미성숙 찰쌀보리 분말 첨가 식빵의 품질 특성

백채완 · 이아영 · 이정희

대구대학교 식품영양학과

Quality Evaluation of Pan Bread Supplemented with Immature Chalssalbori Powder

Chae-Wan Baek, A-Young Lee, and Jeung-Hee Lee

Department of Food and Nutrition, Daegu University

ABSTRACT Pan bread was prepared with supplementation of immature chalssalbori powder to increase the utilization of whole immature barley in bakery products, and the quality characteristics were investigated during storage. The volume and specific volume of pan bread decreased with increased amount of powder ($P<0.05$), while there was no significant difference in weight and baking loss between the control and supplemented pan breads ($P>0.05$). As the amount of immature chalssalbori powder added increased, the color of the pan bread showed the decreased brightness (L value) and increased yellowness (b value), and the water activity decreased while the pH increased. The pasting properties of the pan bread as measured by a Rapid Visco Analyzer (RVA) indicated that the breakdown and setback viscosities decreased as the amount of powder increased ($P<0.05$). The X-ray diffraction pattern showed a typical V-type of starch in all pan breads at day 0, whereas the peak of B-type starch was additionally observed at days 2 and 4, and the peak intensity became stronger with a longer storage period, lower storage temperature, and lower amount of supplemental powder, indicating that the extent of starch retrogradation decreased as the amount of supplemental powder increased. The hardness of the pan bread significantly increased with an increase in the amount of powder and increased storage period with lower temperature ($P<0.05$), whereas the springiness and cohesiveness decreased with the increased amount of powder. The present study shows that supplementation by whole immature chalssalbori powder could delay the retrogradation in health-oriented bakery products.

Key words: immature chalssalbori powder, pan bread, quality evaluation, storage, retrogradation

서 론

최근 사회적 경제 환경과 생활양식의 변화로 인해 외식 및 육류 가공품의 소비는 증가하였지만 곡류 소비 및 자급률은 감소 추세를 나타내고 있어 한해 수확되는 곡물의 소비 증진을 위해서는 주식으로 곡물을 소비하거나 소비자의 기호에 맞춘 제품개발을 통해 곡물 가공제품의 소비를 유도하는 전략이 필요하다(Baek 등, 2017). 곡물 가공제품으로는 라면, 빵, 맥주 등이 주로 생산되며 그중 빵은 구매하여 바로 섭취할 수 있으므로 2019년 식품의약품안전처 보고자료(MFDS, 2019)에 의하면 빵류 판매액은 생산 실적 3위로 국내 판매량에서 지속해서 증가하고 있는 추세이다(Baek 등, 2017). 식빵은 빵류 중에서도 시즌 특성과 상관없이 꾸준히 높은

관심을 받고 있으며 최근 건강 지향적인 식품에 관한 관심이 증가하면서 제빵 기업은 기존의 재료보다는 전곡립인 통밀, 호밀, 보리, 현미 등의 건강 원료를 사용한 식빵을 출시하고 있다(AT FIS, 2018).

오곡 중 하나인 보리는 쌀과 현미보다 탄수화물, 식이섬유, 단백질, 비타민이 풍부하며 특히 보리에 함유된 수용성 식이섬유인 β -glucan은 항당뇨, 면역 증강, 콜레스테롤 농도 감소, 항비만 등의 생리활성 효과가 우수하다고 알려져 있다(Kang와 Song, 2016). 보리는 성숙 후 껍질이 종실에 밀착된 겉보리와 잘 분리되는 찰보리로 나뉘며, 배유 전분의 amylose와 amylopectin 함량 비율에 따라 메성과 찰성보리로 나뉜다(Lee와 Chang, 2003). 찰쌀보리는 완숙에 가까워질수록 수분, 조단백, 회분, 유리당 함량은 감소하지만 조

Received 8 July 2021; Revised 18 August 2021; Accepted 19 August 2021

Corresponding author: Jeung Hee Lee, Department of Food and Nutrition, Daegu University, 201, Daegudae-ro, Jillyang-eup, Gyeongsan-si, Gyeongbuk 38453, Korea, E-mail: jeunghlee@daegu.ac.kr

Author information: Chae-Wan Baek (Graduate student), A-Young Lee (Researcher), Jeung-Hee Lee (Professor)

Copyright © 2021 by The Korean Society of Food Science and Nutrition. All rights Reserved.

This is Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://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.

섬유와 전분 함량은 증가하고, 출수 후 21일 미성숙 찰쌀보리의 β -glucan 함량은 완숙 쌀보리보다 높다(Ju 등, 2007).

보리는 밀가루 대체 곡물로 이용되어 빵, 시리얼, 과자, 전식, 국수 등 다양한 제품으로 가공되고 있으며, 식빵의 질적 및 기능적 우수성을 확보하기 위해 보리를 첨가한 식빵에 관한 연구가 진행되고 있다. 찰성 쌀보리 가루를 첨가한 식빵은 대조군보다 전분의 노화가 느리게 진행되고(Lee와 Chang, 2003), 보리등겨 첨가 식빵은 식이섬유가 풍부하고(Choi, 2005), 유색보리 10% 첨가 식빵은 대조군보다 기호도가 높다고 보고되고 있어(Jeong과 Yoo, 2014), 보리는 적정량의 사용 수준에서 밀가루를 대체할 수 있음을 제시하였다. 미성숙 곡물의 식품 가공 적성에 관한 연구를 살펴보면 Kim 등(2014b)은 미성숙 찰쌀보리 가루를 첨가한 식빵 반죽은 항산화 활성이 뛰어나며, 10% 이상의 첨가는 전분의 노화를 지연시키지만 20% 이상의 첨가는 적당한 부피를 가지지 못하며 30% 이상의 첨가는 전분의 호화 개시가 빠름을 보고하였다. 그 외 녹색밀을 첨가한 식빵, 머핀, 쿠키의 품질 특성에 관한 연구(Kim 등, 2013), 미성숙 전곡립을 첨가하여 제조한 미숫가루의 품질 특성 및 쿠키 가공 적성과 관능적 특성을 조사한 연구(Yi 등, 2013) 등이 있으나 미성숙 찰쌀보리를 첨가한 베이커리 제품에 대한 가공 및 조리 적성에 관한 연구는 제한적이다.

