

볶은 쌀겨를 첨가한 밀가루 반죽의 rheology 특성

신현광¹ · 이정훈² · 정구춘³ · 이시경^{2,*}

¹건국대학교 농축대학원 바이오식품공학과, ²건국대학교 축산식품생명공학과, ³건국대학교 화학과

Rheological properties of flour dough containing roasted rice bran

Hyun-Kwang Shin¹, Jeong-Hoon Lee², Koo-Chun Chung³, and Si-Kyung Lee^{2,*}

¹Department of BioFood Science & Technology, Agriculture Livestock Graduate School, Konkuk University

²Department of Food Science and Biotechnology of Animal Resources, Konkuk University

³Department of Chemistry, Konkuk University

Abstract This study was carried out to investigate the effect of roasted rice bran (RRB) on the rheological properties of bread dough. According to farinograph analysis, the consistency of the control sample was greatest. There were no significant differences in water absorption ($p < 0.05$). Lower values of development time, stability, and time to breakdown, which were affected, by the addition of RRB, were observed for RRB-containing dough samples, compared to the control dough sample. Addition of RRB significantly increased the mixing tolerance index (MTI). According to rheofermentometer analysis, the values of H'm, T₁, and retention volume decreased with increase in the amount of RRB added. According to the rapid visco analyzer (RVA) analysis, peak viscosity, holding strength, and setback values were greater in the control than in the RRB-containing samples. The addition of RRB to the flour influenced rheological properties like fermentation volume and acidity. The total acidity increased with the increase in the amount of RRB added. The present study has indicated that there was no significant difference between the rheological properties of the control and 5% RRB-containing dough samples. Therefore, the addition of 5% RRB could be an effective way to produce functional flour bread without affecting its desirable physical properties.

Keywords: roasted rice bran, rheological properties, bread dough

서 론

쌀겨(rice bran)는 벼의 외피인 왕겨(husk)를 분리한 현미를 도정하여 백미를 만들 때 생기는 외배유와 호분층을 말하며, 벼는 밀, 옥수수과 함께 세계 3대 작물이다. 한국, 중국을 비롯하여 아시아 여러 나라에서 재배되고 있고, 우리나라는 연간 약 50만톤으로 추정하고 있다(Lee 등, 2006). 벼의 부산물인 쌀겨의 주요 성분은 단백질, 식이섬유, 지방질 및 미량성분으로 이루어져 있다(Finegold 등, 1974). 쌀겨의 단백질을 가수분해하여 흰쥐에 임상 실험한 결과 체내의 지질함량을 감소시키고 7, 12-dimethyl benz[α]anthracene (DMBA)로 유발된 유방암의 발병 억제효과가 있는 것으로 보고되었다(Seo와 Han, 1998). 겨층에 존재하는 세포벽 구조물질인 셀룰로스, 헤미셀룰로스, 리그닌과 가용성 식이 섬유는 펙틴, 검과 같은 형태로 존재한다. 이는 보수력이 좋아 변을 부드럽게 하고(Muramoto와 Kawamura, 1991), 물에 용해되거나 팽윤되어 젤화 하는 성질이 있어 콜레스테롤, 무기질 등의 영양성분 흡수를 느리게 하여 간장, 신장의 기능개선 및 비만 방

에 효과적이다. 이는 쌀겨가 정장효과에도 뛰어나다는 보고와 일치한다(Kim 등, 2004). 영양학적으로 뛰어난 쌀겨 가루를 소재로 한 체계적인 연구로는 쿠키(Jang, 2010), 머핀(Jang, 2012) 등이 보고되었다. 우리나라에서는 연간 50만 톤의 쌀겨가 생산되며 쌀겨의 다양한 생리활성 효과가 알려져 있어 소비자의 관심이 증대되었다(Choi, 2007). 겨층에 존재하는 지방은 라이페이스에 의한 산패로 인하여 저장에 어려움 20-30% 정도만 유지 추출의 원료로 쓰이고, 나머지는 사료나 유기질 퇴비 또는 폐기물로 처리돼 환경적 오염을 일으킨다(Ha 등, 1997; Kim 등, 1997). 최근 이러한 문제점을 해소한 안정화 쌀겨 제조법이 발표됨(Kim, 2013)에 따라 쌀겨를 활용하여 안전하고 생리활성 효능을 가진 식품소재로서 활용 가능성이 확대되었다.

원료에 볶음처리를 적용할 경우, 원료의 갈변 과정 중 몇몇의 물질 들은 강한 산화방지력이 나타나는데, Jang 등(2014)은 볶은 녹두를 다식 제조에 첨가하여 녹두 종피에 존재하는 아이소바이텍신(isovitexin)과 바이텍신(vitexin) 함량 분석 결과 종실의 약 9배와 10배가 높아 졌다고 보고하였고, Lee 등(2009)은 벼를 발아시켜 볶아 차로 만든 발아 벼차의 항산화 활성과 이화학적 특성이 볶음 온도가 높을수록 증가하는 경향을 나타냈다고 하였다.

Lee 등(2010)은 현미의 볶음 처리 유무와 첨가량에 따른 선식의 영양적 관능적 특성 및 산화안정성에 미치는 영향에 관한 연구에서 볶음(roasting)공정을 통해 가장 큰 선식의 영향은 산화안정성이었다고 하였으며, Lee 등(1994)도 미숙 보리곡립의 볶음 중 이화학적 특성변화에 대한 연구에서 녹말과 질소함량은 감소하고 식이섬유와 아미노산의 함량은 증가하였다고 하였다.

*Corresponding author: Si-Kyung Lee, Department of Food Science and Biotechnology of Animal Resources, Konkuk University, Seoul 05029, Korea

Tel:

Fax:

E-mail:

Received August 9, 2018; revised October 11, 2018;

accepted October 14, 2018

따라서 본 연구에서는 빵 제조 시 각종 기능성 물질과 생리활성 성분을 함유하고 있는 볶은 쌀겨를 밀가루 대비 0, 5, 10, 15% 대체 첨가하여 밀가루 반죽의 레올리지에 미치는 영향으로 파리노그래프, rheofermentometer, rapid visco analyzer (RVA) 특성, 반죽의 부피변화 등의 반죽 특성을 조사하여 기능성 소재에 대한 기초자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 볶은 쌀겨(Korea Federation of rice bran Co., Gokseong, Korea)의 조성은 수분함량 10% 이하, 탄수화물 53.55%, 식이섬유 18.98%, 단백질 14.58%, 지방 18.41% 등 이었다. 볶은 쌀겨 분말은 도정 후 통돌이 기계(K2-1057, K2 SYSTEM Co., Busan, Korea)를 이용하여 120°C에서 25분간 볶은 뒤 100 mesh를 통과하여 시료로 사용하였다. 기기분석에는 수분함량 14% 기준의 강력밀가루 1등급(Samyang Co., Asan, Korea), 정제염(Youngjinsalt Co., Shinan, Korea), 백설탕(Samyang Co., Ulsan, Korea), 효모(Jenico Co., Pyeongtaek, Korea), 제빵개량제는 S-500 (Puratos Korea, Seoul, Korea), 쇼트닝은 실버쇼트닝(Lotte Food, Seoul, Korea) 등을 사용하였다.

