나타나기 때문에 120, 130, 140%로 수분 첨가량을 다르게 반죽하여 비교하였다. 구워진 빵은 2시간 실온에 식힌 후 무게와 부피를 측정하여 빵의 부피를 무게로 나눈 specific volume(SV)을 구하였다.

빵의 단단한 정도는 구운 후 2시간 동안 빵을 식혀 중앙으로부터 20 mm 두께로 썰어 빵의 단단한 정도(firmness)를 AIB standard procedure(29)에 따라서 측정하고, 24시간 밀봉하여 냉장고에 저장 보관한 빵에 대하여도 동일한 방법으로 측정하였다. 빵의 노화도(firmness rate)는 24시간 저장된 빵과 2시간 식힌 빵의 측정된 단단한 정도의 비율로 표시하였다.

제면 특성

쌀가루를 이용한 100% 쌀국수는 Cham과 Suwannaporn(30)의 방법에 따라서 제조하였다. 건면의 조직감은 단단함(breaking force)과 신장성(distance)을 측정하였고, 조리적성을 파악하기 위하여 조리 손실률, 조리된 면의 tensile strength를 Han 등(27)의 방법에 따라서 분석하였다. 모든 실험은 20가닥 이상의 국수를 측정하여 평균과 표준편차를 구하였다.

Table 1. Formula of 100% rice bread (14% mb)

Ingredient	Wheat bread		Rice bread	
	Baker's %	Batch (g)	Baker's %	Batch (g)
Wheat flour	100	100	0	0
Rice flour	0	0	100	100
Water	63	63	80~140	80~140
Yeast	1.77	1.77	3	3
Sugar	6	6	8.5	8.5
Salt	1.5	1.5	1	1
Shortening	3	3	0	0
Vegetable oil	0	0	6	6
HPMC	0	0	3	3

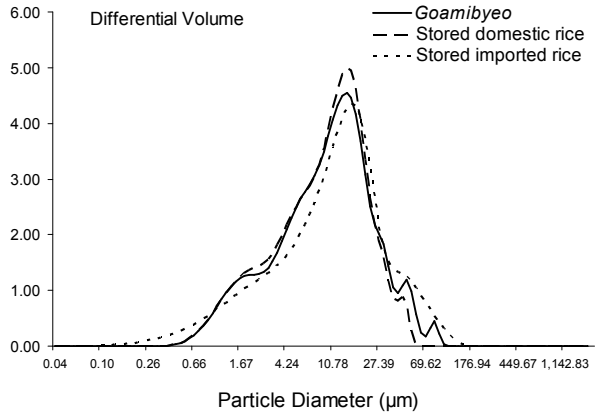

Fig. 1. Particle size of rice flours.

통계분석

실험 결과는 SPSS 통계 프로그램(Version 19.0, IBM Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 일원배치분산분석을 한 후 사후검정으로 Duncan's multiple range test를 하였다.

결과 및 고찰

시료로 사용된 쌀가루의 입도 분포는 Fig. 1과 같이 10 μm 내외에 가장 많이 분포되어 있다. 가루의 색도는 Table 2와 같이 *Goamibyeo*의 백색도(L)가 가장 높고, 저장 쌀은 백색도가 낮으며 황색도(b)가 높았다. 쌀을 저장하면 저장기간 동안 지방의 산패와 갈변반응 등으로 인하여 색이 변질되는데(1), 본 연구에서도 정부미의 색이 진한 것을 확인할 수 있었다. Table 3의 결과에서 저장기간이 짧은 *Goamibyeo*의 수분 함량이 정부미보다 높았다. 이는 쌀의 저장기간이 길어지면 수분 함량이 감소한다는 일반적인 사실(1)과 같은 결과이다. 단백질, 지방 및 회분 등의 일반 성분은 국내산 쌀 두 가지에 비하여 수입산 정부미가 유의적으로 가장 낮았다.