본 연구에서는 베이커리 제품에서의 미성숙 찰쌀보리의 활용성을 높이고자 분말로 제조하여 밀가루 대비 10, 20, 30% 첨가한 식빵을 제조하고, 비용적, 굽기 손실률, pH, 색도, 텍스처와 호화 및 노화 특성을 분석하여 미성숙 찰쌀보리 분말의 첨가에 의한 식빵 저장기간의 품질 특성을 평가하였다.

재료 및 방법

실험 재료

미성숙 찰쌀보리는 출수 후 20일에 수확하고 분쇄하여 사용하였으며, 전라북도 농업기술원(Iksan, Korea)으로부터 제공받았다. 강력분 밀가루(CJ CheilJedang Co., Ltd., Incheon, Korea), 이스트(Jeonwon Food Co., Ltd., Gimpo, Korea), 제빵개량제(Puratos Korea, Seoul, Korea), 설탕(CJ CheilJedang Co., Ltd.), 쇼트닝(Dongsuh Oil Co., Ltd., Changwon, Korea), 탈지분유(Seoul milk, Seoul, Korea), 소금(CJ CheilJedang Co., Ltd.)은 시장에서 구입하여 사용하였다.

식빵 제조

미성숙 찰쌀보리 분말 첨가 식빵 제조를 위한 각 재료의 배합비는 예비실험 결과를 바탕으로 선정하였다. 미성숙 찰쌀보리 분말은 밀가루 강력분에 대해 10, 20, 30%(w/w) 비율로 혼합하고, 직접 반죽법으로 제조하였다(Table 1). 유지를 제외한 모든 재료를 믹서볼에 넣어 1단에서 2분, 2단에

Table 1. Ingredients of pan bread supplemented with different level of immature chalssalbori powder

Ingredients (g)	Immature chalssalbori powder			
	Control (0%)	10%	20%	30%
Wheat flour	660	594	528	462
Immature chalssalbori flour	0	66	132	198
Water	409.2	409.2	409.2	409.2
Yeast	13.2	13.2	13.2	13.2
Bread improver	13.2	13.2	13.2	13.2
Sugar	33	33	33	33
Shortening	26.4	26.4	26.4	26.4
Milk powder	19.8	19.8	19.8	19.8
Salt	13.2	13.2	13.2	13.2
Total	1,188	1,188	1,188	1,188

서 30초 동안 혼합한 뒤 쇼트닝을 넣어 최종단계까지 mixing 하였다. 반죽 후 온도 30°C, 습도 75%의 발효기에서 15분간 1차 발효하고, 180 g씩 분할하여 등글리기 해준 뒤 10분간 중간 발효하였다. 가스를 빼고 산형으로 성형한 반죽을 식빵 팬에 팬닝하여 온도 38°C, 습도 85%의 발효기에서 40분간 2차 발효하고, 아랫불 190°C, 윗불 165°C의 오븐에서 30분간 구웠다. 구워낸 식빵은 냉장고(온도 4°C, 습도 26%)와 항온항습기(온도 20°C, 습도 40%)에서 4일 동안 저장하면서 pH를 측정하고, 노화 및 호화 특성을 분석하였다.

식빵의 부피, 비용적 및 굽기 손실률

미성숙 찰쌀보리 첨가 식빵은 구운 후 실온에서 1시간 동안 방랭한 뒤 분석 시료로 사용하였다. 식빵의 부피는 Yang 등(2006)의 방법에 따라 기장을 이용한 종자치환법으로 2회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 비용적(specific volume)은 식빵의 중량에 대한 부피의 비(mL/g)로 표시하였고, 굽기 손실률(baking loss)은 식빵 한 개에 사용된 반죽의 무게와 식빵의 무게 차이로 다음의 식에 의해 계산하였다.

$$\text{굽기 손실률(\%)} = \frac{\text{반죽 무게} - \text{식빵의 무게}}{\text{반죽 무게}} \times 100$$

식빵의 pH와 수분 활성도

식빵 15 g을 증류수 100 mL와 함께 믹서기로 2분간 혼합하고 4분간 원심분리한 후(1,224×g), 상층의 부유물을 제거하고 pH meter(Seven Compact S220, Mettler Toledo, Columbus, OH, USA)를 사용하여 pH를 2회 측정하였다. 수분 활성도는 분쇄한 식빵 2 g을 취하여 수분 활성 측정장치(Novasina IC-500, Noavasina AG, Lachen, Switzerland)를 이용해 2회 반복 측정한 후 그 평균값으로 나타내었다.

식빵의 색도

식빵은 껍질 부분을 제거한 후 동결 건조하여 분말 형태로

만든 다음 Petri dish에 담아 색차계(Chroma meter CR-300, Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L값(lightness), a값(+red/-green), b값(+yellow/-blue)을 2회 반복 측정하여 평균값을 구하였다. 미성숙 찰쌀보리 분말 첨가량에 따른 식빵의 전체적인 색도 차이(ΔE)는 $\sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$ 으로 계산하였다.

식빵의 호화도

미성숙 찰쌀보리 첨가 식빵의 호화 특성은 신속점도측정계(Rapid Visco Analyzer, RVA-3D, Newport Scientific Inc., Warriewood, Australia)를 이용하여 Kim 등(2013)의 방법으로 측정하였다. 동결 건조된 식빵 분말 3.5 g과 증류수 25 mL를 알루미늄 용기에 넣고 유리 막대를 이용하여 균일하게 교반한 뒤, 960 rpm에서 10초간 회전시키고 160 rpm에서 총 20분간 점도를 측정하였다. 가열 및 냉각 조건은 초기 온도 50°C에서 30초간 유지한 후, 95°C까지 2분 30초 동안 승온하여 9분간 유지하였으며, 50°C까지 3분에 걸쳐 냉각하였다. RVA 측정 결과로 얻은 호화 개시 온도, 최고점도, 최저점도, 최종점도, 구조파괴점도, 회복점도로 식빵의 호화 특성을 비교하였다.

식빵의 X-ray 회절도

동결 건조한 식빵을 막자사발에서 분쇄하고 50 µm test sieve를 통과시킨 후 시료(110 mg)를 glass 시료판에 눌러 담은 후 X-ray diffractometry(D/MAX-2500/PC, Rigaku Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 회절 각도(2θ)=5~40°에서 회절도(voltage 30 kV, current 20 mA, scanning speed 1.0 deg/min)를 2회 반복하여 측정하였다.

