



효소 처리 밀 배아 추출물을 첨가한 식빵의 품질특성

최용석¹·이재강¹·최용현¹·이정훈²·강동우²·금혜임²·신말식^{3†}

¹사조동아원(주) 제분연구소 소장, ¹사조동아원(주) 제분연구소 팀장,
²사조동아원(주) 제분연구소 연구원, ³전남대학교 식품영양학과 교수

Quality Characteristics of White Pan Bread with Enzyme Treated Wheat Germ Extract

Yongseok Choi · Jaekang Lee¹ · Yonghyun Choi¹ · Jeonghoon Lee² · Dongwoo Kang² · Hyeim Kum² · Malshick Shin^{3†}

Director, R&D Center, SajoDongAone Co., Ltd., Dangjin, Chungnam 31703, Korea

¹Team Leader, R&D Center, SajoDongAone Co., Ltd., Dangjin, Chungnam 31703, Korea

²Researcher, R&D Center, SajoDongAone Co., Ltd., Dangjin, Chungnam 31703, Korea

³Professor, Division of Food and Nutrition, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

Abstract

Purpose: This study examined the physicochemical and sensory properties of pan bread containing added enzyme treated wheat germ extract (EWGE) at different concentrations. **Methods:** EWGE was prepared from wheat germ reacted with Celluclast 1.5L, and added for making pan bread at 1.5, 3.0, and 4.5%. The characteristics of the pan bread were investigated using the moisture content, pH, weight, specific volume, baking loss rate, color, texture, total microbial, and sensory evaluation. **Results:** The moisture loss of the pan bread containing the EWGE was less than the control. The volume of pan bread was highest when 1.5% of EWGE was added ($p<0.05$). The volume of pan bread was the highest in bread containing 1.5% of EWGE, and the baking loss rate decreased with increasing EWGE ($p<0.05$) content. As the content of EWGE increased, microbial growth in bread was inhibited and the pH was decreased. The lightness of the crust and crumb decreased with the addition of extract, and the redness showed the highest value when 1.5% was added, but it decreased when 3.0% and 4.5% was added. The rheology and sensory score of the bread decreased compared to the control. **Conclusion:** The EWGE added to the bread would prevent the staling of bread, inhibit microbial growth, and improve the storage stability.

Key words: wheat germ, enzyme treatment, pan bread, quality characteristics

I. 서론

밀은 옥수수, 쌀과 함께 세계 3대 식량 작물로 유럽, 아메리카, 호주 등의 국가에서 주식으로 이용되고 있다. 2017년 전 세계 연간 밀 생산량은 763.1 million metric tons(MMT)로 옥수수 1,076.2 MMT보다는 적지만, 쌀 494.3 MMT보다 많이 생산되었다(USDA 2018). 밀은 상업적으로 제분하여 빵과 국수, 과자뿐만 아니라 다양한 식품으로 사용되고 있으며, 2016년 우리나라의 1인당 밀가루 소비량은 87.11 g/일로 쌀 197.83 g 다음으로 소비량이 높은 곡물이다(Korea Agro-Fisheries and Food Trade Coporation 2018). 밀을 제분하면 밀가루, 밀기울과 배아

가 생산되는데, 밀가루는 식품 원료로 이용되고 있지만, 부산물인 밀기울과 밀 배아는 주로 사료나 폐기용으로 사용되어 왔다. 최근 곡류에서 배유 이외의 성분이 영양소 및 기능성 물질을 함유하고 있음이 알려지면서 곡류 부산물에 관한 관심이 증가하고 있다. 그 중 밀의 배아는 전체 알곡의 2~3%를 차지하며 영양성분으로 α -토코페롤, 비타민 B군, 식이섬유, 불포화지방, 미네랄 및 파이토케미칼 등이 풍부하다고 알려졌다(Rizzello CG 등 2010). 또한, 인지질과 불포화지방산과 함께 함유된 플라보노이드 등의 생리활성 물질은 항산화성이 있는 것으로 보고되었다(Choi BS & Kang KO 2009). Choi EM 등(2002)은 밀 배아에서 분리한 아라비노자일란이 대식세포의 식세