Table 2. Hunter's values of rice flours

Rice	L[1)]	a	b
Goamibyeo	94.4±0.2[a2)]	-0.5±0.0[a]	2.9±0.1[c]
SDR	93.3±0.1[c]	-0.6±0.0[b]	3.7±0.1[a]
SIR	93.8±0.0[b]	-0.6±0.0[b]	3.0±0.1[b]

SDR: stored domestic rice, SIR: stored imported rice.
[1)]L: brightness, a: redness, b: yellowness.
[2)]Within a column, values with different letters are significantly different ($p<0.05$) using Duncan's multiple range test.

Table 3. Moisture, protein, lipid, ash and amylose contents (%) of rice flours

Rice	Moisture	Protein	Lipid	Ash	Amylose
Goamibyeo	5.0±0.2[a1)]	8.1±0.0[b]	0.5±0.0[a]	0.4±0.0[ab]	19.8±0.3[a]
SDR	4.2±0.1[c]	8.3±0.1[a]	0.5±0.0[a]	0.5±0.0[a]	13.1±1.0[b]
SIR	4.5±0.1[b]	6.5±0.0[c]	0.4±0.0[b]	0.4±0.1[b]	12.7±0.8[b]

SDR: stored domestic rice, SIR: stored imported rice.
[1)]Within a column, values with different letters are significantly different ($p<0.05$) using Duncan's multiple range test.

Table 4. Hardness of rice kernel

Rice	Dry rice (kg)	Wet rice (kg)
Goamibyeo	10.0±2.3[b1)]	1.5±0.6[b]
SDR	10.6±1.6[ab]	1.5±0.6[b]
SIR	11.5±2.2[a]	2.2±0.6[a]

SDR: stored domestic rice, SIR: stored imported rice.
[1)]Within a column, values with different letters are significantly different ($p<0.05$) using Duncan's multiple range test.

Table 5. Damage starch and water absorption index of rice flours

Rice	Damage starch (%)	WAI ($g \cdot g^{-1}$)
Goamibyeo	19.1±0.6	1.6±0.0
SDR	19.1±1.9	1.6±0.0
SIR	20.0±0.6	1.6±0.0

SDR: stored domestic rice, SIR: stored imported rice.

두 가지 정부미 모두 가공용으로 공급되고 있으나 아밀로오스 함량이 13% 이하로, 이는 빵이나 국수 등의 가공용에 적합한 쌀의 아밀로오스 함량이 22% 이상인 것(27,28,31)에 비하여 가공용으로 사용하기에 부족하였다.

건조된 쌀의 단단한 정도는 Table 4와 같이 수입 정부미가 가장 단단하였으며 물을 흡수시킨 후에도 수입 정부미가 가장 단단하였다. 이런 단단함의 정도는 전분 손상도와 연관되어 불린 쌀의 경도가 가장 높은 수입 정부미의 손상 전분 함량이 Table 5와 같이 높았으나 통계적으로 유의적 차이는 없었다. 일반적으로 손상 전분 함량이 높은 가루는 수분 흡수율이 높으나(32), 본 연구에서는 건식제분으로 인하여 모든 시료의 전분 손상도가 높았고 따라서 수분 흡수율도 높기 때문에 시료 간에 유의적인 차이가 없었다. Perdon 등(24)은 저장조건에 따라서 쌀의 수분 흡수율이 증가한다고 하였으나, 본 연구에서는 저장 쌀의 수분 흡수율이 특별히 더 높지 않았다. 이러한 결과는 저장에 따라서 수분 흡수율이 증가하더라도 두 가지 정부미의 아밀로오스 함량이 *Goamibyeo*보다 낮기 때문에 결과적으로 수분 흡수율이 비슷한 것으로 판단된다. 가루의 수분 흡수율은 가루의 가공적성을 결정하는데 매우 중요한 지표로서(24,25,33,34) 손상 전분의 함량과도 관계가 있지만, 또한 아밀로오스 함량과도 관계된다(35).