파리노그래프 분석

파리노그래프 분석은 Farinogram-E (M81044, Brabender Co. Ltd., Duisburg, Germany)를 사용하여 AACC 54-21 (AACC, 1985)방법에 따랐다. 강력밀가루에 볶은 쌀겨를 0, 5, 10, 15%씩 대체 첨가하여 만든 복합분을 각각 300 g씩 취하여, farinogram 커브의 중앙이 500±10 FU (farinogram unit)에 도달할 때까지 흡수량을 조절하였고, 이때 반죽온도는 30±0.2°C가 유지되도록 하였다. Farinogram에서 얻어진 반죽의 굳기(consistency), 흡수율(water absorption), 반죽 형성 시간(development time), 반죽 안정도(stability), 반죽 파괴시간(time to breakdown), 반죽 내성(mixing tolerance index, MTI) 및 farinograph quality number (FQN)의 값 등을 측정하였다.

Rheofermentometer 분석

Rheofermentometer (F3 Rheofermentometer, Chopin S.A Co. Ltd., Villeu neuve La Garenne, France)를 사용하여 반죽의 발효력을 분석하였다. 강력밀가루에 볶은 쌀겨를 0, 5, 10, 15%씩 대체 첨가하여 만든 복합분 300 g, 물 180 g, 효모 7.5 g을 반죽기에 넣고 저속 3분, 중속 2분간 반죽하여 분석에 사용하였다. 측정조건인 protocol type은 온도 28.5°C, duration 180 min, 반죽무게 315 g, 시료에 올려지는 원추의 무게 2 kg, piston은 standard, quality는 1.2%로 하였다. Rheofermentometer 측정 parameter는 H'm (가스 발생 커브의 최대 높이), T₁ (가스 발생 커브 최대 높이까지 소요되는 시간), T_x (반죽에서 CO₂ 가스가 손실되기 시작할 때의 시간), 전체 부피(A1+A2 커브에서 가스 발생량), CO₂ 가스 손실량과 보유량(cc) 및 CO₂ 가스 보유율(%) 등을 측정하였다.

RVA 분석

호화도는 RVA (rapid visco analyzer, Newport Scientific Pty Co. Ltd., Warriewood, Australia)를 이용하여 다음과 같이 분석하였다. 강력밀가루에 볶은 쌀겨를 0, 5, 10, 15%씩 대체 첨가하여 만든 복합분 3.5 g을 알루미늄 용기에 취하고 증류수 25 mL를 가한 다음 플라스틱 회전축을 넣고 일정하게 20회 정도 교반하면

서 현탁액을 만들었으며, 50°C로 온도가 맞추어진 RVA에서 1분간 빠른 속도로 교반한 다음에, 온도를 1분에 12°C씩 올리면서 95°C까지 가열하고, 이 상태에서 그대로 2.5분 유지시킨 후에 50°C로 냉각시키면서 페이스팅온도(pasting temperature), 최고점도(peak viscosity), 최고점도시간(peak time), 최고점도 후에 나타나는 최저점도인 유지강도(holding strength), 최고점도에서 최저점도를 뺀 값인 breakdown 값과 최종점도(final viscosity)에서 최저점도를 뺀 값인 setback 값 등을 측정하였다.

반죽의 부피 변화 분석

발효시간에 따른 반죽의 부피 변화 분석은 강력밀가루(100%), 소금(2%), 설탕(4%), 효모(2%), 제빵개량제(1.5%), 쇼트닝(3%), 물(62%)의 배합 비율을 대조구로 하여 볶은 쌀겨를 밀가루 대비 5, 10, 15% 대체 첨가하였다. 재료를 반죽기에 넣고 저속에서 2분, 중속에서 10분간 반죽하여 온도 27°C의 반죽을 제조하였다. 대조구와 각 시험구들을 50 g 취하여 둥글리기 한 후 10 cc 단위로 표시된 원통형 유리발효기(직경 5.5 cm×높이 25 cm) 밑면에 넣고 뚜껑을 씌워 30°C의 인큐베이터에서 120분 동안 발효하면서 20분 단위로 반죽 발효부피를 측정하였다.

반죽의 총산도 및 pH 분석

반죽의 총산도는 반죽의 부피 변화를 분석하기 위하여 제조한 반죽으로 AACC 02-31 (AACC, 1985)에 따라 분석하였다. 반죽을 30°C의 인큐베이터에서 120분 동안 발효하면서 20분 간격으로 총산도(total titratable acidity, TTA)를 측정하였다. 반죽 20 g을 취하여 100 mL 증류수로 희석한 후 10방울의 폼알데하이드를 가하여 효모의 활성을 정지시키고 0.1 N 수산화소듐(F=1.001) (DaeJung Chemical & Metals Co. Ltd., Koryung, Korea) 용액을 사용하여 pH 6.6이 될 때까지 적정하여 소모된 0.1 N 수산화소듐의 부피 (mL)를 총산도로 하였다. 반죽의 pH는 AACC 02-52 (AACC, 1985)에 따라 반죽 10 g을 취하여 증류수 100 mL에 균일하게 용해하여 pH meter (MP 220, Mettler Toledo Co. Ltd., Urdorf, Switzerland)로 측정하였다.

통계분석

볶은 쌀겨를 대체 첨가하여 분석한 rheology 시험결과는 5회 반복 분석하여 가장 높은 값과 낮은 값을 제외하고 평균±표준편차로 나타났다. 시험구들 간의 유의성 통계분석은 SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, version 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계프로그램을 사용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 시료간의 유의성 검증은 $p < 0.05$ 수준으로 던컨의 다중범위시험법(Duncan's multiple range test)을 이용하였다.