[†]Corresponding author: Malshick Shin, Division of Food and Nutrition, Chonnam National University, 77, Yongbong-ro, Buk-gu, Gwangju 61186, Korea
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4982-0697>

Tel: +82-62-530-1336, Fax: +82-62-530-1339, E-mail: msshin@chonnam.ac.kr



포 작용을 증가시키고 대식세포의 lysosomal phosphatase 와 myeloperoxidase 활성을 유의적으로 증가시켰으며, NO 생성도 감소시킨다고 보고하였다($p < 0.05$). 그러나 밀 배아는 높은 영양성과 기능성에도 불구하고 불포화지방산 함량이 높고, 지방분해 및 산화 효소로 인해 저장 수명이 짧아 대부분 식품용으로 사용되지 못하고 있다 (Brandolini A & Hidalgo A 2012, Boukid F 등 2018). 따라서 안정화를 통한 밀부산물의 식품용 소재로의 개발이 필요한 실정이다.

최근 곡류부산물의 활용을 목적으로 부산물에서 얻어진 추출물에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다(Choi EM 등 2002). Rizzello CG 등(2011)은 밀 부산물인 배아에 *Lactobacillus plantarum* LB1과 *Lactobacillus rossiae* LB5로 발효된 추출물을 첨가하여 sourdough를 제조한 연구에서 항 곰팡이 활성이 나타났다고 보고하였고, 이는 밀 배아 발효 시 생성된 유기산과 펩타이드에 기인한다고 하였으며, 밀가루 대비 4%의 추출물을 첨가한 빵을 상온에서 보관하였을 때 28일간 곰팡이 발생이 억제되었는데, 이는 대표적인 제빵 곰팡이 억제제인 칼슘프로피오네이트를 밀가루 대비 0.3% 첨가한 것과 동일한 효과를 보인 것으로 조사되었다. 항균 활성을 나타내는 물질인 2,6-dimethoxy-1,4-benzoquinone(2,6-DMBQ) 함량은 밀 배아에는 0.1 mg/g이나, 밀 배아 발효 시 0.2 mg/g 수준으로 증가하였다고 보고하였다(Tömösközi-Farkas R & Daood HG 2004). 또한 구연산으로 밀 배아를 가수분해하여 2,6-DMBQ 함량을 증가시킨 추출물의 in vivo 실험 결과, 구연산 가수분해 밀 배아 추출물을 경구투여한 마우스에 국소 염증, 항체 생산, 패혈증과 같은 다양한 반응을 일으키는 lipopolysaccharide(LPS)로 자극된 대식세포를 조사했을 때 면역기능성이 향상되었다고 보고되었다(Jeong HY 등 2017). 젖산균으로 밀 배아를 발효하여 2,6-DMBQ 함량이 증가된 경우, 추출물은 사람의 생식세포 종양, 대장암 및 난소암 종에 대한 항암 효과가 있는 것으로 보고되어 밀 배아로부터 얻을 수 있는 2,6-DMBQ도 밀 배아의 주요 기능성 물질로 분류되었다(Rizzello CG 등 2013, Otto C 등 2016).

세포벽을 구성하는 셀룰로오스를 분해하는 효소인 Celluclast 1.5L는 유기물을 가수분해하여 당, 유기산, 바이오 가스 등의 수율을 향상하기 위한 전처리에 사용되고 있다(Claassen PAM 등 2000, Ausiello A 등 2015). Kang H 등(2016)은 밀기울에 Celluclast 1.5L 처리 시 수용성 아라비노자일란 함량이 0.32%에서 7.14%로 증가하였고, 대식세포의 활동을 증가시켜 항염증 효과를 나타냈다고 보고하였다. Choi YS 등(2018)도 밀 배아에 Celluclast 1.5L를 처리하였을 때 폴리페놀성 화합물과 총 플라보노이드 함량이 증가하였고, 항산화 활성도 증가하였다고 보고하였다.