식빵의 텍스처

식빵을 2 cm×2 cm×2 cm로 자른 후 texture profile analysis(TPA) 방법으로 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 경도(hardness)를 측정하였다. No. 14 probe (φ10 mm)가 장착된 Rheometer(Compac 100, Sun Scientific, Tokyo, Japan)를 사용하고, 진입 거리 75%, 테이블 속도 120 mm/min, 최대응력 2 kg의 조건에서 측정하였다.

통계처리

SAS 9.4(Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)로 분산분석(Analysis of variance, ANOVA)을 실시하고, Duncan's multiple range test에 의해 각 시료군들 간의 유의적인 차이를 $P<0.05$ 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

식빵의 무게, 부피, 비용적과 굽기 손실률

미성숙 찰쌀보리 분말 첨가량에 따른 식빵의 무게, 부피, 비용적, 굽기 손실률을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 대조군 식빵과 미성숙 찰쌀보리 첨가 식빵 간의 무게는 유의적인 차이는 없지만($P>0.05$), 부피는 대조군(2,430 mL)이 가장 크고, 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하여 30% 첨가 식빵의 부피(1,237 mL)가 유의적으로 가장 작았다($P<0.05$). 식빵의 비용적은 대조군(5.08 mL/g)이 가장 높고, 미성숙 찰쌀보리 분말 10, 20, 30% 첨가 식빵에서 각각 4.22 mL/g, 3.40 mL/g, 2.58 mL/g으로 유의적으로 감소하였다($P<0.05$). 식빵의 굽기 손실률은 대조군 식빵과 첨가군 식빵들 간에 유의적인 차이는 없었다($P>0.05$).

식빵의 부피는 빵의 품질을 평가하는 주요 지표로서 첨가되는 부재료의 종류, 반죽의 상태, 단백질의 함량과 질, 수분 흡수율에 의해 영향을 받으며 부피가 증가하면 식빵 조직을 부드럽게 하고 기호적으로 우수한 조직감을 부여한다(Yang 등, 2006). 빵 1 g이 차지하는 부피로 계산되는 비용적은 부피와 함께 제품의 특성을 판단할 수 있는 지표이며, 일반적으로 빵의 부피가 증가하면 비용적도 증가하게 된다(Kim 등, 2014a). 빵 제조 시 식이섬유 첨가는 글루텐 회석 효과를 초래하고, 수분 보유 능력이 증대되어 글루텐의 불완전 수화를 일으키며 반죽 형성에 방해를 주어 식빵 부피가 감소한다고 보고된다(Choi, 2005). 굽기 손실률은 굽기 전 반죽의 중량과 반죽의 휘발성 물질 및 굽기 과정의 높은 온도에서 수분이 증발한 제품의 중량 차이로 산출되며, 첨가되는 부재료의 종류와 양, 굽는 온도와 시간, 제품의 형태 등에 의해 영향을 받는다(Hwang 등, 2018; Jeong과 Yoo, 2014). 본 연구에서는 미성숙 찰쌀보리 분말 첨가량이 증가하면 식빵의 무게는 차이가 없지만 부피는 유의적으로 감소하여 비용

Table 2. Weight, volume, specific volume, baking loss, and water activity of pan bread supplemented with immature chalssalbori powder

Pan bread	Immature chalssalbori powder			
	Control (0%)	10%	20%	30%
Weight (g)	478.28±4.09 ^{a1)2)}	486.38±3.03 ^a	486.32±3.89 ^a	497.74±3.05 ^a
Volume (mL)	2,430±56.57 ^a	2,050±28.28 ^b	1,655±176.78 ^c	1,237±74.25 ^d
Specific volume (mL/g)	5.08±0.16 ^a	4.22±0.08 ^b	3.40±0.34 ^c	2.58±0.17 ^d
Baking loss (%)	11.43±0.76 ^a	9.93±0.56 ^a	9.94±0.72 ^a	11.16±0.57 ^a
Water activity (aw)	0.944±0.007 ^a	0.939±0.001 ^{ab}	0.932±0.001 ^{bc}	0.927±0.002 ^c

¹⁾Each value is mean±SD (n=2).

²⁾Values with different letters within the same row are significantly different by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

적이 감소하였다. Kim 등(2014b)은 찰쌀보리 가루를 첨가한 식빵 반죽은 글루텐 단백질의 형성 능력이 감소하여 발효 시 생성된 CO₂의 손실이 증가하게 되고, 이에 따른 가스 보유량의 저하로 인해 발효 팽창력이 감소한다고 보고하였다. 이와 유사하게 본 연구에서도 미성숙 찰쌀보리 분말 첨가량이 증가하면 밀가루 함량이 상대적으로 감소하여 글루텐 회석 효과가 야기되고 그 결과 반죽의 망상구조 형성이 저하되며 가스 생성력이 감소하여 식빵의 부피 및 비용적이 감소한 것으로 생각된다(Jeong과 Yoo, 2014).

식이섬유 함량을 살펴보면 찰쌀보리(3.8~5.4%)는 밀가루(1.6~3.04%)보다 2.4~3.4배 정도 높고(Ju 등, 2007; Kwak 등, 2017), 특히 수용성 식이섬유인 β -glucan은 밀가루(0.23%)에 비해 보리 원곡(4.3~5.6%)이 4~5배정도 높다(Lee 등, 2013). 따라서 식빵 제조 시 미성숙 찰쌀보리 분말을 첨가하면 전분과 결합할 수분이 부족하게 되고, 오븐에서의 굽기 공정 중 수분에 의한 증기압 발생 및 팽화를 감소시켜 대조군에 비해 부피가 감소한 것으로 생각된다(Ju 등, 2007; Jun 등, 2019). Jeong과 Yoo(2014)는 식이섬유소를 함유한 유색 보리를 첨가한 식빵은 대조군보다 굽기 손실률이 감소하였고 Yang 등(2006)은 보수력이 큰 β -glucan의 첨가량이 증가할수록 식빵의 굽기 손실률이 감소한다고 보고하였다. 이와 유사하게 본 연구에서 미성숙 찰쌀보리의 식이섬유소는 반죽 내 수분을 흡착하여 굽기 공정 중 수분증발을 감소시킴으로써 첨가군 식빵의 굽기 손실률을 감소시킨 경향을 보이나 유의적인 차이는 없었다($P>0.05$).