결과 및 고찰

파리노그래프 분석

강력밀가루에 볶은 쌀겨를 대체 첨가하여 파리노그래프로 굳기(consistency), 수분 흡수율(water absorption), 반죽형성시간(development time), 반죽의 안정도(stability), 반죽 파괴시간(time to breakdown), 반죽 내성(MTI), farinograph quality number (FQN)을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 반죽의 굳기(consistency)는 대조구가 500.02 FU이었고, 볶은 쌀겨 5% 첨가구가 490.02 FU, 10%첨가구가 475.00 FU, 15%첨가구는 457.09 FU로 볶은 쌀겨의 첨가량이 증가할수록 감소하였으며 유의적 차이가 있었다 ($p < 0.05$). 이는 반죽이 진행되는 동안 볶은 쌀겨 중의 섬유소가

Table 1. Farinograph parameters of bread flours containing different quantity of roasted rice bran

Samples	Farinograph parameters						
	Consistency (FU)	Water absorption (%)	Development time (min)	Stability (min)	Time to breakdown (s)	Tolerance index (MTI) (FU)	Farinograph quality number
Control	500.02±0.03 ^{a1)}	66.25±0.05 ^a	11.20±0.01 ^a	14.05±0.05 ^a	29.08±0.03 ^a	950.00±0.00 ^d	166.00±0.00 ^a
RRB-5	490.02±0.03 ^b	66.14±0.02 ^b	9.70±0.00 ^b	13.55±0.05 ^b	25.00±0.00 ^b	971.02±0.04 ^c	162.00±0.00 ^b
RRB-10	475.00±0.00 ^c	65.79±0.01 ^c	9.48±0.03 ^c	11.70±0.00 ^c	24.10±0.01 ^c	976.19±0.01 ^b	160.89±0.01 ^c
RRB-15	457.09±0.01 ^d	65.00±0.01 ^d	8.00±0.00 ^d	10.49±0.01 ^d	20.08±0.03 ^d	985.00±0.00 ^a	159.00±0.00 ^d

¹ Values are Mean±SD, n=5

^{a-d} Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

Control: Bread flour without roasted rice bran.

RRB-5: Bread flour containing 5% of roasted rice bran.

RRB-10: Bread flour containing 10% of roasted rice bran.

RRB-15: Bread flour containing 15% of roasted rice bran.

글루텐 형성을 방해하기 때문으로 생각된다. Jeong과 Yoo(2014)도 유색보리 분말을 첨가한 식빵의 품질특성에 관한 연구에서 유색보리 분말 첨가량이 증가할수록 굳기가 감소하였다고 하여 본 실험의 결과와 같은 경향을 보였다. 흡수율(water absorption)은 대조구가 66.25%이었으며, 볶은 쌀겨 5, 10, 15%첨가구는 각각 66.14, 65.79, 65.00%로 대조구보다 낮은 값을 보였다. Park과 Han(2010)은 발효쌀겨의 첨가에 따른 식빵 반죽의 물리적 특성 연구에서 발효 쌀겨의 첨가량이 증가할수록 수분 흡수율이 감소하였다고 하였는데, 이는 쌀겨에 수분이 흡수되어 뭉쳐진 입자가 크기 때문이라 하였다.

반죽형성시간(development time)은 대조구가 11.2분으로 가장 길었으며, 볶은 쌀겨 5% 첨가구는 9.70분, 10% 첨가구는 9.48분, 15% 첨가구는 8.00분으로 볶은 쌀겨 첨가량이 증가할수록 반죽형성시간이 짧아졌다. 반죽형성시간은 반죽의 최고점도에 도달하는 시간을 말하며, 반죽에 밀가루 단백질의 함량이 많을수록 도달시간이 늦어지고 낮을수록 빨라진다. 이는 반죽이 혼합되는 동안 거대분자의 단백질이 서로 결합하여 글루텐을 형성하는데 오랜 시간이 요구되기 때문이다(Kang, 2000). Yook 등(2000)은 멥게껍질로부터 정제된 섬유소를 첨가한 빵 반죽의 물리적 특성에 관한 연구에서 반죽형성시간이 감소하였다고 하였다. 본 실험에서도 볶은 쌀겨 첨가량이 증가할수록 밀가루 단백질의 함량이 낮아져 반죽형성시간이 감소한 것으로 생각된다.

안정도(stability)는 반죽이 500 FU에 도달한 시간부터 떠날 때까지의 시간으로 글루텐의 힘이나 강도를 알 수 있는 요소이다. 대조구는 14.05분이었으나 볶은 쌀겨 5% 첨가는 13.55분, 10% 첨가는 11.70분, 15% 첨가는 10.49분으로 볶은 쌀겨 첨가량이 증가할수록 짧아져 유의적 차이가 있었다($p < 0.05$). 강력분에 볶은 쌀겨가 첨가되면 밀가루의 단백질 함량이 적어져 안정도가 짧아진 것으로 생각된다. Chung과 Kim(1998)은 밀가루 이외의 곡분, 종실 단백질, 녹말 등을 첨가하면 안정도가 감소되었는데, 이는 제빵 시 믹싱시간과 발효시간을 조절하는 보완이 필요하다고 하였다. Choi 등(2005)은 보리등겨 첨가 반죽의 물성 변화에서 보리등겨 첨가량이 증가할수록 약화도가 커지는 경향을 보여 쉽게 과반죽 상태가 된다고 하였는데, 본 실험에서도 볶은 쌀겨를 첨가하여 반죽 할 때 믹싱시간과 발효시간을 조절해야 할 것으로 생각된다.

반죽 파괴시간(time to breakdown)은 대조구가 29.08 s, 볶은 쌀겨 5% 첨가구가 25.00 s, 10% 첨가구 24.10 s, 15% 첨가구는 20.08 s로 볶은 쌀겨의 첨가량이 증가함에 따라 점점 짧아져 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). Jeong과 Yoo(2014)은 보리 분말

첨가 시에도 첨가량이 증가할수록 반죽 파괴시간이 짧아진다고 하였다. 본 연구에서 볶은 쌀겨 첨가량이 증가할수록 글루텐을 형성하는 단백질 함량이 낮아졌기 때문에 반죽 파괴시간이 짧아진 것으로 생각된다.