본 연구에서는 이와 같은 효소처리로 항산화능이 증가된 효소처리 밀 배아 추출 건조물을 제조 후, 이를 식빵 반죽에 첨가하여 제빵특성과 품질에 미치는 영향을 비교하여, 식빵 품질에 영향을 적게 주는 밀 배아 추출물 첨가량을 확인하고 기능성을 증가시킨 식빵을 제조하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

밀 배아는 국내 제분사인 사조동아원(주)(Dangjin, Korea)에서 안정화 후 효소처리 시료로 사용하였다.

2. 효소처리 추출물 제조

효소처리 추출물은 Choi YS 등(2018)의 방법으로 효소처리 온도는 30°C로 고정하여 제조하였다. 밀 배아 50 g에 Celluclast 1.5L(Novozymes Co., Bagsvaerd, Denmark) 250 µL 및 증류수 200 mL를 함께 넣어 주었고 30°C의 항온수조(Maxturdy-18, Daihan Scientific Co., Wonju, Korea)에서 30시간 효소처리하였다. 효소처리 후 Büchner funnel을 이용하여 여과하였고, 여과액을 -50°C에서 동결시킨 후 동결건조기(Bondiro, Ilshinbiobase Co., Dongducheon, Korea)로 건조시켰다.

3. 식빵의 품질특성 측정

1) 식빵의 제조

제빵에 사용한 반죽의 배합비는 Table 1과 같았으며, 효소처리 밀 배아 추출 분말의 첨가량은 밀가루 양을 대체하여 1.5, 3.0 및 4.5%를 첨가하였다. 제빵공정은 AACCC(2012)의 방법을 수정한 직접 반죽법(straight dough method)을 사용하였다. 반죽은 유지를 제외한 전 재료를

Table 1. Ingredients and formulas for pan breads added with enzyme treated wheat germ extract (EWEG) at different concentration¹⁾ (Unit: g)

Ingredient	A ¹⁾	B	C	D
Wheat flour	1,000	985	970	955
EWGE	0	15	30	45
Water	670	653	635	620
Sugar	60	60	60	60
Salt	20	20	20	20
Butter	60	60	60	60
Yeast	30	30	30	30
Total	1,840	1,823	1,805	1,790

¹⁾ Control: A; control bread without EWGE; B: bread with 1.5% EWGE; C: bread with 3.0% EWGE; D: bread with 4.5% EWGE.

동시에 넣고 수화한 다음, clean up 단계가 되었을 때 유지를 투입하여 반죽하였다. 이 반죽을 온도 26°C, 상대습도 75%인 발효실에서 60분 동안 1차 발효시켰다. 반죽을 430 g으로 분할하여 둥글리기를 하고, 표면이 마르지 않도록 랩으로 표면을 덮은 다음 반죽 통에서 20분간 실온에서 중간발효를 하였다. 반죽성형기(DHK-300, Daehung, Seoul, Korea)를 이용하여 빵 1 loaf가 되도록 반죽을 성형한 후 온도 37°C, 상대습도 85%인 발효실에서 50분간 2차 발효시켰다. 식빵 팬은 상단 181°C, 하단 193°C인 전기오븐(DH02-43, Daehung)에 넣어 23분간 구운 후 90분간 냉각한 다음 포장하여 온도 25°C, 상대습도 75%의 항온항습기(J-RHC1, Jisico, Seoul, Korea)에서 9일간 저장하며 실험하였다.

2) 식빵의 수분함량 측정

제조된 식빵의 수분함량은 식품공전의 분석방법(Ministry of Food and Drug Safety 2002)에 따라 상압가열건조법으로 측정하였다. 미리 가열하여 항량으로 한 칭량 접시에 빵 시료 5 g을 넣고 드라이 오븐(J-300M, Jisico Co.)에서 105°C로 5시간 건조한 다음 데시케이터에서 30분간 식히고 무게를 측정하였다. 다시 칭량 접시를 2시간 건조하여 항량이 될 때까지 반복하여 시료에서 증발한 수분함량을 계산하였다.

3) 식빵의 부피, 비체적 및 비중 측정

식빵의 부피는 식빵 제조 24시간 후 레이저 부피 측정기(BVM 6640, Perten Co., Hägersten, Sweden)를 이용하여 측정하였다(AACC 2012). 레이저 부피 측정기는 시료를 일정한 속도로 회전시키며 레이저를 조사하여 3차원 영상 데이터를 취득하고 부피를 계산하는 분석 장비이다. 시료의 비체적은 식빵의 부피를 중량으로 나누어 구하였으며, 비중은 식빵의 중량을 부피로 나누어 구하였다.

