

미성숙 찰쌀보리가루를 첨가한 식빵반죽의 품질특성

김예슬·박주연·이정희[†]
대구대학교 식품영양학과

Quality Characteristics of Bread Dough added with Immature Chalssalbori Flour

Ye-Seul Kim · Ju Yeon Park · Jeung Hee Lee[†]

Department of Food and Nutrition, Daegu University, Gyeongsan 712-714, Korea

Abstract

This study investigated both the chemical and antioxidative characteristics of wheat flour added with 10, 20 and 30% immature chalssalbori flour; further, the quality characteristics of bread dough during yeast fermentation were assessed. As the addition rate of chalssalbori flour into wheat flour increased, the DPPH radical scavenging capacity, water absorption index, water solubility index and viscosity were all increased. Moreover, the bread dough with an increased addition rate of chalssalbori flour demonstrated an increased pH, reduced fermentative expansion power and a darker yellowish color. The bread dough added with chalssalbori flour after mixing showed higher hardness, gumminess and adhesiveness, but lower cohesiveness and springiness compared to the control; however, these texture characteristics were changed during fermentation. In the present study, the mixed flour with 10% immature chalssalbori flour conveyed similar pasting characteristics to those of wheat flour; moreover, its bread dough showed higher springiness and fermentative expansion power. Furthermore, a delay effect of starch retrogradation can be expected compared to the control.

Key words: bread dough, fermentation, immature chalssalbori flour, pasting characteristics, texture property

I. 서론

세계 4대 주요 곡물 중 하나인 보리는 우리나라에서 보리밥, 보리차, 엿기름, 된장, 고추장 등의 형태로 이용되고 있다. 보리쌀은 전분(64%), 단백질(11%), 지방(2%), 식이섬유(6%) 및 각종 비타민과 무기질이 풍부하게 함유된 우수한 식량자원이다(Song JC 2000). 찰보리는 메보리에 비해 아밀로펙틴의 함량이 높고, β -glucan 등의 유용성분을 다량 함유하고 있다. β -glucan은 수용성 식이섬유로서 인체 내 소화기관에서 분해되지 않고 점도를 유지하여 포만감 증대, 배변활동 개선, 혈중 콜레스테롤 저하 및 혈당감소 등의 효과가 있으며, 식품 산업에서 점증제 및 수분 보유력 증대를 위해 이용되고 있다(Kim SR 등 1999). 특히 찰쌀보리는 수분 침투와 조리시간이 빠르고 밥알의 퍼짐성이 좋아 취반특성이 우수하며, 밥이 식은 후에도 잘 굳지 않는 것으로 알려져 있다(Park MW 등

1978). 현대인의 만성질환 예방 및 치료를 위한 찰보리 소비 증진과 관련하여 찰보리를 첨가한 인절미(Yoon GS와 Koh HY 1998)와 브라운소스(Kim SK와 Kim CH 2012) 및 보리 β -glucan 강화 국수(Lee YT와 Jung JY 2003)의 품질 특성에 관한 연구가 진행되었다.

찰쌀보리는 출수 후 등숙 과정을 거쳐 성숙이 완료된다. 미성숙 찰쌀보리는 완숙보다 수분, 단백질, 지방, 환원당, 유리아미노산의 함량이 높은 반면 전분과 섬유소의 함량은 낮다(Ju JI 등 2007). β -glucan은 미성숙 곡립일수록 그 함량은 낮지만, 찰보리와 찰쌀보리의 비교 시 완숙 찰보리보다 출수 후 21일의 미성숙 찰쌀보리에서 그 함량이 높게 나타났다. 찰쌀보리는 등숙과정에서 밝은 녹색에서 어두운 적황색으로 색도가 변하여 L값은 감소하고 a값과 b값은 증가하였다(Ju JI 등 2007). 보리의 배아, 겨층 및 호분층에는 proanthocyanidin류를 비롯한 polyphenol 화합물들이 함유되어 항산화효과가 높은 것으로 알려져 있다(Seog HM 등 2002).

미성숙 곡류는 겉겨만 제거하고 도정하지 않은 전곡립의 형태로 이용되며, 미성숙 곡류를 함유하는 식품의 가공 및 조리적성에 관한 연구가 진행 중에 있다. 미성숙 밀을 20% 첨가한 머핀과 쿠키는 느끼함이 감소된 고소한

[†]Corresponding author: Jeung Hee Lee, Department of Food and Nutrition, Daegu University, Gyeongsan, Gyeongbuk 712-714, Korea
Tel: +82-53-850-6836
Fax: +82-53-850-6839
E-mail: jeunghlee@daegu.ac.kr

맛의 특성을 가지며(Kim JY 등 2013), 미성숙 찰쌀보리로 제조된 미숫가루가 첨가된 쿠키는 밀가루로 제조된 쿠키보다 퍼짐성이 감소되었지만 맛, 향기 및 전체적인 기호도 평가에서 유의차가 없는 것으로 조사되었다(Yi AY 등 2013). 출수 후 15일 된 호숙기 미성숙 멥쌀 30%가 첨가된 백설기는 완숙멥쌀백설기와 비교하여 고소한 맛과 녹색이 부여되고 전체적인 기호도는 유사한 것으로 평가되었다(Park SR과 Lee JH 2013).

우리나라는 최근 주식대용으로 빵 소비가 증가하고 종전의 하얗고 부드러운 빵을 선호하는 패턴에서 건강을 고려하여 전곡립으로 제조된 건강한 먹거리를 섭취하려는 추세에 있다. 이에 소비자들은 전곡립인 통밀, 호밀, 보리, 현미 등이 함유된 식빵을 구입하지만, 밀가루 식빵에 비해 기호도가 낮은 것은 사실이다. 미성숙 찰보리를 비롯한 전곡립으로 식빵을 제조할 경우 글루텐의 형성이 되지 않아 빵의 부피형성이 되지 않고(Lee JH 등 2012), 미성숙 전곡립 자체의 특유한 풋내로 인해 기호적인 측면이 좋지 않게 된다. 그러나 미성숙 전곡립 형태의 찰쌀보리는 식이섬유를 비롯한 다양한 기능성 성분을 함유하고 있어 영양학적으로도 상품성을 기대할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 전곡립의 형태인 미성숙 찰쌀보리를 식빵을 비롯한 베이커리 식품으로의 조리 및 가공적성도를 높이고, 활용도를 증진시키기 위한 기본 연구를 진행하고자 미성숙 찰쌀보리의 수분흡수지수, 점도, 향산화활성과 호화특성을 분석하고, 일정비율을 첨가하여 제조한 식빵 반죽의 발효 과정 중 팽창력, pH, 조직감, 색도의 변화 등을 조사하여 그 품질 특성을 평가하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료