반죽의 내성(MTI)은 대조구 950.00 FU, 볶은 쌀겨 5% 첨가구가 971.02 FU, 10% 첨가구 976.19 FU, 15% 첨가구 985.00 FU로 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). Kim(2009)은 식빵에 생강분말을 첨가하여 실험한 결과 첨가량이 증가할수록 MTI값은 증가하여 생강분말을 첨가할 경우 반죽의 저항성이 약해진다고 하여 본 실험과 같은 경향을 보였다.

밀가루 품질을 측정하는 FQN은 대조구가 166.00인 것에 비하여 볶은 쌀겨 5% 첨가구는 162.00, 10% 첨가구는 160.89, 15% 첨가구는 159.00으로 볶은 쌀겨 첨가량이 증가할수록 감소하였다. Han(2006)은 홍삼박 분말을 첨가한 식빵의 품질 특성 연구에서 홍삼박 첨가량이 증가할수록 FQN이 감소되었다고 하여 본 연구와 유사한 경향을 나타냈다. FQN은 밀가루 품질 지수로 밀가루 반죽의 그래프 중간선이 최고 값에 도달한 후 최고 값에서 30 FU 하락한 지점으로 FQN이 높으면 양질의 밀가루를 나타내는데 볶은 쌀겨 첨가량이 증가할수록 FQN이 낮아진 것은 볶은 쌀겨 때문에 강력분의 단백질 함량이 적어졌기 때문으로 생각된다. 볶은 쌀겨의 첨가로 분석 값 들이 대조구에 비하여 좋지 않게 나타났으나, 쌀겨를 볶는 과정에서 항산화 및 항염 작용이 있는 폴리페놀 및 플라보노이드가 증가되어, 이를 반죽에 첨가하여 빵을 제조하였을 때 기능성 제품으로의 장점이 될 것으로 생각된다(Lee 등, 2009). 또한 Shin 등(2017)은 볶은 쌀겨 분말을 빵 제조 시에 5% 첨가하였을 때 향과 맛, 전체적인 기호도가 대조구에 비해 유의적 차이는 없었으나 좋았다고 하였다.

Rheofermentometer 분석

볶은 미강 첨가가 밀가루 반죽의 발효에 미치는 영향을 분석하기 위하여 rheofermentometer의 특성을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 이산화탄소가 방출되기 시작한 후 반죽의 최대 높이 H_m값은 대조구가 67.49 mm이었고 볶은 쌀겨를 5, 10, 15% 첨가구는 각각 61.04, 56.59, 53.01 mm로 대조구가 가장 높은 값을 나타냈고, 볶은 쌀겨 첨가량이 증가함에 따라 반죽의 최대 높이가 유의적으로 감소하는 경향을 보였다($p < 0.05$). 이는 볶은 쌀겨 첨가량이 증가하면 상대적으로 글루텐 형성 단백질 함량이 감소하여 글루텐 형성이 대조구에 비하여 적어지기 때문으로 생각된다. 이러한 현상에 대하여 Kim(2010)은 모시 잎 분말 첨가량이 증가하면 상대적으로 밀 단백질 함량이 감소되어 글루텐 형성이

Table 2. Rheofermentometric analysis of bread flours containing different contents of roasted rice bran

Samples	H'm ¹⁾ (mm)	T ₁ ²⁾ (min)	T _x ³⁾ (min)	Total volume ⁴⁾ (cc)	CO ₂ lost volume ⁵⁾ (cc)	Retention volume ⁶⁾ (cc)	Retention coefficient ⁷⁾ (%)
Control	67.49±0.02 ^{a1)}	180.09±0.01 ^a	92.17±0.03 ^a	1437.87±0.05 ^a	15.06±0.02 ^d	1415.30±0.01 ^a	98.79±0.01 ^a
RRB-5	61.04±0.04 ^b	160.01±0.01 ^b	84.19±0.01 ^b	1371.79±0.02 ^b	17.01±0.03 ^c	1354.90±0.00 ^b	97.52±0.02 ^b
RRB-10	56.59±0.01 ^c	123.48±0.02 ^c	72.68±0.02 ^c	1284.90±0.01 ^c	20.99±0.01 ^b	1264.00±0.01 ^c	96.52±0.03 ^c
RRB-15	53.01±0.01 ^d	118.40±0.01 ^d	49.99±0.01 ^d	1019.01±0.04 ^d	22.02±0.02 ^a	1003.63±0.04 ^d	95.29±0.02 ^d

¹⁾Values are Mean±SD, n=5

^{a-d)}Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

¹⁾Maximum height (mm) of the gaseous release curve.

²⁾Time spent to reach H'm.

³⁾Appearance time of the dough's porosity.

⁴⁾Total volume of gaseous release in mL.

⁵⁾The carbon dioxide volume released by the dough during its fermentation.

⁶⁾The carbon dioxide volume in mL kept in the dough at the end of the test.

⁷⁾The retention volume divided by the total gaseous release in %.

Control: Bread flour without roasted rice bran.

RRB-5: Bread flour containing 5% of roasted rice bran.

RRB-10: Bread flour containing 10% of roasted rice bran.

RRB-15: Bread flour containing 15% of roasted rice bran.

대조구에 비하여 적어지기 때문이라고 하였다.

H'm값에 도달하는데 걸리는 시간인 T₁은 대조구가 180.09분, 볶은 쌀겨 5, 10, 15% 첨가구는 각각 160.01, 123.48, 118.40분으로 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). Kim(2009)은 국내산 생강분말을 첨가한 소맥분의 레올로지 특성 연구에서 T₁값이 감소하였는데, 이는 생강 분말 첨가가 글루텐 형성을 저해한 결과 CO₂ 방출이 빨리 시작되었기 때문이라고 하였다. 총 부피는 cc로 표시되는데 대조구가 1437.87 cc이었고 볶은 쌀겨 5, 10, 15% 첨가구는 각각 1371.79, 1284.90, 1019.01 cc로 볶은 쌀겨 첨가량이 증가할수록 부피가 감소하는 경향을 나타냈다. Kim(2009)은 생강분말 첨가량이 증가하면 반죽의 단백질 함량이 낮아져 제품의 부피가 감소한다고 하였다.

이산화탄소 손실량(CO₂ lost volume)은 대조구가 가장 낮은 15.06 cc이었고, 볶은 쌀겨 5, 10, 15% 첨가구는 각각 17.01, 20.99, 22.02 cc로 볶은 쌀겨 첨가량이 증가함에 따라 손실량이 증가하였다.