4) 굽기 손실을 측정

식빵 시료를 굽고 실온에서 1시간 방랭한 후 굽기 손실률을 구하였다. 측정된 무게와 분할한 반죽 무게로 아래 공식에 따라 굽기 손실률을 구하였다.

$$\text{굽기 손실률 (\%)} = \frac{(a-b)}{a} \times 100$$

a: 반죽무게(g), *b*: 식빵 무게(g)

5) 일반세균 및 곰팡이수 측정

각 시료 10 g을 무균적으로 취하여 10배량의 멸균 식염수를 가한 후 10배 희석법으로 희석하였다. 일반세균수는 시료 희석액을 nutrient agar에 도말 후 37°C에서 24시간 배양한 다음 생성된 집락을 계수하여 측정하였고, 곰

팡이 수는 시료 희석액을 potato dextrose agar에 도말하여 25°C에서 3일간 배양한 다음 생성된 집락을 계수하였다.

6) Crust와 crumb의 색도 측정

식빵의 crust와 crumb의 색도는 색차계(CR-10, Konica Minolta Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 10 mm 두께로 자른 시료로 Hunter 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)를 각각 10회 측정 후 평균값으로 나타내었다. 이때 보정에 사용된 백색판의 표준값은 L=97.67 a=-0.70, b=+1.66이었다. 색도 차(ΔE)는 각각의 명도, 적색도, 황색도의 평균값을 구하여 아래의 식을 이용하였고, 밀 배아 추출물을 첨가하지 않은 대조군과의 차이를 나타내었다.

$$\Delta E = \sqrt{(L_o - L)^2 + (a_o - a)^2 + (B_o - b)^2}$$

L_o and *L*: lightness of control and sample, respectively

a_o and *a*: redness of control and sample, respectively

b_o and *b*: yellowness of control and sample, respectively

7) 식빵의 물성평가

식빵의 물성평가는 texture analyser(TA/XT2, Stable Micro System Co., Surrey, UK)를 사용하여 측정하였다. 10 mm 두께로 자른 식빵 두 장을 겹친 후 지름 36 mm인 실린더 probe를 사용하여 눌러 주었을 때 얻어지는 힘-시간 곡선의 texture profile analysis parameter로부터 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 점착성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 복원성(resiliense), 및 전단력(shear force)을 측정하였다. 측정 조건은 pre-test 1.0 mm/s, post-test 10.0 mm/s 및 test speed는 1.7 mm/s였으며 trigger force는 20 g이었다. 각각 5회 측정하여 그 평균과 표준편차 값으로 나타내었다.

8) 식빵의 pH

식빵의 pH는 Kim EJ & Lee KS(2013)의 방법으로 측정하였다. 시료 15 g을 취하여 100 mL의 증류수를 가한 다음, 균질기(HG-15D, Daihan Scientific Co.)로 30분간 균질화 시킨 후 10분간 방치한 다음, pH 측정기(Easy pH, Mettler-Toledo Co., Schwerzenbach, Switzerland)를 사용하여 각각 3회 측정하였다.

9) 관능평가

관능평가는 사조동아원(주)에 근무하는 30~50대 연령의 남녀직원 15명을 패널로 선정하였으며, 본 실험의 목적, 평가 방법 및 측정 항목에 대해 잘 인지하도록 충분히 설명한 후 실시하였다. 각 시료는 난수표에 의해 3자리 숫자로 매긴 후 대조군을 포함하여 4개의 시료를 제시하였

고, 10 mm 두께로 수직 절단한 식빵을 각각 한 장씩 제공하였다. 관능평가 시 따뜻한 물을 제공하여 각 시료의 평가 후 입안을 충분히 헹군 후 다음 시료를 평가하도록 하였다. 평가 항목은 외관(appearance), 향(flavor), 맛(taste), 텍스처(texture), 전체적인 기호도(overall acceptability)이었다. 각 항목은 7점 척도법으로 선호도 조사를 하였으며, 매우 싫을 경우 1점을 표시하도록 하였고, 매우 좋을 경우 7점을 표시하도록 하였다.