식빵의 수분 활성도 및 pH

식빵의 수분 활성도는 대조군(a_w 0.944)에서 가장 높고, 미성숙 찰쌀보리 분말 첨가량이 증가할수록 감소하여 30% 첨가 식빵(a_w 0.927)이 유의적으로 가장 낮았다($P<0.05$) (Table 2). 수분 활성도는 일정 온도에서 식품이 나타내는 수증기압과 순수한 물의 수증기압 비율로 식품의 동적인 수분을 나타낸다(Kim, 2012). 빵의 수분 활성도는 저장기간 동안 내부의 수분이 바깥으로 이동함에 따라 그 값이 변화하며, 낮은 수분 활성도에서는 전분의 결정화가 느려 노화가 지연된다고 알려져 있다(Miyazaki 등, 2004). Lee 등(2002)은 빵 제조 시 보수력이 높은 키토산을 첨가하면 내부 결합수 양이 증가하여 수분 활성도가 감소하고, Kim(2012)은

활성 글루텐을 첨가한 빵은 수분 흡수율이 증가하여 수분 활성도가 대조군보다 다소 감소한다고 보고하였다. 따라서 β -glucan을 비롯한 섬유소가 풍부한 미성숙 찰쌀보리 분말을 첨가하면 식빵의 보수력 및 결합수 양이 증가하므로 분말 첨가량이 증가할수록 식빵의 수분 활성도가 감소하고, 식빵 내 전분의 결정화가 느려지게 되어 노화 지연 효과가 있을 것으로 생각된다(Miyazaki 등, 2004; Ju 등, 2007). 또한, 식빵은 수분함량이 높은 베이커리 제품으로 a_w 0.96~0.98의 구간에서는 미생물이 증식하여 부패 과정이 진행될 수 있어(Smith 등, 2004) 대조군과 첨가군 식빵 모두 보관 시 주의가 필요하다.

미성숙 찰쌀보리 첨가 식빵의 저장기간 및 온도에 따른 pH 결과는 Table 3과 같다. 빵을 비롯한 베이커리 제품은 제조과정에서 주요 성분인 지방은 가수분해되어 glycerol과 지방산으로 분해되고, 탄수화물은 발효 또는 가수분해로 인해 유기산, CO₂, 알코올이 생성되어 제품에서 약한 신맛이 감지되며 부재료인 설탕은 발효 과정에서 유기산을 생성하여 베이커리 제품의 pH를 감소시킨다(Smith, 1993). 제조 당일(day 0) 대조군 식빵의 pH는 5.51이고 분말 첨가군 식빵의 pH는 5.59~5.61로 대조군보다 유의적으로 높지만($P<0.05$) 첨가군들 간의 유의차는 없었다($P>0.05$). 미성숙 찰쌀보리 분말의 pH는 6.11로 밀가루의 pH인 5.89보다 높아(data not shown), 첨가군 식빵의 pH가 상대적으로 무첨가군인 대조군보다 pH가 높다고 생각된다(Kim 등, 2014b). 식빵을 4°C와 20°C의 온도에서 4일 동안 저장한 결과, 식빵의 pH는 day 2에는 증가하였다가 day 4에는 감소하였고(10% 첨가 식빵 제외), 4°C(냉장 온도) 보다 높은 20°C(상온 온도)에 저장 시 식빵의 pH가 감소하는 경향을 나타내었다. 제조 직후 미성숙 찰쌀보리 분말 첨가 식빵의 pH는 대조군 식빵보다 높았으나 각 저장기간 2일과 4일에는 대조군 식빵보다 낮은 경향을 보였다(day 4의 10% 첨가 식빵 제외).

식빵의 색도

미성숙 찰쌀보리 분말 첨가량에 따른 식빵의 색도와 내부 사진은 Table 4, Fig 1과 같다. 명도(lightness)를 나타내는 L값은 대조군(87.98)이 가장 높고, 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하여 30% 첨가군의 L값(84.25)이 가장

Table 3. pH of pan breads supplemented with immature chalssalbori powder during storage

Storage		Immature chalssalbori powder			
Day	Temperature	Control (0%)	10%	20%	30%
0	—	5.51±0.01 ^{b1)2)}	5.60±0.01 ^a	5.59±0.01 ^a	5.61±0.01 ^a
2	4°C	6.11±0.10 ^a	6.02±0.03 ^{ab}	6.01±0.04 ^b	6.00±0.03 ^b
	20°C	6.19±0.13 ^a	5.89±0.02 ^b	5.91±0.02 ^b	5.90±0.02 ^b
4	4°C	5.94±0.01 ^b	6.43±0.04 ^a	5.58±0.02 ^c	5.58±0.01 ^c
	20°C	5.91±0.01 ^b	6.45±0.01 ^a	5.56±0.02 ^c	5.55±0.02 ^c

¹⁾Each value is mean±SD (n=2).

²⁾Values with different letters within the same row are significantly different at $P<0.05$.

Table 4. The Hunter's color values of pan breads supplemented with immature chalssalbori powder

Immature chalssalbori powder	L	a	b	ΔE
Control (0%)	87.98±0.05 ^{a1)2)}	-1.94±0.30 ^a	11.99±0.17 ^c	
10%	86.39±0.10 ^b	-2.01±0.16 ^a	12.73±0.16 ^b	1.76
20%	85.34±0.11 ^c	-1.94±0.30 ^a	12.87±0.14 ^b	2.78
30%	84.25±0.10 ^d	-1.70±0.39 ^a	13.19±0.13 ^a	3.92

¹⁾Each value is mean±SD (n=2).

²⁾Values with different superscripts within the same column are significantly different by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

낮았다($P<0.05$). 녹색도(greenness)를 나타내는 a값은 모든 식빵 간에 유의적인 차이가 없었으며($P>0.05$), 황색도(yellowness)를 나타내는 b값은 대조군(11.99)이 가장 낮고, 첨가군(12.73~13.19)은 분말 첨가량이 많을수록 증가하였다($P<0.05$). 색차지수인 ΔE는 대조군에 비해 첨가군의 색이 주는 시각적 차이를 표시한 값으로 미성숙 찰쌀보리 분말 첨가량(10→30%)이 증가할수록 색차지수(1.76→3.92)는 증가하여 식빵의 전체적인 색차에 영향을 주는 것으로 나타났다.