유지 부피(retention volume)는 대조구가 1415.30 cc이었고 볶은 쌀겨 5, 10, 15% 첨가구는 각각 1354.90, 1264.00, 1003.63 cc로 볶은 쌀겨 첨가량이 증가할수록 부피가 감소하는 경향을 나타냈다. Park(2015)은 마가루를 첨가한 밀가루의 레올로지 연구에서 마가루의 첨가량이 증가할수록 탄산가스 손실량 증가와 유지 부피가 감소하였다고 하였다. 이는 마 가루 첨가가 글루텐 형성을 저해하고, 저해된 글루텐 피막 때문에 가스 손실과 유지 부피가 감소하였다고 하였다.

유지 부피를 총 부피로 나눈 가스보유율(retention coefficient)은 대조구가 98.79%이었고 볶은 쌀겨 5, 10, 15% 첨가구에서는 각각 97.52, 96.52, 95.29%로 볶은 쌀겨 첨가량이 높을수록 부피가 감소하는 경향을 나타냈다. Hwang(2011)은 죽엽분말 첨가량이 증가함에 따라 가스보유율이 감소하였고 이는 섬유소량이 증가하여, 반죽 팽창력의 저항 물질로 작용한 것으로 생각된다고 하였다.

RVA 분석

볶은 쌀겨 첨가가 밀가루의 페이스팅(pasting) 특성에 미치는 영향을 분석하기 위하여 강력밀가루에 볶은 쌀겨를 0, 5, 10, 15% 첨가한 후 신속 점도계(rapid visco analyzer)로 분석한 결과는 Table 3과 같다.

대조구의 페이스팅 온도(pasting temperature)는 68.54°C이었고, 볶은 쌀겨를 5, 10, 15% 첨가구는 각각 69.08, 70.04, 70.76°C로 볶은 쌀겨 첨가량이 증가할수록 호화개시온도가 높게 나타났는데, Park과 Han(2010)도 발효쌀겨의 첨가량이 증가 할수록 호화개시온도가 높게 나타났다고 하여 본 실험과 유사한 경향을 보였다.

최고점도(peak viscosity)는 대조구가 218.10 RVU이었고, 볶은 쌀겨 5, 10, 15% 첨가구의 최고점도는 각각 202.01, 188.83, 176.53 RVU로 나타나 첨가량이 증가할수록 최고점도가 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). Mod 등(1981)은 hemicellulose가 쌀가루의 점도에 미치는 영향에 관한 연구에서 쌀가루 paste의 점도가 낮아진다고 보고하였고, Byun(2010)은 대두섬유 복합분을 첨가한 식빵의 품질특성에서 대두섬유 첨가량이 증가하면 글루텐 형성 단백질과 녹말의 감소로 점도가 낮아지는데, 이는 paste의 녹말 분자 사이에 회합이 일어날 때 망상구조 형성이 감소하기 때문이라고 하였다. Peak time은 대조구가 6.33분, 볶은 쌀겨 5, 10, 15% 첨가구는 각각 6.09, 5.99, 5.88분으로 볶은 쌀겨 첨가량이 증가할수록 시간은 짧아졌다.

이상의 실험에서 볶은 쌀겨의 첨가량이 증가할수록 식이섬유의 증가에 의해 호화 온도가 높았고, 이로 인해 호화가 이루어져 peak time이 볶은 쌀겨 첨가량이 증가할수록 짧아졌다고 생각된다. 또한 유지강도(holding strength)는 대조구가 137.07 RVU로 가장 높았고, 볶은 쌀겨 분말 5, 10, 15% 첨가구는 각각 115.91, 112.91, 103.79 RVU로 낮아지는 경향을 보였다. Lee 등(2012)은 콩 식이섬유를 첨가한 빵의 제조에 관한 연구에서 콩 식이섬유의 첨가량이 증가함으로써 밀가루의 글루텐 형성 단백질과 녹말이 감소하고, 녹말 분자 사이의 회합이 일어날 때 망상구조의 형성이 약하기 때문이라고 하였다. 본 실험에서도 볶은 쌀겨의 첨가로 인해 유지강도가 낮아진 것으로 생각된다. 전단력의 약화 정도를 나타내며 최고점도에서 최저점도를 뺀 breakdown 값은 대조구가 82.18 RVU이었으며 볶은 쌀겨 5, 10, 15% 첨가구는 각각 79.86, 76.90, 72.47 RVU로 볶은 쌀겨 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 최종점도(final viscosity)는 대조구가 220.56 RVU이었으며, 볶은 쌀겨 5, 10, 15% 첨가구는 각각 208.37, 205.09, 204.42 RVU로 대조구보다 유의적으로($p < 0.05$) 낮았다. Hwang(2011)은 밀가루에 죽엽 분말 첨가량이 증가할수록 최종점도 값이 낮아졌다고 하였다. 이는 섬유소 함량의 증가에

Table 3. RVA data of bread flours containing different contents of roasted rice bran

(unit: RVU)

Samples	Pasting temperature (°C)	Peak viscosity (RVU)	Peak time (min)	Holding strength (RVU)	Breakdown (RVU)	Final viscosity (RVU)	Setback (RVU)
Control	68.54±0.01 ^{d1)}	218.10±0.02 ^a	6.33±0.00 ^a	137.07±0.03 ^a	82.18±0.02 ^a	220.56±0.03 ^a	100.56±0.01 ^a
RRB-5	69.08±0.01 ^c	202.01±0.02 ^b	6.09±0.01 ^b	115.91±0.01 ^b	79.86±0.05 ^b	208.37±0.04 ^b	97.18±0.02 ^b
RRB-10	70.04±0.04 ^b	188.83±0.03 ^c	5.99±0.01 ^c	112.91±0.01 ^c	76.90±0.02 ^c	205.09±0.01 ^c	93.50±0.01 ^c
RRB-15	70.76±0.05 ^a	176.53±0.04 ^d	5.88±0.01 ^d	103.79±0.01 ^d	72.47±0.03 ^d	204.42±0.02 ^d	88.89±0.02 ^d

¹⁾Values are Mean±SD, n=5

^{a-d}Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

Control: Bread flour without roasted rice bran.

RRB-5: Bread flour containing 5% of roasted rice bran.

RRB-10: Bread flour containing 10% of roasted rice bran.

RRB-15: Bread flour containing 15% of roasted rice bran.