4. 통계분석

본 실험의 결과는 3회 이상 반복 측정하여 평균과 표준편차로 나타내었다. 시료간의 유의성은 SPSS Statistics (ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 시료간의 유의성 검증은 $p < 0.05$ 수준으로 다중범위시험법(Duncan's multiple range test)을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 식빵의 수분함량과 물리적 특성

Celluclast 1.5L 효소처리 밀 배아 추출물의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 중량은 Table 2와 같으며, 식빵 제조 후 9일간 보관하며 관찰한 수분함량의 변화는 Fig. 1과 같다. 식빵의 중량은 409.00~456.67 g으로 추출물 첨가 시 대조구와 비교하여 증가하였다. 부피는 1,698~1,849 mL로 추출물이 1.5% 첨가하였을 때 가장 높게 나타났으며, 추출물 첨가량이 증가할수록 감소하였다. 식빵의 초기 수분함량은 41.10~44.60%의 범위를 보였고, 식빵 제조 시 첨가되는 효소처리 밀 배아 추출물은 추출 상등액을 동결건조시킨 수용성 물질이어서, 첨가되는 추출물 함량이 증가할수록 배합에서의 밀가루 함량은 감소하여 식빵 반죽 시 글루텐을 형성하기 위한 가수량은 감소되었고, 제조된 식빵의 수분함량은 효소처리 추출물 함량이 증가할수록 감소하였다. 효소처리 추출물 함량이 증가할수록 감소되는 수분함량이 낮아 추출물의 첨가는 저장 기간 중 수분을 오래 유지시켜 주었다. Park JH 등(2011)은 수

분함량의 감소는 노화를 촉진시키며, 저장 기간 동안 수분의 손실이 적은 빵은 신선도가 높다고 보고하여 효소처리 밀 배아 추출물은 식빵의 노화 지연 효과가 있을 것으로 생각된다. 비체적과 밀도는 추출물의 첨가에 영향을 받지 않았다. 일반적으로 빵의 부피는 효모, 발효에 사용되는 당, pH, 섬유질 함량 등의 영향을 받는다(Nour V 등 2015). Dziki D 등(2016)은 커피 생두를 첨가하여 통밀빵을 제조한 연구에서 커피 생두를 통밀가루 중량 대비 3% 첨가 시 대조구와 비교하여 pH는 5.35에서 5.15로 감소하였고, 식빵의 부피는 증가하였으며, 5% 첨가 시 pH는 더욱 감소하며 빵의 부피가 감소하였다고 보고하였다. 본 연구에서는 효소처리 밀 배아 추출물 1.5% 첨가 시 식빵의 pH는 약 5였으며, 추출물 4.5% 이상 첨가 시 글루텐의 희석 효과로 인하여 부피가 감소한 것으로 보인다. An HL & Lee KS(2012)는 동일 중량 시 빵의 부피가 크면 부드러운 빵이 되어 관능적 선호도가 높아지는 것으로 알려졌다고 하였고, Lee JY 등(2009)은 식빵의 부피는 밀가루의 gliadin과 glutenin의 비율, 글루텐의 양과 질, 부재료의 종류 등의 영향을 받는다고 하였다. Shin HK 등(2017)은 볶은 미강 분말을 첨가하여 식빵을 제조하였을

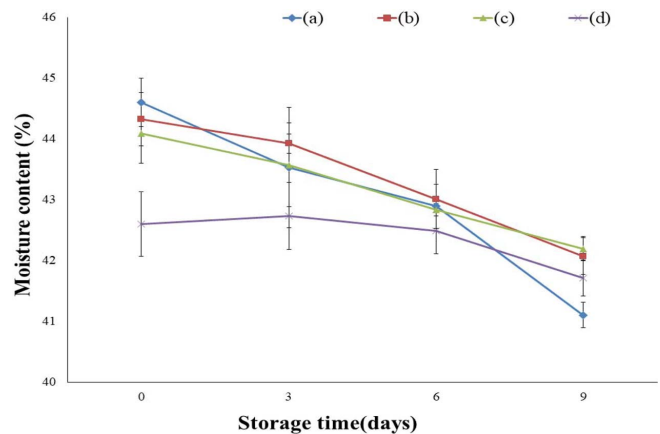


Fig. 1. Changes in moisture content of pan bread added with enzyme treated wheat germ extract (EWGE) at 0.0% (a), 1.5% (b), 3.0% (c) and 4.5% (d) at 25°C and 75% RH during 9 days.