가루의 호화 점도 특성은 Table 6과 같이 국내산 정부미의 호화 점도가 가장 높고 수입산 정부미의 호화 점도가 가장 낮다. 쌀을 장기 저장하면 paste의 점도가 증가한다(31,

Table 6. Pasting properties of rice flours (unit: RVU)

Rice	PV[1)]	HPV	CPV	Breakdown
Goamibyeo	219.6±0.4[c2)]	130.2±9.3[b]	244.2±6.2[b]	89.3±8.8[c]
SDR	346.7±4.1[b]	189.1±5.6[a]	327.3±6.5[a]	157.6±6.6[b]
SIR	381.4±6.6[a]	197.6±9.9[a]	329.0±15.5[a]	183.8±3.4[a]

SDR: stored domestic rice, SIR: stored imported rice.
[1)]PV: peak viscosity, HPV: hot paste viscosity, CPV: cold paste viscosity.
[2)]Within a column, values with different letters are significantly different ($p<0.05$) using Duncan's multiple range test.

Table 7. Specific volume (SV) and firmness of rice bread

Sample	Water (%)	SV (mL/g)	Crumb hardness (g)		Firmness rate
			2 hr storage	24 hr storage	
Wheat	63	4.6	81.8±5.9	309.9±24.0	3.8
Goamibyeo	120	4.3[b1)]	38.7±3.2[b]	112.6±16.3[c]	2.9
	130	4.4[ab]	48.6±4.2[a]	121.3±14.9[b]	2.5
	140	4.6[a]	34.9±3.2[c]	135.5±24.8[a]	3.9
SDR	120	5.5[a]	ND[2)]	ND	−
	130	5.2[ab]	ND	ND	−
	140	5.0[b]	ND	ND	−
SIR	120	4.9	ND	ND	−
	130	4.7	ND	ND	−
	140	4.7	ND	ND	−

SDR: stored domestic rice, SIR: stored imported rice.
[1)]Within a column of rice, values with different letters are significantly different ($p<0.05$) using Duncan's multiple range test.
[2)]ND: Not determined.

33)고 알려져 있으나, Zohu 등(36)은 저장기간, 저장온도, 수분 함량 등에 따라 점도가 증가하기도 하고 감소하기도 한다고 하였다. Zohu 등(36)의 결과는 수분 함량이 12.9~13.6%일 때 peak viscosity가 증가하지만 8.8~10.7%일 때는 오히려 감소하였다. 본 연구에 사용된 정부미는 두 가지 모두 높은 호화 점도를 나타내어 일반적인 수분 함량으로 저장된 쌀의 전형적인 호화 특성이 관찰되었다. Breakdown viscosity는 *Goamibyeo*보다 유의적으로 매우 높아서 점도의 안정성이 낮은 것을 알 수 있다. Zhou 등(36)은 저장기간이 길어지면 쌀 전분의 구조가 점점 규칙적으로 배열되어 호화 전분의 breakdown viscosity가 감소한다고 하였다. 그러나 본 연구의 저장 정부미는 breakdown viscosity가 오히려 *Goamibyeo*보다 높았다. 이러한 특성은 정부미의 저장 전의 전분의 호화 특성을 알 수는 없으나 정부미에 포함된 쌀의 특성에서 유래하여 breakdown viscosity가 저장과 관계없이 원래부터 높은 쌀로 예측된다.