제빵 시의 갈변 현상은 오븐에서 구워지는 공정에서 당의 caramel화 반응과 환원당과 아미노화합물에 의한 Maillard 반응에 의해 일어나며, 부재료의 단백질 함량이 높을수록 갈변 반응은 더 크게 발생하여 진한 갈색을 띠다고 알려져 있다(Choi, 2005). 제분 공정을 거친 밀가루는 밝은 흰색을 띠지만 완숙되기 전 풋보리 상태로 수확된 미성숙 찰쌀보리는 종실의 녹색을 유지하고, 완숙에 가까워질수록 chlorophyll이 소실되고 flavonoid와 carotenoid가 증가하여 적색도와 황색도가 증가하게 된다(Kim 등, 2014b; Ju 등, 2007). 최근 연구에 의하면 미성숙 찰쌀보리는 밀가루 강력분보다 명도는 낮으나 적색도와 황색도는 높아 어두운 적황색을 나타내며(Kwak 등, 2017; Ju 등, 2007), 출수 후 18일의 미성숙 찰쌀보리 단백질 함량(12.6%)(Ju 등, 2007)은 밀가루 강력분(9.7~12.9%)(Kwak 등, 2017)과 비슷하다고 보고하였다. 이와 유사하게 Kim 등(2014b)은 미성숙 찰쌀보리를 첨가한 식빵 반죽은 어두운 녹색색이 강하여 첨가량이 증가할수록 L값과 a값은 감소하고 b값은 증가한다고 보고하였다. 따라서 미성숙 찰쌀보리 분말 고유의 색은 반죽뿐만 아니라 식빵의 색에도 영향을 미쳐 분말 첨가량이 증가함에 따라 식빵의 명도는 감소하고 황색도는 증가한 것으로 판단되며

이는 육안으로도 관찰이 가능하였다.

식빵 분말의 호화 특성

미성숙 찰쌀보리 분말 첨가 식빵의 동결 건조 분말에 관한 호화 특성을 RVA로 분석한 결과는 Table 5와 같다. 식빵의 호화 개시온도(pasting temperature)는 분말 첨가량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보였으나 대조군과 첨가군간의 유의차는 없었다($P>0.05$). 구조과괴점도(breakdown viscosity)는 대조군이 첨가군보다 유의적으로 높았다($P<0.05$). 노화점도(setback viscosity)는 대조군이 574 cP이고, 미성숙 찰쌀보리 분말 10, 20, 30% 첨가군은 각각 450, 365.5, 299.5 cP로 분말의 첨가량에 따라 유의적으로 감소하였다($P<0.05$).

전분의 호화 양상은 amylose와 amylopectin의 구성비, 입자들의 크기 및 모양과 결합력, 전분입자의 팽윤 정도 및 팽윤된 입자의 열 전단력에 의한 안정성 등에 의해 결정된다(Kim 등, 2012a). 호화개시온도는 높을수록 전분의 호화가 지연된다는 것을 의미하며, 미성숙 찰쌀보리 분말은 amylopectin과 β-glucan이 다량 함유하여 호화개시온도를 낮춘다고 보고되어 있다(Kim 등, 2014b; Kim 등, 2013). 밀가루에 찰성 쌀보리 가루를 20~30% 대체한 복합분의 호화개시온도는 밀가루보다 높고(Lee와 Chang, 2003), 미성숙 녹색 밀가루는 완숙 밀가루보다 호화개시온도가 높다(Kim 등, 2013). 본 연구에서 분석한 호화개시온도는 식빵의 분말을 측정할 결과로써 식빵 제조과정에서 호화된 식빵의 재호화개시온도는 미성숙 찰쌀보리 분말이 첨가된 식빵이 무첨가 식빵보다 높은 경향을 보이지만 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

최고점도와 최저점도의 차이값으로 계산되는 구조과괴점

Fig. 1. Photographs of pan bread supplemented with different levels of immature chalssalbori powder.

Table 5. Pasting characteristics of pan breads supplemented with immature chalssalbori powder

Pan bread	Immature chalssalbori powder			
	Control (0%)	10%	20%	30%
Pasting temperature (°C)	94.90±0.28 ^{a1)2)}	94.93±0.32 ^a	94.58±1.10 ^a	95.35±0.07 ^a
Breakdown viscosity (cP)	111.50±7.78 ^a	55.50±4.95 ^c	50.00±4.24 ^c	94.00±4.24 ^b
Setback viscosity (cP)	574.00±15.56 ^a	450.00±12.73 ^b	356.50±2.12 ^c	299.50±10.61 ^d

¹⁾Each value is mean±SD (n=2).

²⁾Values with different letters within the same row are significantly different by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

도는 호화 중 페이스트에 작용하는 열과 전단에 의한 전분 입자의 파괴 정도를 나타낸다(Kim 등, 2013). 첨가 식빵의 동결 건조 분말에서는 첨가량이 10%에서 30% 증가하면 무첨가 식빵 분말보다 최고점도와 최저점도가 모두 감소하고 (data not shown), 그 차이값인 구조파괴점도는 10%와 20% 첨가 식빵에서 유사하였다($P>0.05$). 30% 첨가 식빵 분말에서도 최고점도와 최저점도가 동시에 감소하였지만 최고점도에 비해 상대적으로 최저점도가 더 감소하여 계산된 구조파괴점도는 유의적으로 증가함을 보였다($P<0.05$). 미성숙 찰쌀보리 가루는 전분 호화액의 안정성을 증가시킴으로써 밀가루 강력분보다 낮은 구조파괴점도를 가진다고 보고되어 있으며(Kim 등, 2014b), 이러한 미성숙 찰쌀보리 가루를 첨가한 식빵은 밀가루 강력분을 첨가한 대조군보다 구조파괴점도가 낮고, 호화 전분이 쉽게 파괴되지 않음으로써 대조군보다 낮은 점탄성을 가질 것으로 생각된다(Jeon 등, 2015).

노화점도는 최종점도와 최저점도의 차이값으로 노화 경향을 나타내며, 값이 낮을수록 노화 진행 속도가 지연된다는 것을 의미한다(Kim 등, 2013). 선행연구에서는 미성숙 찰쌀보리 가루가 강력분보다 노화점도가 낮아 전분의 노화 지연 효과가 있을 것이라 보고하였다(Kim 등, 2014b). 본 연구에서 미성숙 찰쌀보리 분말의 첨가량이 증가할수록 노화점도가 감소하여 미성숙 찰쌀보리 첨가 식빵은 무첨가 식빵보다 안정적인 상태를 가지며 빵이 굳어지는 현상을 감소시킬 수 있을 것으로 생각된다(Ko 등, 2016; Jeon 등, 2015).