미성숙 찰쌀보리(풍산찰쌀보리)는 전라북도 농업기술원(Iksan, Korea)에서 제공받은 것으로 2010년 출수 후 20일에 수확된 후 분쇄되어 사용되었다(분쇄기, DA700-G, ㈜대성아트론, 파주, Korea), 강력분 밀가루(CJ제일제당, 인천, Korea), 이스트(Instant dry yeast, 전원식품, Kimpo, Korea), 설탕(CJ제일제당, 인천, Korea), 소금(CJ제일제당, 인천, Korea), 탈지분유(서울우유, 서울, Korea), 제빵개량제(Pantera, Puratos Korea, 서울, Korea), 쇼트닝(베타빈, 동서유지, 창원, Korea)은 시중에서 구입하여 사용하였다.

2. 미성숙 찰쌀보리가루의 수분함량, 수분흡수지수, 수분용해지수 및 점도 측정

밀가루 강력분에 대해 찰쌀보리가루를 0, 10, 20, 30, 100%(w/w)비율로 혼합한 시료의 수분함량을 상압가열건조법으로 3회 반복 측정하였다. Aluminium dish의 무게를

칭량하고 105°C의 dry oven(Forced convection oven, Daihan Labtech, Seoul, Korea)에서 30분간 가열한 후, desiccator에 옮겨 10분간 방냉하였다. 다시 dish의 무게를 칭량하고, 무게의 변화가 없을 때까지 반복하였다. 시료 5 g을 칭량하여, dry oven에 1시간 동안 건조시켜 desiccator에 옮겨 20분간 방냉한 후 무게를 측정하였다. 같은 방법으로 dry oven에서 30분 건조, desiccator에서 10분 방냉하여 무게를 측정하고, 시료의 무게가 항량이 될 때 까지 계속하여 수분함량(%)을 계산하였다.

수분흡수지수(water absorption index, WAI) 분석을 위해 시료 1 g을 증류수 20 mL과 혼합하여 25°C, 130 rpm의 shaking water bath에서 20분간 교반한 후 원심 분리하였다(3,000 rpm, 10분). 상층액을 제거하고 잔사의 무게를 측정 후 시료 1 g에 함유된 수분함량을 g으로 WAI로 나타내었다(Chang SM 등 2001). 수분용해지수(water solubility index, WSI)는 시료 1 g을 30 mL 증류수로 혼합하여 25°C에서 30분간 용해하고 3,000rpm에서 20분간 원심분리한 후 취한 상등액을 120°C의 oven에서 건조시켜 산출한 고형물 무게를 시료에 대한 %로 나타내었다. 점도(viscosity)는 시료 40 g을 500 mL의 물에 분산시킨 후 Brookfield 점도계(RVTD, Brookfield engineering laboratories, Middleboro, MA, USA)에 Spindle No.2와 Guard leg를 장착한 후 100 rpm의 회전속도로 측정하여 centi-poise(cP)의 단위로 나타내었다.

3. 미성숙 찰쌀보리가루의 호화도 측정

밀가루 강력분에 대해 찰쌀보리가루를 0, 10, 20, 30% w/w)비율로 첨가하여 Rapid Visco Analyser(RVA-3D, Newport Scientific Inc., New South Wales, Australia)를 이용하여 호화특성을 분석하였다. Aluminium 용기에 시료 3.5 g(수분함량 14%)과 증류수 25 mL를 넣어 50°C에서 교반하고 10초간 960 rpm으로 회전시킨 후 160 rpm에서 총 20분간 점도를 측정하였다. 초기 온도 50°C에서 30초 동안 유지한 후 95°C까지 2분 30초 동안 승온하여 9분간 유지하고 3분에 걸쳐 50°C로 냉각하였다. RVA viscogram으로부터 호화개시온도(pasting temperature, PST), 최고점도(peak viscosity), 최고점도에 이르는 시간(peak time), 최저점도(through viscosity, TV), 최종점도(final viscosity, FV), 구조과괴점도(breakdown viscosity, BT, 최고점도-최저점도)와 회복점도(setback viscosity, SV, 최종점도-최저점도)를 구하였다. 점도의 단위는 cP로 나타내고, 2회 반복하여 측정하였다.

4. 미성숙 찰쌀보리가루의 DPPH free radical scavenging capacity(RSC) 측정

강력분에 대해 찰쌀보리가루를 0, 10, 20, 30, 100%(w/w) 비율로 첨가한 시료 2 g을 80% 에탄올 80 mL와 혼합하

여 35°C water bath에서 1시간 추출한 후 원심 분리하였다(2,800 rpm, 25분). Disposable syringe filter(0.5 µm)를 통과시켜 clear된 상층액 200 µL, 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazil (DPPH, 1.5×10⁻⁴ M)용액 2.5 mL와 80% 에탄올 1,800 µL를 test tube에 넣어 혼합한 후 실온에서 30분간 방치한 뒤 Spectrophotometer(Mecasys Co. Ltd., Daejeon, Korea)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 추출물의 free radical scavenging activity는 다음의 계산식에 의해 구하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging capacity (RSC) (\%)} = \frac{[(Ac - As)/Ac] \times 100}$$

Ac: control의 흡광도
As: sample의 흡광도

5. 식빵 반죽 제조

밀가루 강력분에 대해 찰쌀보리가루를 0, 10, 20, 30% (w/w)비율로 첨가하여 식빵 반죽을 제조하였으며, 식빵 반죽의 재료 및 분량은 Table 1과 같다. 유지를 제외한 모든 재료를 믹서볼에 넣고 반죽기(SKSM150, Kichen aid, St. Joseph, MI, USA) 1단에서 2분, 2단에서 30초간 혼합한 후 쇼트닝을 넣고 3분간 mixing하였다. 다시 3단에서 10분간 mixing 한 후, 온도 30°C, 습도 75%의 발효기(HY-8000S, 전진공업, 아산, Korea)에서 15분간 1차 발효 시켰다. 반죽을 180g씩 분할하고 둥글리기 하여 10분간 실온에서 중간 발효시킨 후, 반죽의 가스를 빼고 성형하여 팬닝한 후 온도 38°C, 습도 85%의 발효기에서 40분간 2차 발효시켰다.