Table 4. Volume change during fermentation by yeast in flour doughs containing different amounts of roasted rice bran

(unit: cc)

Time (min)	0	20	40	60	80	100	120
Control	50.00±0.00 ^{aG1)}	58.06±0.05 ^{aF}	90.00±0.01 ^{aE}	116.18±0.03 ^{aD}	148.06±0.05 ^{aC}	173.05±0.03 ^{aB}	190.49±0.01 ^{aA}
A	50.00±0.00 ^{aG}	55.03±0.00 ^{bF}	74.99±0.02 ^{bE}	109.09±0.02 ^{bD}	146.05±0.05 ^{bC}	157.06±0.03 ^{bB}	170.03±0.05 ^{bA}
B	50.00±0.00 ^{aG}	54.29±0.00 ^{cF}	72.86±0.05 ^{cE}	106.00±0.00 ^{cD}	138.02±0.04 ^{cC}	155.48±0.02 ^{cB}	167.04±0.02 ^{cA}
C	50.00±0.00 ^{aG}	53.00±0.00 ^{dF}	64.79±0.02 ^{dE}	95.03±0.05 ^{dD}	113.05±0.02 ^{dC}	141.05±0.02 ^{dB}	154.79±0.02 ^{dA}

¹⁾Values are Mean±SD.

Means with the same letter in a column (a-d) and in a row (A-G) are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

Control: Bread flour without roasted rice bran.

RRB-5: Bread flour containing 5% of roasted rice bran.

RRB-10: Bread flour containing 10% of roasted rice bran.

RRB-15: Bread flour containing 15% of roasted rice bran.

따라 상대적으로 녹말의 양이 감소되어 최종점도는 섬유소 함량이 증가할수록 낮아지는 것으로 생각된다.

녹말의 노화 정도를 나타내는 setback 값은 대조구가 100.56 RVU이었고, 볶은 쌀겨 5, 10, 15% 첨가구는 각각 97.18, 93.50, 88.89 RVA로 볶은 쌀겨 첨가량이 증가할수록 setback 값은 유의적으로 낮아졌다($p < 0.05$). Kim 등(2007)은 setback 값이 클수록 노화 정도가 빠르게 진행된다고 하였으며 밀가루에 천연초 첨가시 setback 값이 낮게 나타나 노화 억제에 효과가 있었다고 하였다. 이는 본 실험 연구에서도 볶은 쌀겨 첨가량이 높을수록 setback 값이 낮아져 볶은 쌀겨 첨가는 노화 억제에 효과가 있을 것으로 생각된다.

반죽의 부피 변화 분석

강력밀가루에 볶은 쌀겨를 0, 5, 10, 15% 대체 첨가하여 제조한 반죽으로 120분 동안 발효하면서 20분 단위로 발효팽창력을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 반죽을 끝낸 직후의 부피는 모두 50 cc이었으나 발효시간이 경과하면서 부피가 증가하는 결과를 나타냈다. 20분의 발효 시간이 지난 대조구는 58.06 cc인 반면, 5, 10, 15%첨가구는 각각 55.03, 54.29, 53.00 cc로 대조구가 가장 높았고 볶은 쌀겨 첨가량이 증가할수록 부피가 작아졌으며 유의적 차이가 있었다($p < 0.05$). 발효 시간이 60분 경과한 후에는 대조구가 116.18 cc이었고, 첨가구는 각각 109.09, 106.00, 95.03 cc로 대조구가 가장 높은 부피 팽창을 하였으며, 15% 첨가구가 가장 낮은 부피 팽창을 하였다. 최종 발효 시간 120분에는 대조구가 190.49 cc의 부피 팽창을 하였고, 볶은 미강 분말 5, 10, 15% 첨가구는 각각 170.03, 167.04, 154.79 cc의 최종 부피 팽창을 보였다. 대조구와 볶은 쌀겨 첨가구는 지속적인 발효 팽창을 하였는데, 대조구보다 볶은 쌀겨 첨가량이 증가할수록 최종 부피는 유의적으로 낮은 경향을 보였다($p < 0.05$). Pomeranz 등(1977)은 섬유소

유소가 첨가된 빵은 글루텐 회석효과로 부피가 감소한다고 하였으며, Choi(2005)는 보리등겨 가루가 식빵의 품질에 미치는 영향에 관한 연구에서 식빵의 부피는 보리 등겨 첨가량이 증가할수록 감소한다고 하였다. 이는 밀가루에 함유되어 있는 밀 단백질과 물이 혼합되어 글루텐을 형성하고, 빵 반죽을 가열하면 이산화탄소, 공기와 증기는 팽창하는데, 글루텐은 점성과 탄력성이 있기 때문에 이들을 포집한 채 늘어나 부피를 가지게 된다(Jung 등, 1999). 그러나 보리등겨의 증가로 밀 단백질량이 감소하여 적은 글루텐 때문에 부피가 감소되었다고 하였다. 이상의 실험 결과에서 반죽의 최대높이는 볶은 쌀겨의 첨가량이 증가할수록 낮아졌고, 총 부피 결과도 동일한 결과를 보였다.

반죽의 pH 및 총산도 분석

강력밀가루에 볶은 쌀겨를 0, 5, 10, 15%를 첨가한 반죽을 20분 간격으로 120분 동안 발효시키면서 pH와 총산도의 변화를 분석한 결과는 Table 5와 같다. 반죽이 완성된 직후의 pH는 대조구가 5.87, 각 첨가구는 5.73, 5.68, 5.61로 볶은 쌀겨 분말 첨가량이 증가할수록 pH가 유의적 차이는 없었으나 낮은 값을 나타냈다.

발효 60분에 대조구가 5.52이었고, 각각의 첨가구는 5.45, 5.41, 5.32로 대조구보다 볶은 쌀겨 분말 첨가량이 증가 할수록 낮은 값을 나타냈으며, 발효 120분에도 대조구보다 볶은 쌀겨 첨가량이 증가할수록 pH는 낮은 값을 나타냈다. Song 등(2013)은 전립분을 첨가한 식빵의 품질 특성에서 전립분의 첨가량이 증가할수록 pH는 낮았다고 하였으며, Chang 등(2008)도 쌀겨를 첨가한 밀가루 반죽의 pH 변화 연구에서 쌀겨의 첨가로 반죽의 pH는 산성화가 되어 pH가 낮아지는데, 이는 쌀겨에 함유되어 있는 자유아미노산의 영향 때문이라 하였다.