가루의 제빵 적성을 조사한 결과 Table 7과 같이 쌀가루에 HPMC 3%를 첨가하여 빵을 만들었을 때 수분 첨가량에 따라서 빵의 SV가 구운 직후에 측정하면 4.3~5.5로 대조구인 밀 빵(4.6)과 거의 유사하거나 오히려 부피가 증가하였다. *Goamibyeo*의 경우 수분 첨가량에 따라서 빵의 부피가 증가하고 단단한 정도에 차이가 있다. 140% 첨가하면 빵의 부피가 가장 크지만 노화도(firmness rate)가 증가하기 때문에 130% 수분 첨가량이 가장 적당한 것으로 판단된다. 수분을 많이 첨가할 경우 저장기간 동안에 노화 정도가 더 증가하였다. 그러나 저장 쌀은 oven spring 후 빵을 실온으로 식히는 동안 빵의 모양이 유지되지 못하고 가라앉아서 crumb 조직의 단단함을 측정하는 것은 의미가 없었다. 이러한 결과는 아밀로오스 함량이 적은 쌀로 빵을 만들면 구운 후 식히는 동안 모양을 유지하지 못한다는 Han 등(28)의 연구와 일치하는 결과를 나타내었다. 그러나 *Goamibyeo*는 건식제분을 하였어도 SV가 4.5까지 되도록 부풀고 oven spring 후에도 모양이 정상적으로 유지되었다. 저장된 정부미는 발효와 굽기 과정에는 문제가 없었으나 식은 후에 모양을 유지하지 못하여 100% 쌀 빵을 제조하는데 이용하기에는 적합하지 않은 것으로 판단되므로 가공용으로 공급되는 정부미를 제빵에 이용하기 위하여 밀과 섞어서 사용하는 방법을 개발하여야 할 것으로 판단된다.

국수의 원료로 쌀을 밀과 대체하기 위하여 쌀가루의 제면성을 시험하였다. 쌀국수에 적합한 품종으로 알려진 *Goamibyeo*를 대조구로 하여 두 가지 정부미로 만든 건면의 품질은 Table 8과 같이 국수의 단단함과 신장성에 유의적 차이가 없었다. 그러나 조리된 면의 품질 특성은 Table 9에 나타난 바와 같이 정부미와 *Goamibyeo* 간에 유의적인 차이를 관찰할 수 있었다. 국수의 조리 손실률은 *Goamibyeo*가 오히려 높았으나 삶은 국수의 물성은 정부미가 *Goamibyeo*보다 무른 성질을 나타내었다. 즉 삶은 국수의 tensile strength는 *Goamibyeo* 국수의 탄성(Rmax)이 높고 신장성(distance)이 낮았다. 쌀국수를 만들기에 적합한 품종으로 알려진 *Goamibyeo*로 만든 국수와 비교하여 정부미로 만든 국수는 조리 손실률은 적으나 국수의 탄성이 약하기 때문에 100% 정부미만으로 국수를 제조하는 것보다 밀가루 또는 고 아밀로오

Table 8. Textural characteristics of dry flat rice noodles

Rice	Breaking force (kg)	Distance (mm)
Goamibyeo	0.4±0.1	3.8±1.0
SDR	0.3±0.1	3.7±1.2
SIR	0.4±0.2	4.2±1.5

SDR: stored domestic rice, SIR: stored imported rice.

Table 9. Cooking properties of cooked flat rice noodles

Rice	Cooking lose	Tensile strength	
		Rmax (kg)	Distance (mm)
Goamibyeo	9.3±0.2[a1)]	0.10±0.04[a1)]	10.8±3.4[a]
SDR	6.4±0.6[b]	0.05±0.01[b]	15.0±3.1[c]
SIR	7.6±1.0[b]	0.05±0.02[b]	13.3±4.3[b]

SDR: stored domestic rice, SIR: stored imported rice.
[1)]Within a column, values with different letters are significantly different ($p<0.05$) using Duncan's multiple range test.

스 전분을 함께 첨가하여 쌀국수를 제조하는 것이 효과적일 것으로 생각된다.