Table 1. Ingredient of bread dough added with different level of immature chalsalbori flour

Ingredients(g)	Content of immature chalsalbori flour			
	Control (0%)	10%	20%	30%
Wheat flour	500	450	400	350
Immature chalsalbori flour	0	50	100	150
Water	330	330	330	330
Yeast	10	10	10	10
Improver	10	10	10	10
Sugar	25	25	25	25
Shortening	20	20	20	20
Milk powder	15	15	15	15
Salt	10	10	10	10
Total	900	900	900	900

6. 반죽의 발효 팽창력 측정

식빵 반죽 15 g을 100 mL 메스실린더에 최대한 공간이 안 생기도록 평평하게 넣고 온도 30°C, 습도 75%의 발효기에서 80분 동안 발효시키면서 매 20분마다 윗면을 평평하게 하여 부피를 측정하였다.

7. 반죽의 수분 함량 측정

Aluminium dish의 무게를 칭량하고 105°C의 dry oven에서 30분간 가열한 후, desiccator에 옮겨 10분간 방냉하였다. 다시 dish의 무게를 칭량하고, 무게의 변화가 없을 때까지 반복하였다. 식빵 반죽을 3~5 g을 칭량하여 넓게 dish에 편 뒤 무게를 칭량하고, dry oven에 1시간 동안 건조시켜 desiccator에 옮겨 20분간 방냉한 후 무게를 측정하였다. 같은 방법으로 dry oven에서 30분 건조, desiccator에서 10분 방냉하여 무게를 측정하고, 시료의 무게가 항량이 될 때까지 계속하여 수분함량(%)을 계산하였고, 3회 반복 측정하였다.

8. 반죽의 pH 측정

식빵 반죽 15 g을 증류수 100 mL와 함께 비이커(500 mL)에 넣어 믹서기로 1분 동안 균질화시키고 spatula로 저어준 후 1분간 더 균질화 시켰다. Conical tube에 균질화된 용액을 넣고 2,500 ppm에서 4분간 원심 분리하고 부유물을 제거한 후 pH meter(Orion 420A+, Thermo electron Co., Beverly, MA, USA)를 사용하여 3회 반복 측정하였다.

9. 반죽의 색도 측정

2차 발효 후의 식빵 반죽(3 g)을 petri dish에 담아 색차계(Colorimeter, JC801, Color techno co., Tokyo, Japan)를 이용하여 Hunter L*(lightness), a*(+redness/-greeness), b*(+yellowness/-blueness)값을 3회 이상 반복 측정하여 그의 평균값을 취하였다. 미성숙 찰쌀보리가루의 첨가량에 따른 식빵 반죽의 전체 색도 차이(ΔE)는 $\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$ 의 공식에 의하여 구하였다.

10. 반죽의 물성 측정

Adaptor No. 25을 장착한 Rheometer(COMPAC-100, Sun Scientific Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 반죽의 물성을 측정하였다. Mixing 직후 반죽의 물성은 반죽 40 g을 비이커에 넣어 측정하고, 1차 발효와 2차 발효 후의 반죽의 물성은 각각 40 g과 20 g씩 비이커에 담아 발효가 끝난 후 측정하였다. 측정조건은 table speed 120 mm/min, load cell(max.) 2 kg으로 설정하고, 진입 거리는 mixing 후와 1차 발효 후 반죽은 30 mm, 2차 발효 후의 반죽은 20 mm로 하여 분석하였다. 식빵반죽의 탄력성(springiness), 경

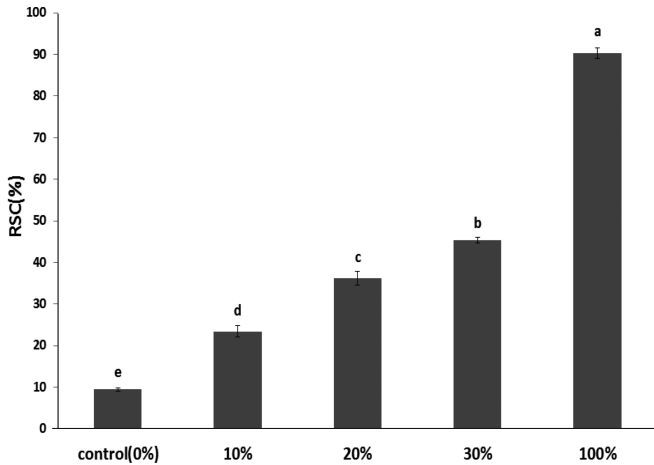


Fig. 1. DPPH free radical scavenging capacity (%) of wheat flour added with 0% (control), 10%, 20% and 30% of immature chalsalbori flour. ^{a-e}Means with different letters on the bars are significantly different ($p < 0.05$)

도(hardness), 검성(gumminess), 응집성(cohesiveness)와 부착성(adhesiveness)를 각각 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

11. 통계 처리

미성숙 찰쌀보리가루를 첨가하여 제조된 식빵반죽의 실험 결과는 SAS(Statistical Analysis System) 9.2를 이용하여 분산분석을 실시하고 Duncan's multiple range test에 의해 각 시료간의 유의적인 차이를 $p < 0.05$ 수준에서 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 미성숙 찰쌀보리가루의 수분함량, 수분흡수지수, 수분용해지수 및 점도

미성숙 찰쌀보리가루의 수분함량(6.94%)은 밀가루 강력분(12.75%)보다 유의적으로 낮아($p < 0.05$), 강력분에 첨

가된 찰쌀보리가루의 함량이 10, 20, 30%로 증가할수록 수분함량은 감소하는 경향을 나타내었다(Table 2). 찰쌀보리가루 첨가율에 따른 식빵 반죽 적성을 비교하고자 수분흡수지수(WAI), 수분용해지수(WSI)와 점도를 측정하여 Table 2에 나타내었다. 찰쌀보리가루(100%)의 WAI와 점도는 강력분보다 유의적으로 높고($p < 0.05$), 찰쌀보리가루 첨가율이 증가할수록 WAI와 점도가 높아진 것으로 확인되었다. 이는 찰쌀보리가루가 강력분보다 β -glucan을 비롯한 수용성 식이섬유를 다량 함유하여 많은 양의 수분을 흡수하고 이로 인해 점도가 증가된 것으로 사료된다(Ju JI 등 2007). 또한, 본 연구에 사용된 찰쌀보리 전분은 일반 메보리가 함유한 다량의 직쇄상 아밀로오스보다 가지 친 형태의 아밀로펙틴 함량이 많아 구조상으로 α -1,6 결합부위인 무정형 영역에서 수분의 흡수가 더 용이하여 수분 결합력이 높게 나타난 것으로 사료된다(Jeong YS 등 2013).