식빵의 노화도

미성숙 찰쌀보리 분말 첨가량과 저장온도 및 시간에 따른 식빵의 노화도를 평가하기 위해 X-ray 회절도를 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. X-ray 회절 패턴에 의하면 제조 당일 (day 0)의 대조군과 10, 20, 30% 첨가 식빵에서는 회절각도 (2θ)=19.82~20.18° 구간에서 피크가 관찰되어 무정형의

Fig. 2. X-ray diffraction patterns of pan bread supplemented with different levels of immature chalssalbori powder. Storage A, 0 day; B, 4°C for 2 days; C, 20°C for 2 days; D, 4°C for 4 days; E, 20°C for 4 days.

V-type 전분 형태인 것으로 판단되며, 이 피크는 저장기간 (day 2, 4) 동안 식빵의 X-ray 회절 패턴에서도 지속적으로 관찰되었다. 반면, 냉장 또는 상온 저장된 식빵에서는 17~18°에서 새로운 피크가 추가적으로 관찰되어 B-type의 전분 형태의 결정형 구조도 존재함을 확인하였다. 즉, 2일 동안 4°C 및 20°C에서 저장한 식빵은 각각 17.24~17.84°와 17.5~17.82°에서 4일간 4°C 및 20°C에서 저장한 식빵은 각각 17.5~17.64°와 17.1~17.86°에서 추가로 B-type의 전분형태가 관찰되어 저장기간 중 전분의 노화로 인한 결정이 생성되었음을 확인하였다. 또한, 20°C(상온)보다 4°C(냉장) 보관 시 17~18°에서 강한 intensity를 가진 peak가 관찰되어 저장온도는 식빵의 노화에 영향을 주며, 냉장 보관이 실온 보관보다 식빵의 노화를 더 촉진함을 확인하였다.

전분의 노화는 호화된 α-전분 분자가 다른 분자와 수소 결합을 일으키면서 차차 굳어져 β-전분으로 되돌아가 입자의 재결정화가 일어나는 것으로 주로 전분의 종류, amylose와 amylopectin의 함량, 수분함량, 온도, pH, 저장기간 등에 의해 영향을 받는다(Lee, 1999). 가지 구조인 amylopectin은 직선상 분자 구조를 갖는 amylose보다 안정하며, 입체적인 장애를 받기 때문에 amylopectin 함량이 높은 전분은 노화 진행이 상대적으로 느리며 수소 결합은 저온일수록 안정화되기 때문에 낮은 온도에서 노화가 더 잘 발생한다고 알려져 있다(Lee, 1999; Buleon 등, 1998). X-ray 회절도는 전분의 결정성으로 노화도를 평가하며, 회절 양상과 peak의 위치에 따라 A, B, C 및 V-type으로 전분을 구분하고 있다(Buleon 등, 1998). 밀가루는 X-ray 회절도(2θ)=15.2, 17.4,

18.3, 23.1°에서 peak가 관찰되는 A-type 결정형을 보이지만 전분이 호화되면 규칙적인 분자 배열이 사라지고 20° 부근에서 peak가 관찰되는 V-type 결정형이 나타나게 된다(Aguiree 등, 2011; Lee, 1999). 이러한 V-type 전분을 냉각 및 저장할 경우 amylose와 amylopectin 분자가 재결정화되면서 17.4°에서 peak가 관찰되는 나타내는 B-type 결정형이 나타나며 이는 빵의 노화와 관련이 있다고 알려져 있다(Aguiree 등, 2011).

또한, 찰쌀보리는 일반 메보리 보다 amylopectin 함량이 높으며(Jeong 등, 2013), 본 연구결과 미성숙 찰쌀보리 분말의 첨가량이 많은 식빵에서 B-type 결정형을 나타내는 peak의 intensity가 감소하여 미성숙 찰쌀보리 분말이 첨가되면 전분의 노화가 지연될 것으로 생각된다(Lee와 Chang, 2003). 또한, Aguiree 등(2011)은 빵을 25°C보다 4°C에서 보관할 때 전분 분자의 결정도가 더 높고, 저장온도는 전분 분자의 이동성에 영향을 미쳐 전분 노화와 관련이 있는 2θ=17.4°에서의 peak가 25°C보다 4°C에서 훨씬 빠르게 발생하고 높게 나타남을 보고하여 본 연구 결과와 유사하였다.

식빵의 조직감

미성숙 찰쌀보리 분말 첨가 식빵을 상온(20°C)과 냉장(4°C)온도에서 4일간 저장하며 텍스처를 측정한 결과는 Table 6과 같다. 식빵의 제조 당일(day 0) 초기 경도는 분말 첨가량에 따라 증가하였으며, 30% 첨가군이 대조군보다 2.8배 높고 탄력성과 응집성은 첨가량에 따라 감소하여 30% 첨가군이 유의적으로 가장 낮았다($P<0.05$). 저장기간 동안

Table 6. Texture properties of pan bread supplemented with immature chalsalbori powder during storage

Day	Storage Temperature	Immature chalsalbori flour (%)	Hardness (g/cm ²)	Springiness (%)	Cohesiveness (%)
0		Control	82.79±6.28 ^{b1)2)}	68.11±4.50 ^b	52.11±8.12 ^{ab}
		10	82.92±13.41 ^b	77.18±4.84 ^a	57.83±4.00 ^a
		20	93.89±17.17 ^b	64.36±6.86 ^{bc}	52.79±2.66 ^{ab}
		30	229.46±4.06 ^a	57.29±0.32 ^c	46.77±3.09 ^b
2	4°C	Control	136.44±52.97 ^c	88.03±3.68 ^a	47.75±2.55 ^b
		10	118.30±31.13 ^c	82.84±3.45 ^a	55.60±2.97 ^a
		20	233.39±56.98 ^b	74.56±4.32 ^b	48.22±7.65 ^b
		30	312.82±50.48 ^a	57.14±4.86 ^c	41.02±2.60 ^b
	20°C	Control	134.92±15.82 ^b	89.63±2.43 ^a	47.61±1.06 ^c
		10	113.62±28.34 ^b	80.94±1.17 ^b	62.91±1.43 ^a
		20	147.90±29.70 ^b	76.84±6.80 ^b	53.07±4.52 ^b
		30	256.42±38.04 ^a	64.02±3.32 ^c	47.58±2.09 ^c
4	4°C	Control	144.41±27.01 ^b	113.21±46.41 ^a	45.17±3.66 ^a
		10	138.53±38.85 ^b	91.50±1.43 ^{ab}	50.52±4.72 ^a
		20	274.62±39.10 ^a	73.74±6.89 ^{bc}	44.95±4.12 ^a
		30	353.25±109.06 ^a	55.63±5.43 ^c	41.90±7.84 ^a
	20°C	Control	140.08±27.34 ^c	90.87±2.51 ^a	54.98±6.89 ^a
		10	136.75±14.04 ^c	84.80±2.53 ^b	53.91±6.52 ^a
		20	218.17±52.20 ^b	75.88±2.47 ^c	50.98±4.06 ^a
		30	368.17±29.36 ^a	64.20±5.83 ^d	51.59±10.19 ^a

¹⁾Each value is mean±SD (n=2).