요 약

가공용으로 공급되는 국내산 정부미와 수입산 정부미의 품질 특성을 조사하고 빵이나 국수의 원료로 사용하기 위하여 제빵 및 제면성을 시험하였다. 두 가지 정부미 모두 가루의 백색도가 낮고 황색도가 증가되어 저장된 쌀의 색의 특성이 관찰되었고 아밀로오스 함량이 13% 이하로 국수나 빵을 만드는데 적합한 고 아밀로오스(22% 이상) 쌀로 사용하기에는 부적합하였다. 낟알의 경도는 수입산 정부미가 가장 단단하였지만 제분된 가루의 손상 전분 함량과 수분 흡수율은 시료 간에 유의적인 차이가 없었다. 수입산 정부미의 호화 점도가 높고 국내산 정부미의 호화 점도가 상대적으로 낮았으나 두 가지 모두 저장되지 않은 가공용 쌀 *Goamibyeo*에 비하여 높은 점도를 나타내어 일반적인 저장 쌀의 호화 특성이 관찰되었다. 그러나 저장기간에 따라서 감소된다고 알려진 breakdown viscosity는 정부미가 오히려 높은데 이는 저장에 따른 효과보다 정부미 자체 전분의 특성에 기인한 것으로 예측된다. 두 가지 정부미 모두 빵의 발효와 굽기 과정까지는 우수한 제빵성이 관찰되었지만 굽기 후 식히는 과정에서 빵의 모양이 유지되지 못하고 가라앉아서 100% 쌀 빵을 만들기에 부적합하였다. 100% 쌀로 만든 국수의 조리 손실률은 정부미가 *Goamibyeo*보다 적었지만 국수의 탄성이 적고 신장성이 커서 무른 특성이 나타났다. 따라서 가공용으로 공급되는 국내산 및 수입산 정부미를 빵이나 국수 등의 원료로 이용하려면 밀가루 또는 제면 제빵성이 우수한 곡류를 혼합하여 반죽의 물성을 개량한 후 사용하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부의 고부가 식품산업 전문 인력 양성사업으로 수행된 연구 결과로 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Zhou Z, Robards K, Helliwell S, Blanchard C. 2002. Ageing of stored rice: changes in chemical and physical attributes. *J Cereal Sci* 35: 65-78.
2. Chrastil J, Zarins ZM. 1992. Influence of storage on peptide subunit composition of rice oryzenin. *J Agric Food Chem* 40: 927-930.
3. Meullenet JFC, Marks BP, Griffin K, Daniels MJ. 1999. Effects of rough rice drying and storage conditions on sensory profiles of cooked rice. *Cereal Chem* 76: 483-486.
4. Lee HW. 2003. Rice processing food and cooked rice industry. *J East Asian Soc Dietary Life* 13: 218-231.
5. Rogers DE, Zeleznak KJ, Lai CS, Hoseney RC. 1988. Effect of native lipids, shortening, and bread moisture on bread firming. *Cereal Chem* 65: 398-401.
6. Martin ML, Zeleznak KJ, Hoseney RC. 1991. A mechanism of bread firming. I. Role of starch swelling. *Cereal Chem* 68: 498-503.
7. Kang HJ, Lee JK, Lim JK. 2012. Quality characteristics of *Topokki Garaedduk* with different moisture ratios. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 561-565.
8. He H, Hoseney RC. 1990. Change in bread firmness and moisture during long-term storage. *Cereal Chem* 67: 603-605.
9. Kim KO, Youn KH. 1984. Effects of hydrocolloids on quality of *Packsulki*. *Korean J Food Sci Technol* 16: 159-164.
10. Lee SY, Kim KO. 1986. Sensory characteristics of Packsulkis (Korean traditional rice cakes) containing various sweetening agents. *Korean J Food Sci Technol* 18: 325-328.
11. Zhou JC, Peng YF, Xu N. 2007. Effect of trehalose on fresh bread and bread staling. *Cereal Foods World* 52: 313-316.
12. Dragsdorf RD, Varriano-Marston E. 1980. Bread staling: X-ray diffraction studies on bread supplemented with α-amylases from different sources. *Cereal Chem* 57: 310-314.
13. Gujral HS, Haros M, Rosell CM. 2003. Starch hydrolyzing enzymes for retarding the staling of rice bread. *Cereal Chem* 80: 750-754.
14. Koh BK. 1999. Development of the method to extend shelf life of Backsulgie with enzyme treatment. *Korean J Soc Food Sci* 15: 533-538.
15. Kum JS, Lee SH, Lee HY, Kim KH, Kim YI. 1993. Effect of different milling methods on physico-chemical properties & products. *Korean J Food Sci Technol* 25: 546-551.
16. Martin M, Fitzgerald MA. 2002. Proteins in rice grains influence cooking properties! *J Cereal Sci* 36: 285-294.
17. Chrastil J. 1990. Protein-starch interactions in rice grains. Influence of storage on oryzenin and starch. *J Agric Food Chem* 38: 1804-1809.
18. Chrastil J. 1992. Correlations between the physicochemical and functional properties of rice. *J Agric Food Chem* 40: 1683-1686.
19. Dhaliwal YS, Sekhon KS, Nagi HPS. 1991. Enzymatic activities and rheological properties of stored rice. *Cereal Chem* 68: 18-21.
20. Guraya HS, James C, Champagne ET. 2001. Effect of enzyme concentration and storage temperature on the formation of slowly digestible starch from cooked debranched rice starch. *Starch* 53: 131-139.
21. Teo CH, Karim AA, Cheah PB, Norziah MH, Seow CC. 2000. On the roles of protein and starch in the aging of non-waxy rice flour. *Food Chem* 69: 229-236.
22. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. 2011. Food, agriculture, forestry and fisheries key statistics. http://library.mifaff.go.kr/skyblueimage/1268.pdf
23. Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. 2011. Food administration. http://library.mifaff.go.kr/skyblueimage/678.pdf
24. Perdon AA, Marks BP, Siebenmorgen TJ, Reid NB. 1997. Effects of rough rice storage conditions on the amylograph and cooking properties of medium-grain rice cv. Bengal. *Cereal Chem* 74: 864-867.
25. Daniels MJ, Marks BP, Siebenmorgen TJ, McNew RW, Meullenet JF. 1998. Effects of long-grain rough rice storage history on end-use quality. *J Food Sci* 63: 832-840.
26. AACC International. 2000. *Approved methods of the AACC*. 10th ed. Method 08-03, 46-10, 30-26, 56-30. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.
27. Han HM, Cho JH, Koh BK. 2011. Processing properties of Korean rice varieties in relation to rice noodle quality. *Food*