완숙 밀은 제분공정을 통해 배유, 배아, 겨로 각각 분리된 후 순수한 배유로 미세한 가루를 제조하여 밀가루를 얻고, 섬유소 및 무기질 등을 함유하는 밀겨는 제거되어, 강력분 밀가루는 전분 70~72%, 단백질 11~12%, 지방 1% 내외, 섬유소는 0.2~0.3%를 함유하게 된다(Song JC 2000). 미성숙 찰쌀보리(on a dry basis)는 전분 66%, 단백질 11%, 지방 7.5%, 환원당 3.2%, β -glucan 6.4%을 함유하고, fructose, glucose, sucrose 등의 유리당과 수용성 아미노산의 함량은 완숙 찰쌀보리보다 많은 것으로 보고되고 있다(Ju JI 등 2007). 본 연구에 사용된 찰쌀보리가루의 WSI는 강력분보다 높았는데, 이는 미성숙곡립이 완숙곡립보다 유리당 또는 수용성 아미노산등의 수용성물질이 많고 전분함량이 낮기 때문인 것으로 사료되며, 찰쌀보리가루의 첨가량이 증가될수록 WSI가 유의적으로 높아지는 것으로 분석되었다($p < 0.05$).

2. 미성숙 찰쌀보리의 DPPH free radical scavenging capacity

강력분 밀가루 및 미성숙 찰쌀보리가루 10, 20, 30%(w/w)

Table 2. Water content, water absorption index (WAI), water solubility index (WSI), viscosity and pH of flour added with different level of immature chalsalbori flour

	Content of immature chalsalbori flour				
	Control (0%)	10%	20%	30%	100%
Water content (%)	12.75±0.19 ^a	12.00±0.13 ^b	11.50±0.21 ^c	10.51±0.14 ^d	6.94±0.61 ^e
WAI	1.82±0.09 ^d	2.06±0.11 ^c	2.20±0.05 ^c	2.60±0.14 ^b	4.89±0.05 ^a
WSI	7.33±0.36 ^d	7.96±0.13 ^d	10.34±0.06 ^c	11.99±0.62 ^b	14.78±0.32 ^a
Viscosity (cP)	14.4±0.0 ^e	17.6±2.3 ^d	20.6±0.8 ^c	23.8±0.3 ^b	49.4±0.3 ^a
pH	5.89±0.02 ^c	5.91±0.01 ^c	5.95±0.01 ^b	5.96±0.01 ^b	6.11±0.00 ^a

^{a-e}Means with different letters within the same rows are significantly different ($p < 0.05$)

가 첨가된 시료의 DPPH radical scavenging capacity 결과는 Fig. 1과 같다. 대조군인 강력분의 DPPH radical 소거능(RSC)인 9.43%에 비해 찰쌀보리가루 첨가량이 10, 20, 30%로 증가함에 따라 RSC는 각각 23.32%, 36.15%, 45.28%으로 유의적으로 증가하였으며($p < 0.05$), 이 결과는 높은 DPPH radical 소거능(90.39%)를 가진 찰쌀보리가루를 첨가하였기 때문인 것으로 사료된다. 완숙 보리는 도정 후 알곡형태로 섭취되는데, 도정후의 보리 부산물에는 proanthocyanidin류를 비롯한 다양한 polyphenol 화합물들이 다량 함유되어 있으며, 도정 정도가 다른 부산물 중 최외층 부위 부산물의 total polyphenol 함량이 가장 높고, DPPH radical 소거능과 superoxide dismutase(SOD) 유사활성이 높은 것으로 분석되었다(Seog HM 등 2002). Jo SH 등(2013)은 보리의 도정도가 클수록 항산화활성은 감소하고, 항산화활성도는 함유된 총페놀함량과 높은 상관관계를 가진다고 보고하고 있다. 이와 유사하게 본 연구에 사용된 찰쌀보리가루는 전곡립을 제분한 형태이므로 항산화효과를 가진 polyphenol 물질이 존재하는 외층부인 껍질과 호분층을 상대적으로 많이 함유하게 되어, 찰쌀보리가루의 첨가량이 증가될수록 DPPH radical 소거능이 높아진 것으로 사료된다.

3. 미성숙 찰쌀보리가루의 호화특성

식빵반죽에 사용된 강력분 밀가루 및 미성숙 찰쌀보리가루 10, 20, 30%(w/w)가 첨가된 시료의 호화특성을 RVA로 분석한 결과는 Table 3와 같다. 강력분의 호화개시 온도(PST)와 최고점도는 각각 67.9°C와 2,450 cP, 최고점도에 이르는 시간은 5.2분이었다. 강력분에 첨가되는 찰쌀보리가루의 함량이 증가할수록 최고점도는 낮아지고 최고점도에 이르는 시간은 짧아지는 경향을 나타내었으며, 30% 첨가군의 경우 호화개시온도가 낮게 나타났다. 찰쌀보리가루는 강력분에 비해 전분의 함량이 낮지만 아밀로

펙틴의 함량이 높고, 수용성 식이섬유인 β -glucan이 다량 함유되어, 30% 이상의 찰쌀보리가루를 첨가한다면 호화개시온도를 낮추어 호화개시가 빨라질 것으로 사료된다.

Choi HD 등(2003)의 연구에서 보리전분에 β -glucan 0.5%를 첨가한 혼합물은 보리전분에 비해 호화개시온도가 낮아 호화가 빨라지고 초기점도를 상승시킨 것으로 나타났다. 또한, 전분의 아밀로오스 함량이 높을수록 호화개시온도는 높아지는데 이는 직선상의 아밀로오스가 서로 밀집된 형태로 packing되기 때문이며(Lee SH 등 1989). Lee JE 등(2002)의 연구에 따르면 울무가루와 쌀가루의 호화개시온도는 각각 63.5°C와 79.3°C으로 울무가루의 온도가 낮는데 이는 울무가루의 전분에는 아밀로오스가 함유되지 않고 대부분 아밀로펙틴으로 구성되었기 때문이라고 보고하고 있다. 온도가 상승되면 전분액은 팽윤 상태가 되고 전분분자의 수소결합이 절단되어 결정구조가 붕괴됨에 따라 미셀사이에 수분이 흡수되어 전분입자와 결합하게 되는데, 아밀로펙틴보다는 물에 잘 녹는 아밀로오스가 용출되어 점성이 더 증가하게 된다. 본 연구에서는 강력분보다 아밀로오스함량이 적은 찰쌀보리가루가 첨가되었고, 30%이상을 첨가하면 아밀로오스함량은 감소하여 최고점도가 낮아질 것으로 사료된다(Lee JE 등 2002, Jeong YS 등 2013).