반죽 후의 총 산도는 Table 5에서와 같이 대조구가 2.91 mL,

Table 5. pH and total titratable acidity (TTA) changes of flour doughs containing different amounts of roasted rice bran during fermentation time (unit: 0.1 N-NaOH mL)

Time (min)		0	20	40	60	80	100	120
Control	pH	5.87±0.01 ^{aA1)}	5.75±0.01 ^{aB}	5.63±0.02 ^{aC}	5.52±0.02 ^{aD}	5.46±0.02 ^{aE}	5.42±0.03 ^{aF}	5.40±0.01 ^{aF}
	TTA	2.91±0.01 ^{dG1)}	2.95±0.04 ^{cF}	3.11±0.02 ^{dE}	3.18±0.00 ^{dD}	3.53±0.00 ^{dC}	4.01±0.02 ^{dB}	4.12±0.04 ^{dA}
RRB-5	pH	5.73±0.01 ^{bA}	5.68±0.00 ^{bA}	5.54±0.01 ^{bB}	5.45±0.05 ^{bC}	5.42±0.04 ^{aC}	5.37±0.03 ^{abD}	5.31±0.01 ^{bE}
	TTA	2.99±0.02 ^{cG}	3.10±0.01 ^{bF}	3.15±0.01 ^{cE}	3.51±0.01 ^{cD}	3.91±0.01 ^{cC}	4.14±0.04 ^{cB}	4.31±0.01 ^{cA}
RRB-10	pH	5.68±0.01 ^{cA}	5.62±0.01 ^{cB}	5.51±0.01 ^{bC}	5.41±0.01 ^{bD}	5.37±0.01 ^{bDE}	5.33±0.05 ^{bE}	5.25±0.04 ^{cF}
	TTA	3.08±0.02 ^{bG}	3.18±0.00 ^{aF}	3.21±0.01 ^{bE}	3.64±0.01 ^{bD}	4.03±0.02 ^{bC}	4.22±0.02 ^{bbB}	4.46±0.02 ^{bA}
RRB-15	pH	5.61±0.01 ^{dA}	5.54±0.01 ^{dB}	5.43±0.03 ^{cC}	5.32±0.01 ^{cD}	5.30±0.01 ^{cD}	5.26±0.02 ^{cE}	5.23±0.02 ^{cE}
	TTA	3.12±0.03 ^{aG}	3.19±0.02 ^{aF}	3.26±0.00 ^{aE}	3.83±0.01 ^{aD}	4.13±0.01 ^{aC}	4.40±0.02 ^{aB}	4.57±0.00 ^{aA}

¹⁾Values are Mean±SD.

Means with the same letter in a column (a-d) and in a row (A-G) are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p < 0.05$.

Control: Bread flour without roasted rice bran.

RRB-5: Bread flour containing 5% of roasted rice bran.

RRB-10: Bread flour containing 10% of roasted rice bran.

RRB-15: Bread flour containing 15% of roasted rice bran.

볶은 쌀겨 분말 5, 10, 15% 첨가구는 각각 2.99, 3.08, 3.12 mL로 볶은 쌀겨 첨가량이 증가할수록 높은 값을 나타냈다. 발효 60분이 경과 후 대조구는 3.18 mL, 각각의 첨가구는 3.51, 3.64, 3.83 mL로 볶은 쌀겨 첨가량이 증가할수록 높은 값을 나타냈다. 발효 120분 경과 후 대조구는 4.12 mL, 각각의 첨가구는 4.31, 4.46, 4.57 mL로 유의적 차이를 나타냈다($p < 0.05$). Faqir 등(2010)은 발효 동안 생성되는 유기산이 반죽의 pH를 낮추어 빵의 향, 맛, 조직에 영향을 미치고, pH가 낮아지면 총산도 값은 상대적으로 높아진다고 하였는데 이는 본 실험 결과와 일치하였다. Corsetti 등(1998)은 빵 발효 중에 생성되는 물질은 아세트산, 젖산, 아세트산에틸, 에탄올 등으로 이중 아세트산, 젖산 등이 총산도를 상승시키고 pH는 낮추어 준다고 하였다. 이상의 실험에서 발효 시간이 경과함에 따라 반죽의 pH는 감소하였고, 총산도 값은 상승하였다.

요 약

본 연구는 강력밀가루에 식이섬유가 풍부하게 함유된 볶은 쌀겨를 0, 5, 10, 15% 대체 첨가하여 혼합한 반죽의 rheology 특성을 분석하였다. 파리노그래프 분석에서 굳기는 대조구보다 볶은 쌀겨 5% 첨가구가 10.00 FU차이를 보였고, 수분 흡수율은 0.11%, 안정도는 0.5 분으로 유의적 차이를 보이지 않았다. Rheofermentometer 분석에서 총 부피는 대조구와 볶은 쌀겨 5%첨가구는 다른 첨가구보다 적은 차이를 보였으며 볶은 쌀겨의 영양성분과 소비자들의 빵에 대한 높은 관심으로 볶은 쌀겨 5%첨가구가 적절하며, RVA 측정에서 setback값은 볶은 쌀겨 첨가량이 증가할수록 낮은 값을 나타냈다. 발효 팽창력 측정에서도 볶은 쌀겨 5% 첨가구가 80 분에는 2.01 cc의 차이를 보였다. 이상의 실험으로 쌀겨를 볶음으로써 강한 산화방지력과 보존기간의 연장으로 볶은 쌀겨 5%까지 첨가는 제빵적성에 좋지 않은 영향이 적어 영양적으로 우수한 기능성을 가진 제품 개발 가능성과 볶은 쌀겨 수요 증대에 기여 할 것으로 기대된다.