²⁾Values with different letters within the same column are significantly different at $P<0.05$.

식빵의 경도는 증가하여 4일 저장한 모든 식빵의 경도가 가장 높아 분말 첨가량이 많을수록 단단하였으며, 상온 보관(20°C)보다 냉장 보관(4°C) 시 경도가 더 높은 경향을 띄었다($P>0.05$). 특히, 4일의 저장기간 동안 10% 첨가군의 경도는 대조군보다 낮은 경향을 보이지만 유의적인 차이는 없었다($P>0.05$). 식빵의 응집성은 저장기간 동안 감소하는 경향이었고, 냉장 보관 보다는 상온 보관 시 높게 나타났다. 식빵의 탄력성은 저장기간 동안 증가하였으며 분말 첨가량이 많을수록 감소하였다.

경도, 탄력성, 응집성은 식빵의 신선함을 나타내는 지표로 부피와 함께 식빵의 품질 평가 인자로 사용된다(Charoenthaikij 등, 2010; Hwang 등, 2018). 경도는 빵의 부피, 반죽 발효 시 기공의 발달정도, 수분함량 등과 밀접한 관련이 있으며 반죽 내 기공 발달이 잘된 제품은 부피가 크고 경도가 낮아 부드러운 식빵의 특성을 가진다(Hwang 등, 2018). 반면 높은 탄력성은 압착 스트레스에 대한 복원력을 상승시키며 높은 응집성은 씹을 때 가루 형태보다는 덩어리를 형성함으로써 씹는 느낌을 좋게 하여 빵의 특성으로는 좋은 특성을 나타낸다(Kim 등, 2012b). 높은 수분함량을 가진 분말의 첨가는 빵을 부드럽게 하지만 식이섬유 함량이 높은 분말의 첨가는 글루텐 형성을 억제하여 내부 기공 발달을 미흡하게 함으로써 빵의 경도를 증가시킨다고 알려져 있다(Kim 등, 2014a; Kim 등, 2013). 본 연구의 미성숙 찰쌀보리 분말은 수분함량(6.9%)이 강력분(12.8%)보다 낮지만(Kim 등, 2014b), 식이섬유 함량은 높아 식빵 제조 시 첨가하면 반죽에서의 글루텐 생성량이 감소하고, 이로 인해 팽창력이 저해되어 미성숙 찰쌀보리 분말 첨가량이 증가함에 따라 식빵의 경도가 증가한 것으로 생각된다(Ju 등, 2007). 따라서 미성숙 찰쌀보리 분말 첨가량이 증가하면 식빵의 부피와 비용적이 감소하고(Table 2), 경도는 증가하여 빵의 부드러운 정도가 감소함을 확인하였다.

식빵 저장 중의 텍스처 변화는 단백질과 전분 간의 상호작용 및 전분 노화 현상의 결과로 여겨진다(Oh 등, 2018). 식빵의 저장기간이 길어지면 전분의 노화가 진행되어 분자 간 결합으로 인한 결정이 형성됨으로써 모든 식빵의 경도가 제조 당일보다 증가한 것으로 판단된다(Charoenthaikij 등, 2010). 반면 저장 중 10% 분말 첨가 식빵의 경도는 대조군과 유의적인 차이가 없고($P>0.05$), 20%와 30% 분말 첨가 식빵보다 경도 변화가 적어 10%의 미성숙 찰쌀보리 분말 첨가는 부드러운 물성을 가진 빵 제조 및 저장 중 제품의 품질개선에 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다(Kim 등, 2016). 한편 식빵의 노화는 저온에서 더 잘 발생하여 단단해짐으로, 냉장(4°C) 보관 식빵이 상온(20°C) 보관 식빵보다 높은 경도를 나타내었다(Aguiree 등, 2011). Charoenthaikij 등(2010)은 발아 현미를 첨가한 빵을 상온(25°C)에서 보관할 경우, 저장 일수가 증가할수록 경도는 증가하고 응집성은 감소한다고 보고하여 본 연구결과와 유사하였다.

요 약

밀가루 강력분 대비 미성숙 찰쌀보리 분말을 10, 20, 30% 첨가하여 식빵을 제조하고, 저장기간(0, 2, 4일) 및 온도(4°C, 20°C)에 따른 품질 특성을 분석하였다. 식빵의 무게와 굽기 손실률은 대조군과 미성숙 찰쌀보리 분말 첨가군 간에 유의차가 없지만($P>0.05$), 부피와 비용적은 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다($P<0.05$). 식빵의 색도는 미성숙 찰쌀보리 분말 첨가량이 증가함에 따라 명도는 감소하고 황색도는 증가하여 어두운 녹황색을 나타내었으며 수분 활성도는 분말 첨가량에 따라 감소하였다. 제조 직후 식빵의 pH는 분말 첨가량이 많을수록 증가하였다. 식빵 분말의 호화 특성은 분말 첨가량이 증가하면 호화개시온도, 구조파괴점도, 노화점도가 감소하였고, 식빵의 노화도 분석을 위해 X-ray 회절도를 측정한 결과 제조 직후에는 V-type의 전분 형태가 발견되지만 저장 시 B-type이 관찰되었고, 이는 20°C보다 4°C에서 저장할 때 intensity가 강하였다. 제조 직후 분말을 첨가한 식빵의 경도는 대조군보다 높고, 첨가량이 많고 저장기간이 길고 냉장 보관 시 높았다. 반면, 식빵의 탄력성과 응집성은 첨가량에 따라 감소하였으며 저장기간이 길고 저장온도가 낮을수록 감소하였다. 본 연구에서는 전국립인 미성숙 찰쌀보리 첨가에 따른 식빵의 품질을 평가하였고, 이 결과는 베이커리 제품에 대한 미성숙 찰쌀보리의 가공 적성을 평가하는 기초자료로 이용될 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 2020년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의해 이루어진 결과물로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Aguiree JF, Osella CA, Carrara CR, Sánchez HD, Buera MP. Effect of storage temperature on starch retrogradation of bread staling. *Starch/Stärke*. 2011. 63:587-593.
- AT Food Information Statistics System (AT FIS). 2018 Processed food market status report-bread market. 2018 [cited 2021 Jun 9]. Available from: <https://www.atfis.or.kr/article/M001050000/view.do?articleId=2969>
- Baek SW, Kim SH, Hwang JW. The study on consumers' preference and purchasing property of processed grain products. *Korean J Org Agric*. 2017. 25:537-554.
- Bulón A, Colonna P, Planchot V, Ball S. Starch granules: structure and biosynthesis. *Int J Biol Macromol*. 1998. 23:85-112.
- Charoenthaikij P, Jangchud K, Jangchud A, Prinyawiwatkul W, No HK, King JM. Physicochemical properties and consumer acceptance of wheat-germinated brown rice bread during storage time. *J Food Sci*. 2010. 75:S333-S339.
- Choi UK. Effect of barley bran flour addition on the quality of bread. *Korean J Food Sci Technol*. 2005. 37:746-750.
- Hwang KH, Jung HN, Choi OJ. Quality characteristics of milk bread added blueberry starter. *Korean J Food Preserv*. 2018.