최저점도는 강력분이 가장 높고, 최고점도와 최저점도의 차이값인 구조파괴점도(BV) 또한 강력분이 1517.5 cP로 가장 높았으며 찰쌀보리가루의 첨가량이 10, 20, 30% 증가할수록 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 구조파괴점도는 호화된 전분입자의 파괴되는 정도를 나타내는데(EL-Dash AA 등 1980), 찰쌀보리가루 첨가로 전분의 호화액의 안정성이 증가된 것을 볼 수 있다. 최종점도와 최저점도의 차이 값인 회복점도(SV)는 냉각으로 인한 노화 경향을 예측할 수 있는데, 이 값이 클수록 노화가 빠르게 일어남을 의미한다. 강력분의 회복점도(SV)는 1592.00 cP

Table 3. Pasting characteristics of flour added with different level of immature chalsalbori flour by Rapid Visco Analyzer

Content of immature chalsalbori flour	PST ¹⁾ (°C)	Peak viscosity		TV (cP) ²⁾	BV (cP) ³⁾	FV (cP) ⁴⁾	SV (cP) ⁵⁾
		cP	Time (min)				
Control (0%)	67.90±0.07 ^{ab}	2450.5±71.42 ^a	5.2±0.00 ^a	933.0±25.46 ^a	1517.5±45.96 ^a	2525±32.53 ^a	1592.0±7.07 ^a
10%	68.45±0.07 ^{ab}	2455.0±57.98 ^a	5.1±0.04 ^a	906.0±11.31 ^a	1549.0±46.67 ^a	2362±57.98 ^b	1456.0±46.67 ^b
20%	68.83±0.53 ^a	2213.0±18.38 ^b	5.0±0.05 ^{ab}	815.5±4.95 ^b	1397.5±13.44 ^{ab}	2126±12.73 ^c	1310.5±7.78 ^c
30%	67.28±0.81 ^b	1934.5±41.72 ^c	4.9±0.09 ^b	695.5±13.44 ^c	1239.0±55.15 ^b	1870±43.84 ^d	1174.5±30.41 ^d

Values are expressed as the mean ± standard deviation (n=2)

^{a-d}Means within the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

- ¹⁾Pasting temperature
- ²⁾Through viscosity
- ³⁾Breakdown viscosity
- ⁴⁾Final viscosity
- ⁵⁾Setback viscosity

로 가장 높고, 찰쌀보리가루의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하여($p < 0.05$), 10% 이상의 찰쌀보리가루 첨가는 강력분과 비교하여 전분의 노화 지연 효과가 있을 것으로 사료된다. RVA를 이용한 호화 특성 측정 결과, 미성숙 찰쌀보리가루 첨가는 호화개시온도를 저하시키고 최고점도에 이르는 시간은 빠르지만 최고점도, 최종점도, 최저점도, 구조파괴점도와 회복점도는 모두 감소하는 경향을 보였다. 일반 밀가루에 대한 찰쌀보리가루의 첨가는 호화개시는 빠르나 최고점도가 낮아 열이나 전단력에 의해 붕괴되는 정도를 줄여 호화액은 안정시키고, 노화를 지연시키는 효과를 주는 것으로 사료되며, 식빵제조에 찰쌀보리가루로 첨가된 빵반죽을 이용할 경우 강력분 밀가루 식빵보다 제조후의 노화현상을 지연시킬 수 있을 것으로 사료된다.

4. 빵반죽의 발효팽창력

강력분에 미성숙찰쌀보리가루를 첨가한 반죽을 온도 30°C, 습도 75%의 발효기에서 80분 동안 발효시키면서 측정한 발효팽창력은 Fig. 2와 같다. 대조군(control, 0%)과 10% 첨가군의 20분과 40분에서의 발효팽창력은 유의적인 차이가 없었지만($p > 0.05$), 발효시간 40분 후부터 10%첨가군 발효 팽창력이 증가하여 60분과 80분에서는 10% 첨가군이 유의적으로 가장 높게 나타났다($p < 0.05$). 반면 30% 첨가군은 발효 측정 전 구간에서 유의적으로 가장 낮은 발효팽창력을 보였다($p < 0.05$). 반죽의 발효 팽창력은 이스트가 첨가된 반죽이 발효에 의해 발생하는 CO₂의 포집력을 측정한 것으로, 발생된 CO₂는 반죽 시 생성된 망상형태의 글루텐 단백질과 이 표면에 흡착된 전분입자에 의해 포집된다. Kang EY 등(2006)의 연구에 따르면, 대조군에 비해 β-glucan을 10~20% 함유하는 식빵반죽의 발효팽창력은 증가하였지만, 30%를 함유하는 반죽은 유의적으로 감소하였는데, 이는 다량의 β-glucan 첨가는 글루텐 형성을 방해하여 빵반죽의 형성을 어렵게 한다고 보고하고 있다. 이와 유사하게 본 연구에서 찰쌀보리가루가 20% 및 30% 대체된 반죽은 강력분에 비해 글루텐 단백질 생성이 낮아 반죽내에 CO₂ 손실이 증가하

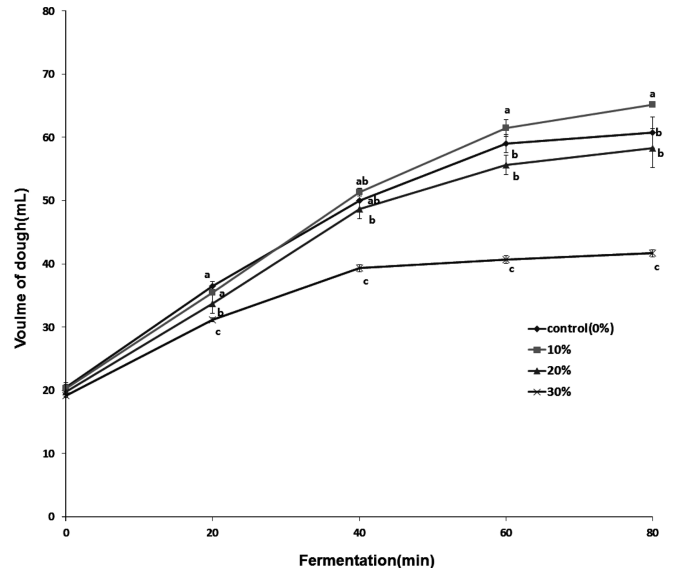


Fig. 2. The fermentation volume of bread dough added with different level of immature chalsalbori flour at 30°C and 75% of humidity. ^{a-c}Means with different letters on the bars are significantly different ($p < 0.05$)

고, 이에 따른 보유량의 저하로 발효팽창력이 감소된 것으로 사료된다.