Sci Biotechnol 20: 1277-1282.
28. Han HM, Cho JH, Kang HW, Koh BK. 2012. Rice varieties in relation to rice bread quality. *J Sci Food Agric* 92: 1462-1467.
29. AIB International. 2006. *AIB Standard Procedure*. White Pan Bread Firmness Measurement. American Institute of Baking. http://www.aibonline.org/researchandtechnical/services/prodqualityeval/AIBTextureAnalysis%20Procedures.PDF
30. Cham S, Suwannaporn P. 2010. Effect of hydrothermal treatment of rice flour on various rice noodles quality. *J Cereal Sci* 51: 284-291.
31. Kohlwey DE, Kendall JH, Mohindra RB. 1995. Using the physical properties of rice as a guide to formulation. *Cereal Foods World* 40: 728-732.
32. Hatcher DW, Anderson MJ, Desjardins RG, Edwards NM, Dexter JE. 2002. Effects of flour particle size and starch damage on processing and quality of white salted noodles. *Cereal Chem* 79: 64-71.
33. Nishita KD, Roberts RL, Bean MM, Kennedy BM. 1976. Development of a yeast-leavened rice bread formula. *Cereal Chem* 53: 626-635.
34. Dowell FE, Maghirang EB, Pierce RO, Lookhart GL, Bean SR, Xie F, Caley MS, Wilson JD, Seabourn BW, Ram MS, Park SH, Chung OK. 2008. Relationship of bread quality to kernel, flour, and dough properties. *Cereal Chem* 85: 82-91.
35. Lee MR, Swanson BG, Baik BK. 2001. Influence of amylose content on properties of wheat starch and breadmaking quality of starch and gluten blends. *Cereal Chem* 78: 701-706.
36. Zhou Z, Robards K, Helliwell S, Blanchard C. 2003. Effect of rice storage on pasting properties of rice flour. *Food Res Int* 36: 625-634.

(2012년 7월 12일 접수; 2012년 10월 15일 채택)