References

AACC. Approved methods of AACC. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. Methods 54-21, 02-31, 02-

- 52 (1985)
- Byun JB. The quality properties of the white pan bread with the soy fiber composite. PhD dissertation, Hansung University, Seoul, Korea (2010)
- Chang KH, Byun GI, Park SH, Kang WW. Dough properties and bread qualities of wheat flour supplemented with rice bran. Korean J. Food Preserv. 15: 209-213 (2008)
- Choi UK. Effect of barley bran flour addition on the quality of bread. Korean J. Food Sci. Technol. 37: 746-750 (2005)
- Choi EH. Study on quality characteristics of *Garraedduk* with rice bran. PhD dissertation, Sejong University, Seoul, Korea (2007)
- Choi UK, Yoo BH, Son DH, Kwon DJ, Kim MH, Kim YH. Rheological properties of dough added with barley bran. Korean J. Food Sci. Technol. 37: 751-756 (2005)
- Chung JY, Kim CS. Development of buck-wheat bread properties. Korean J. Soc. Food Sci. 14: 140-147 (1998)
- Corsetti A, Gobetti M, Balestrieri F, Paoletti F, Russi L, Rossi J. Sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and staling. J. Food Sci. 63: 347-351 (1998)
- Faqir MA, Muhammad ZS, Muhammad IK, Imran P. Sugar utilization behavior of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) types and doses on bread quality. Nutr. Food Sci. 40: 395-402 (2010)
- Finegold SM, Flora DJ, Alterberg HR, Sutter VL. Effect of diet on human fecal flora: Comparison of Japanese and American diets. Am. J. Clin. Nutr. 27: 1456-1469 (1974)
- Ha TY, Lee SH, Lee HY. The effect of various rice bran extracts on the lipid contents of serum and liver in rat fed with high fat diet. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 178-182 (1997)
- Han IJ. Quality characteristics of white bread with red ginseng marc powder. MS thesis, Suncheon National University, Suncheon, Korea (2006)
- Hwang SJ. Physical properties of dough with bamboo leaf powder. Korean J. Food Preserv. 18: 517-526 (2011)
- Jang KH, Kang WW, Kwak EJ. Quality characteristics of muffin added with rice bran powder. J. East Asian Soc. Diet. Life 22: 543-549 (2012)
- Jang SJ, Kim MJ, Kim AJ. Quality characteristics and preparation of *Dasik* using roasted mung bean. Korean J. Human Ecol. 23: 357-366 (2014)
- Jang KH, Kwak EJ, Kang WW. Effect of rice bran powder on the quality characteristics of cookie. Korean J. Food Preserv. 17: 631-636 (2010)
- Jeong HC, Yoo SS. Quality characteristics of pan bread added with color barley powder. Korean J. Culin. Res. 20: 127-143 (2014)
- Jung HC. Study on quality characteristics of the pan bread with various barley powder. PhD dissertation, Sejong University, Seoul, Korea (2012)
- Jung HS, No KH, Ko MK, Song YS. Effect of leek (*Allium tuberosum*) powder on physicochemical and sensory characteristics of

- bread. Korean J. Food Cook. Sci. 28: 113-117 (1999)
- Kang CO. Effect of the addition of powdered-bamboo leaves on the quality and preservations of breads. MS thesis, Chonnam National University, Gwangju, Korea (2000)
- Kim EK. A study on the rheological properties of wheat flour dough containing Korean ginger powder and the baking characteristics. MS thesis, Konkuk University, Seoul, Korea (2009)
- Kim OS. Physiological and quality characteristics of bakery products added with Mosi leaf powder. PhD dissertation, Sejong University, Seoul, Korea (2010)
- Kim WJ. Quality and antioxidative activity of Garaedduk prepared with stabilized rice bran and rice flours by semi-dry milling. MS thesis, Chungnam National University, Deajeon, Korea (2013)
- Kim KT, Choi AR, Lee KS, Jung YM, Lee KY. Quality characteristics of bread made from domestic Korean wheat flour containing cactus *Choumyuncho* (*Opuntia humifusa*) powder. Korean J. Food Cook. Sci. 23: 461-468 (2007)
- Kim YS, Ha TY, Lee SH, Lee HY. Properties of dietary fiber extract from rice bran and application in bread-making. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 502-508 (1997)
- Kim SH, Phuong Lan Vu, Lee KT. Enzymatic synthesis of functional oil from rice bran oil and dietary effects on hepatic ACAT activities of high cholesterol and high fat fed mice. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 33: 803-809 (2004)
- Lee MH, Kim SK, Choi YS. The physicochemical and quality properties of the bread added with soy fiber powder. Korean Culin. Res. 18: 1-14 (2012)
- Lee SH, Lee YR, Hwang IG, Woo KS, Kim KH, Kim KJ, Jeong HS. Antioxidant activities and quality characteristics of germinated rough rice tea according to roasting temperature, time and leaching condition. Korean J. Food Sci. Technol. 41: 386-391 (2009)
- Lee BY, O JH, Kim MH, Jang KH, Lee JC, Surh JH. Influences of roasted or non-roasted brown rice addition on the nutritional and sensory properties and oxidative stability of *sunsik*, Korean heated cereal powder. Korean J. Food Cook. Sci. 26: 872-886 (2010)
- Lee HJ, Park HO, Lee JM. Fermentation properties of yogurt added with rice bran. Korean J. Food Cook. Sci. 22: 488-494(2006)
- Lee YT, Seog HM, Kim SS, Kim KT, Hong HD. Changes in physicochemical characteristics of immature barley kernels during roasting. Korean J. Food Sci. Technol. 26: 336-342 (1994)
- Mod RR, Normand FL, Ory RL, Conkerton EJ. Effect of hemicellulose on viscosity of rice flour. J. Food Sci. 46: 571 (1981)
- Muramoto G, Kawamura S. Rice and antihypertensive peptide (angiotensin conversion enzyme inhibitor) from rice. Nippon Shokuhin Kogyo 34: 18-26 (1991)
- Park HH. The rheological properties of the bread flour containing yam powder and quality characteristics of steamed bread. MS thesis, Konkuk University, Seoul, Korea (2015)
- Park HS, Han GD. Effect of fermented rice bran on rheological properties of white bread dough. Korean J. Food cult. 25: 82-90 (2010)
- Pomeranz Y, Shogrem MD, Finney KF, Bechter DB. Fiber in bread making-effects in functional properties of wheat flour. J. Food Sci. 53: 304-309 (1977)
- Seo JD, Han IK. Influence of sources and levels of dietary fiber on lipid composition in rats. Korean J. Nutr. 21: 164-172 (1998)
- Shin HK, Lee JH, Lee SK. Characteristics of white pan bread with roasted rice bran. Korean J. Food Sci. Technol. 49: 401-407 (2017)
- Song YK, Hwang YK, Lee HT, An HL. Quality characteristics of pan bread with the addition of Korean whole wheat flour. J. East Asian Soc. Diet. Life 23: 586-596 (2013)
- Yook HS, Kim YH, Ahn HJ, Kim DH, Kim JO, Byun MW. Rheological properties of wheat flour dough and qualities of bread prepared with dietary fiber purified from ascidian (*Halocynthia roretzi*) tunic. Korean J. Food Sci. Technol. 32: 387-395 (2000)