Fig. 3은 팬닝된 2차 발효 후의 반죽으로 대조군과 10% 첨가군은 외형상으로 이스트 발효에 의해 잘 부풀어 오른 반죽으로 보이지만 20%첨가군은 부풀어 오름이 감소하였고, 30%첨가군은 반죽 외부에 균열이 발생하였다. 따라서 식빵반죽 발효 시 찰쌀보리가루를 10% 첨가할 경우 강력분 반죽과 비교하여 팽창력이 유사하거나 우수하지만, 20% 이상의 첨가는 상대적으로 강력분 함량이 줄어들어, 글루텐 생성이 감소되고 반죽의 신장성과 탄력성이 저하되어 CO₂ 보유력이 감소됨에 따라 제빵을 위한 적당한 부피를 가지지 못할 것으로 사료된다.

5. 빵반죽의 pH와 수분함량

재료혼합후의 반죽 pH는 30% 찰쌀보리가루 첨가군이

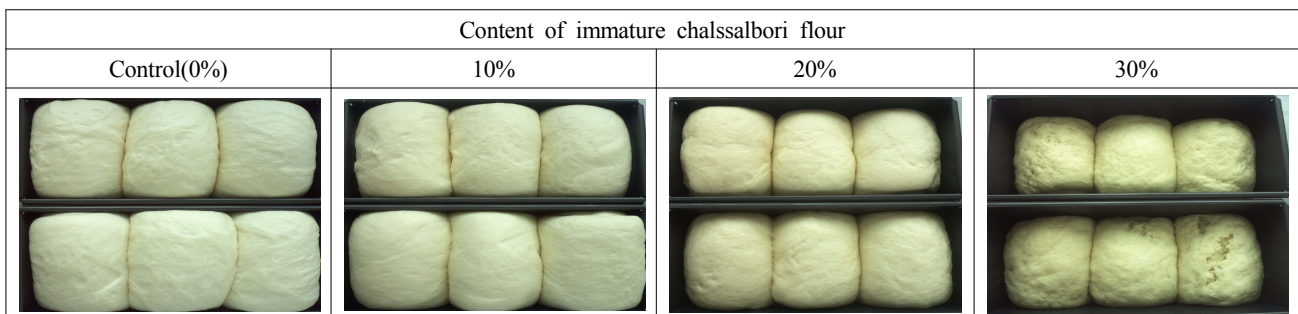


Fig. 3. The bread dough made with different level of immature chalsalbori flour after 2nd fermentation

유의적으로 가장 높게 나타났는데($p < 0.05$)(Table 4), 이는 강력분 밀가루(5.89)보다 높은 pH를 가진 찰쌀보리가루(6.11)가 30% 첨가된 결과로 사료된다(Table 2). 식빵반죽들은 1차 및 2차 발효과정이 진행될수록 pH는 감소하는 경향을 띄었다. 2차 발효 후에는 대조군에 비해 첨가군의 pH가 유의적으로 높고, 찰쌀보리가루 첨가량이 증가할수록 반죽의 pH는 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 발효과정 중 이스트는 반죽에 함유된 당을 영양원으로 이용하여 최종적으로 CO₂와 알코올을 생성하고 이에 따라 pH는 저하되지만, 찰쌀보리가루 첨가 반죽은 대조군에 비해 글루텐 생성력이 저하되어 CO₂가 소실되고 또한 탄산으로의 용해도가 감소하게 되어 찰쌀보리 첨가 증가율에 따라 pH는 높아지는 것으로 사료된다.

강력분과 찰쌀보리가루를 첨가한 빵반죽의 수분함량은 Table 4와 같다. 찰쌀보리가루의 첨가량이 증가할수록 재료 혼합 후 반죽의 수분함량은 감소하는 경향을 보였다. 이는 반죽에 사용된 강력분은 수분함량이 12.75%이었고, 이보다 훨씬 낮은 6.94%의 수분을 함유하는 찰쌀보리가루를 10, 20, 30% 대체하였기에 재료 혼합 후 반죽의 수분함량이 감소한 것으로 사료된다(Table 2). 1차 발효 후 반죽의 수분함량은 30% 첨가군에서 가장 낮았지만, 2차 발효가 끝난 후에는 반죽들간의 유의적인 차이가 없는 것으로 확인되었다($p > 0.05$). 이는 발효기를 이용한 1차 발효(온도 30°C, 습도 75%, 15분)와 2차 발효(온도 38°C, 습도 85%, 40분간) 기간 중 수분이 반죽내로 흡수되어 발생한 결과로 사료된다.

6. 빵반죽의 색도

미성숙 찰쌀보리가루의 첨가량에 따른 2차 발효 후의

Table 4. pH and water content of bread dough added with different level of immature chalssalbori flour

Content of immature chalssalbori flour	After mixing	After 1st fermentation	After 2nd fermentation
pH			
Control (0%)	5.563±0.013 ^{bc}	5.468±0.02 ^c	5.310±0.01 ^d
10%	5.575±0.013 ^b	5.543±0.02 ^b	5.373±0.02 ^c
20%	5.555±0.01 ^c	5.608±0.03 ^a	5.400±0.01 ^b
30%	5.648±0.01 ^a	5.610±0.03 ^a	5.475±0.01 ^a
Water content (%)			
Control (0%)	41.19±0.11 ^a	40.88±0.29 ^a	40.12±0.25 ^a
10%	39.53±0.66 ^b	40.09±0.48 ^a	40.82±0.26 ^a
20%	40.18±0.22 ^b	39.60±0.57 ^{ab}	39.93±0.99 ^a
30%	38.56±0.53 ^c	38.18±1.65 ^b	39.30±0.53 ^a

^{a-c}Means within the same column with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