- 25:296-303.
- Jeon SY, Lee YS, Rho JO. A study on quality characteristics of dangmyon (starch vermicelli) added with mulberry leaves powder. *Korean J Hum Ecol*. 2015. 24:437-449.
- Jeong HC, Yoo SS. Quality characteristics of pan bread added with color barely powder. *Korean J Culi Res*. 2014. 20:127-143.
- Jeong YS, Kim JW, Lee ES, Han YY, Gil NY, Lee MJ, et al. Studies on physico-chemical characterization of starch extracted from domestic barley cultivars. *Food Eng Prog*. 2013. 17:203-211.
- Ju JI, Lee KS, Min HI, Lee BJ, Kwon BG, Gu JH, et al. Changes in physicochemical characteristics of green barley according to days after heading. *Korean J Crop Sci*. 2007. 52:36-44.
- Jun HI, Yoo SH, Song GS, Kim YS. Bread-making properties of rice bread added with naked oat flours. *Korean J Food Preserv*. 2019. 26:68-73.
- Kang S, Song SH. Major components and health functionalities of brown rice, germinated brown rice, barely, and buckwheat. *Food Eng Prog*. 2016. 20:175-182.
- Kim DJ, Oh SK, Lee JH, Yoon MR, Choi IS, Lee DH, et al. Changes in quality properties of brown rice after germination. *Korean J Food Sci Technol*. 2012a. 44:300-305.
- Kim JY, Lee KT, Lee JH. Quality characteristics of bakery products with whole green wheat powder. *Korean J Food Cook Sci*. 2013. 29:137-146.
- Kim SH. The effects of addition of waxy corn powder and vital gluten on the white pan bread. Master's thesis. Hankyong National University, Gyeonggi, Korea. 2012.
- Kim WM, Kim KH, Lee GH. Effects of addition of gelatinized wheat flour dough on pan bread. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2016. 45:1467-1475.
- Kim WM, Kim MK, Byun MW, Lee GH. Physical and sensory characteristics of bread prepared by substituting sugar with yacon concentrate. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2012b. 41:1288-1293.
- Kim YJ, Lee JH, Chung KC, Lee SK. Effects of trehalose on quality characteristics of white pan bread. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2014a. 43:712-719.
- Kim YS, Park JY, Lee JH. Quality characteristics of bread dough added with immature chalsalbori flour. *Korean J Food Cook Sci*. 2014b. 30:385-393.
- Ko JY, Song SB, Choe ME, Woo KS, Choi JM, Kwak DY, et al. Quality characteristics and antioxidant activities of powdery instant porridge by characteristics of endosperm of fox-tail millet. *Korean J Food Nutr*. 2016. 29:465-473.
- Kwak HS, Kim MJ, Kim OW, Kim SS. Quality characteristics of domestic strong wheat flour. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2017. 46:616-621.
- Lee HY, Kim SM, Kim JY, Youn SK, Choi JS, Park SM, et al. Changes of quality characteristics on the bread added chitosan. *Korean J Food Sci Technol*. 2002. 34:449-453.
- Lee MH. A study of the starch's effect on the aging of bread. *Korean J Culi Res*. 1999. 5:163-190.
- Lee MJ, Kim KS, Kim YK, Choi JS, Park KG, Kim HS. Quality characteristics and antioxidant activity of noodle containing whole flour of Korean hull-less barley cultivars. *Korean J Crop Sci*. 2013. 58:459-467.
- Lee YT, Chang HG. Effects of waxy and normal hull-less barely flours on bread-making properties. *Korean J Food Sci Technol*. 2003. 35:918-923.
- Ministry of food and drug safety (MFDS). 2019 Statistics of food production performance. 2020 [cited 2021 Jun 9]. Available from: https://www.mfds.go.kr/brd/m_374/view.do?seq=30200&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=1
- Miyazaki M, Maeda T, Morita N. Effect of various dextrin substitutions for wheat flour on dough properties and bread qualities. *Food Res Int*. 2004. 37:59-65.
- Oh SJ, Kwon YH, Shin HH, Kim HS, Choi HD, Lim ST. Changes in physical characteristics of white pan bread by addition of GABA rice bran and its extract. *Korean J Food Sci Technol*. 2018. 50:614-620.
- Smith JP, Daifas DP, Ei-Khoury W, Koukoutsis J, Ei-Khoury A. Shelf life and safety concerns of bakery products—A review. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2004. 44:19-55.
- Smith JP. Bakery products. In: *Principles and Application of Modified Atmosphere Packaging of Food*. Parry RT, editor. Blackie Academic and Professional, London, UK. 1993. p 134-169.
- Yang YH, Kang EY, Kim MK, Cho HY, Kim MR. Physico-chemical and sensory characteristics of milk bread substituted with high amount of β -glucan. *Korean J Food Cook Sci*. 2006. 22:204-212.
- Yi AY, Kim YS, Lee JH. Quality characteristics of *Misutkaru* and their cookies made with immature whole green rice and barely. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2013. 42:1805-1812.