식빵반죽 색도를 측정된 결과는 Table 5와 같다. 찰쌀보리가루의 첨가(10~30%)는 명도(lightness)를 나타내는 L값은 감소시키고, 녹색도를 나타내는 -a값과 황색도를 나타내는 b값은 유의적으로 증가시켰다($p < 0.05$). 찰쌀보리가루 첨가량이 증가할수록 유의적으로 어두운 황색의 강도가 강하게 나타났지만($p < 0.05$), 녹색의 경우 첨가군들간의 유의적인 차이는 보이지 않았다($p > 0.05$). 곡류인 찰쌀보리는 미성숙일 경우 완숙보다 녹색이 진하고 연한 황색을 띤다. 반면, 밀가루 강력분은 제분공정을 거쳐 밝은 흰색을 띄게 되므로, 강력분에 미성숙 찰쌀보리가루의 첨가된 반죽은 어두운 녹색이 강해질 것으로 사료된다(Ju JI 등 2007). 대조군에 비해 첨가군의 색이 주는 시각적 차이를 정량적으로 표시한 값인 색차(total color difference, ΔE)는 찰쌀보리가루의 첨가량이 증가함에 따라 4.57, 6.38, 11.08로 계산되어 강력분 반죽과 비교하여 전체적인 색도에 현저한 차이가 있는 것으로 보인다.

7. 빵반죽의 물성

미성숙 찰쌀보리가루의 첨가량을 달리하여 제조한 반죽의 혼합 후, 1차발효 및 2차발효 후의 물성변화를 측정된 texture profile analysis(TPA) 결과는 Table 6과 같다. 식빵반죽은 혼합 후 찰쌀보리가루 첨가량이 증가할수록 경도, 검성 및 부착성은 유의적으로 증가하는 반면 탄력성과 응집성은 감소하였다($p < 0.05$). 대조군과 첨가군의 식빵반죽은 1차 및 2차 발효가 진행됨에 따라 탄력성, 경도, 검성, 응집성과 부착성에서 모두 감소하는 경향을 나타내었으며, 이는 Kang EY 등(2006)의 β-glucan paste를 10~30% 첨가한 빵반죽이 이스트 발효과정을 거치면서 탄력성, 응집성, 검성과 경도가 감소하였다는 결과와 유사하였다. 2차 발효를 마친 후의 반죽의 응집성은 대조군과 첨가군들간의 유의적이 차이는 없고($p > 0.05$), 검성과 경도에서 첨가군들이 유의적으로 높은 값을 나타내었다($p < 0.05$). 특히, 혼합 후 반죽의 탄력성은 대조군이 20%와 30% 첨가군보다 유의적으로 높았는데($p < 0.05$) 이는 밀가루 강력분에 비해 20%와 30% 찰쌀보리가루를 대체

Table 5. The Hunter's color value of bread dough added with different level of immature chalssalbori flour

Content of immature chalssalbori flour	L*	a*	b*	ΔE
Control (0%)	82.41±0.47 ^a	-2.87±0.08 ^a	15.83±0.63 ^d	0
10%	78.78±0.65 ^b	-3.63±0.31 ^b	18.51±0.91 ^c	4.57
20%	77.07±0.41 ^c	-3.54±0.15 ^b	19.26±0.26 ^b	6.38
30%	73.51±0.56 ^d	-3.54±0.09 ^b	22.38±0.43 ^a	11.08

^{a-d}Means with different letters within the same columns are significantly different ($p < 0.05$)

Table 6. Texture characteristics of bread dough added with different level of immature chalssalbori flour

	Content of immature chalssalbori flour	After mixing	After 1st fermentation	After 2nd fermentation
Springiness	Control (0%)	118.3±14.61 ^a	94.37±2.00 ^a	41.63±2.62 ^b
	10%	110.66±7.18 ^{ab}	83.66±7.96 ^a	49.85±3.70 ^a
	20%	99.28±4.85 ^b	93.74±4.37 ^a	46.86±5.53 ^{ab}
	30%	99.92±3.62 ^b	85.64±9.14 ^a	46.54±2.80 ^{ab}
Hardness (g)	Control (0%)	114.42±16.15 ^d	76.49±3.29 ^d	32.86±5.25 ^c
	10%	170.47±10.49 ^c	124.23±12.21 ^c	46.86±1.72 ^b
	20%	246.65±3.79 ^b	152.74±2.02 ^b	50.85±4.63 ^b
	30%	327.05±15.54 ^a	246.21±33.77 ^a	67.28±9.69 ^a
Gumminess (g)	Control (0%)	226.85±40.68 ^c	137.19±4.76 ^c	21.67±0.36 ^b
	10%	312.15±7.63 ^b	191.47±24.76 ^b	37.71±1.49 ^a
	20%	364.11±21.49 ^b	262.01±12.30 ^a	36.07±6.64 ^a
	30%	458.79±27.95 ^a	246.21±33.77 ^a	46.55±8.36 ^a
Cohesiveness	Control (0%)	94.11±11.09 ^a	86.13±1.08 ^a	35.32±2.93 ^a
	10%	90.50±2.42 ^a	72.92±5.34 ^{ab}	41.72±3.69 ^a
	20%	71.18±4.44 ^b	81.48±4.07 ^{bc}	35.54±6.24 ^a
	30%	67.36±3.04 ^b	65.82±7.30 ^c	34.97±3.15 ^a
Adhesiveness (g)	Control (0%)	-60.00±5.57 ^a	-45.33±3.06 ^a	-4.33±1.53 ^a
	10%	-89.33±10.41 ^b	-53.00±12.49 ^a	-6.33±3.21 ^a
	20%	-149.33±7.81 ^c	-81.67±5.69 ^b	-12.00±8.72 ^a
	30%	-222.33±6.51 ^d	-107.00±16.09 ^c	-24.33±8.33 ^b

^{a-d}Means with different letters within the same columns are significantly different ($p < 0.05$)

하여 반죽내의 글루텐형성이 적어 탄력성이 낮아진 것으로 사료된다. 그러나 발효가 진행됨에 따라 반죽이 팽창하고 이에 따른 탄력성의 강도 차이가 발생하여 1차발효 후에는 대조군 및 첨가군들간에 유의적인 차이가 사라졌으며($p > 0.05$), 2차발효를 마친 후에는 10% 첨가군이 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$).

IV. 요약 및 결론

출수 후 20일에 수확된 미성숙 전곡립인 찰쌀보리가루의 이화학적 특성 및 항산화활성을 조사하고, 밀가루 강력분에 대해 찰쌀보리가루를 10, 20, 30% 첨가하여 제조한 식빵 반죽의 팽창력, 수분함량, 발효팽창력, pH, 기계적 조직감, 색도에 관한 품질특성을 평가하였다. 강력분에 비해 찰쌀보리가루의 첨가량이 증가할수록 DPPH radical 소거능이 유의적으로 증가하였는데, 이는 전곡립으로 제분된 찰쌀보리의 겉껍질 및 호분층에 다량 함유된 polyphenol 화합물에 의한 항산화활성으로 인한 것으로 사료된다. 찰쌀보리가루의 첨가는 수분흡수력을 증대시켜 점도를 증가시키고, 전분함유량이 낮은 대신 수용성

물질의 함유량이 높아 수분용해지수를 증가시킨 것으로 사료된다. RVA 분석 결과 찰쌀보리가루 첨가는 호화개시 온도를 저하시키고, 최고점도, 최종점도, 최저점도, 구조 파괴점도와 회복점도를 감소시켜, 첨가량이 증가할수록 전분의 빠른 호화개시, 안정된 호화액의 유지 및 노화 지연 효과가 있을 것으로 사료된다. 찰쌀보리가루가 20%와 30%첨가된 식빵반죽은 강력분 반죽에 비해 발효팽창력이 감소하고, 2차발효 직후 외관상 부풀어 오름이 줄어든 것이 확인되었는데, 이는 강력분 반죽에 비해 글루텐 생성력의 저하로 발효팽창력 및 CO₂ 가스보유력이 감소된 결과로 사료된다. TPA결과 찰쌀보리가루 첨가량이 증가할수록 재료 혼합 후 반죽의 경도, 검성 및 부착성은 증가하는 반면 탄력성과 응집성은 감소하였지만, 발효가 끝난 후의 응집성은 대조군과 첨가군들간의 차이는 없었으며, 검성, 경도 및 부착성은 첨가군들에서 높은 값을 나타내었다. 색도의 경우 찰쌀보리가루 첨가량이 증가할수록 어두운 황색을 띄는 것으로 나타났다. 본 연구 결과, 10% 찰쌀보리가루의 첨가는 강력분보다 항산화활성이 뛰어나고, 호화특성은 유사하지만 베이커리 제품의 노화 지연 효과를 기대할 수 있고, 발효가 끝난 10% 첨가 반

죽은 강력분 반죽보다 팽창력과 탄력성이 증가되어, 식빵 제조 시 강력분으로 제조한 것과 유사한 부피와 조직감을 지닐 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

References

- Chang SM, Kim KH, Kang MY. 2001. Varietal difference in processing and sensory characteristics of "Misukaru" in rice. *Korean J Breed* 33(2):73-79
- Choi HD, Seog HM, Kim SR, Park YK, Lee CH. 2003. Effect of β -glucan on gelatinization of barley starch. *Korean J Food Sci Technol* 35(4):545-550
- El-dash AA, Gonzales R, Ciol M. 1980. Response surface methodology in the control of thermoplastic extrusion of starch. pp 51-74. In: *Extrusion cooking technology*. Jowitt R (ed). Elsevier Applied Science Publishers, New York. NY. USA
- Jeong YS, Kim JW, Lee ES, Han YY, Gil NY, Lee MJ, Lee GH, Hong ST. 2013. Studies on physico-chemical characteristics of starch extracted from domestic barley cultivars. *Food Eng Prog* 17(3):203-211
- Jo SH, Cho CY, Ha KY, Choi EJ, Kang YR, Kwon YI. 2013. The antioxidant and antimicrobial activities of extracts of selected barley and wheat inhabited in Korean peninsula. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42(7):1003-1007
- Ju JJ, Lee KS, Min HI, Lee BJ, Kwon BG, Gu JH, Oh MJ. 2007. Changes in physicochemical characteristics of green barley according to days after heading. *Korean J Crop Sci* 52(1):36-44
- Kang EY, Yang YH, Oh SH, Lee JH, Kim HY, Kim MK, Cho HY, Kim MR. 2006. Baking qualities of bread dough substituted with high amount of β -glucan from *Agrobacterium* spp. R259 KCTC 10197BP. *Korean J Food Sci Technol* 38(3):348-354
- Kim JY, Lee KT, Lee JH. 2013. Quality characteristics of bakery products with whole green wheat powder. *Korean J Food Cook Sci* 29(2):137-146
- Kim SK, Kim CH. 2012. Studies on the quality characteristics of brown sauce with waxy barley. *J Korean Food Ser Assoc* 8(1):97-122
- Kim SR, Choi HD, Seog HM, Kim SU, Lee YT. 1999. Physicochemical characteristics of β -glucan isolated from barley. *Korean J Food Sci Technol* 31(5):1164-1170
- Lee JE, Suh MH, Lee HY, Yang CB. 2002. Characteristics of Job's tear gruel by various mixing ratio, particle size and soaking time of Job's tear and rice flour. *Korean J Food Cook Sci* 18(2):193-199
- Lee JH, Kim MR, Min HS, Lee YE, Song ES, Kwon SJ, Kim MJ. 2012. *Food and Cookery principal*. Kyomunsa. Paju. Korea. pp 92-93
- Lee SH, Han O, Lee HY, Kim SS, Chung DH. 1989. Physicochemical properties of rice starch by amylose content. *Korean J Food Sci Technol* 21(6):766-771
- Lee YT, Jung JY. 2003. Quality characteristics of barley β -glucan enriched noodles. *Korean J Food Sci Technol* 35(3):405-409
- Park MW, Cho CH, Kim HB. 1978. A study of amylose content, water absorption and gelatinization characteristics of barley varieties. *J Korean Soc Crop Sci* 23(2):88-98
- Park SR, Lee JH. 2013. The quality characteristics of Backsulgi with dough ripe stage rice and yellow ripe stage rice. *Korean J Food Cook Sci* 29(4):353-359
- Seog HM, Seo MS, Kim SR, Park YK, Lee YT. 2002. Characteristics of barley polyphenol(BPE) separated from pearling by-products. *Korean J Food Sci Technol* 34(5):775-779
- Song JC. 2000. *Food materials*. Kyomunsa. Paju. Korea. pp 240-245
- Yi AY, Kim YS, Lee JH. 2013. Quality characteristics of Misutkaru and their cookies made with immature whole green rice and barley. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42(11):1805-1812
- Yoon GS, Koh HY. 1998. Preparation of waxy barley cake and its quality characteristics. *J Korean Soc Food Sci Nur* 27(5):890-896

Received on May30, 2014/ Revised on June19, 2014/ Accepted on June20, 2014