Table 2. Physical properties of pan bread added with enzyme treated wheat germ extract (EWGE) at different concentration

EWGE content (%)	Weight (g)	Volume (mL)	Specific volume (mL/g)	Density (g/mL)	Baking loss rate (%)
0.0	409.00±13.18 ^{b1)}	1,698±20.74 ^d	4.16±0.12 ND	0.24±0.01 ND	14.26±0.42 ^a
1.5	445.50±27.16 ^a	1,849±16.41 ^a	4.17±0.28	0.24±0.02	12.99±0.89 ^b
3.0	456.67±26.93 ^a	1,795±25.21 ^b	3.94±0.27	0.25±0.02	12.66±0.37 ^{bc}
4.5	444.83±22.04 ^a	1,752±28.36 ^c	3.94±0.18	0.25±0.01	12.20±0.73 ^c

¹⁾ Data represents as mean±SD (n=12). Values with the same letter in same column are not significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

ND: all data are not significantly different.

때 미강 분말 첨가량이 증가하면서 글루텐 함량이 감소하며 부피도 감소한다고 보고하였고, Mathewson PR (2000)은 초기 반죽 팽창력이 높더라도 가스 보유력이 약하면 빵의 부피는 감소한다고 보고하였다. 굽기 손실률은 12.20~14.26%로 대조구와 비교하여 효소처리 밀 배아 추출물 함량이 증가할수록 감소하였으며, 식빵의 중량과 반비례하였다. 추출물 4.5% 첨가 시 대조구와 비교하여 약 14.46% 감소하였다(Table 2). 굽기 손실은 발효 중 소실되는 휘발성 물질과 굽기 중 열에 의해 수분이 증발하면서 발생하는 현상으로, 발효시 반죽이 충분히 팽창하지 못하고 기공이 치밀하여 단단한 상태로 반죽이 구워질 때 표면이 단단해진다고 하였다(Chung JY & Kim CS 1998). Kweon M 등(2009)은 다양한 당류를 이용하여 굽기 손실률을 측정 한 결과, 당의 종류에 따라 글루텐과 전분 반죽 형성에 영향을 주며, 이당류인 설탕보다 단당류가 굽기 손실률을 감소시키며 보습력을 증가시킨다고 하였다. Vinzant TB 등(2001)은 Celluclast 1.5L가 셀룰로오스를 분해하여 포도당을 유리시킨다고 보고하여, 첨가된 효소처리 밀 배아 추출물 함량이 증가할수록 단당류 함량도 증가하여 굽기 손실률이 감소한 것으로 보인다고 보고하였다. 매실 과육을 첨가한 식빵에서 첨가물 함량이 증가할수록 굽기 손실률이 감소하였다는 연구결과(Che MH 등 2006)와 유사한 결과가 관찰되었으나, Park LY (2015)의 어성초 분말을 첨가한 식빵에서는 굽기 손실률이 증가하였다는 상반된 보고를 하여, 빵 제조 시 첨가물의 종류와 수분 보유력이 강한 첨가물의 유무에 따라서 굽기 손실률이 달라질 것으로 생각되었다.

2. 식빵의 pH

효소처리 밀 배아 추출물을 첨가한 식빵의 pH는 Fig. 2와 같다. 대조구의 pH는 5.28이었으며, 효소 첨가량이 증가할수록 4.52~4.88로 pH의 감소가 확인되었으며, 효소처리 밀 배아 추출물의 pH는 4.08이었다. Kim YS 등(2002)은 반죽의 pH가 5.0 이하에서는 가스 보유력이 낮아져 최종 제품의 부피에 영향을 준다고 보고하였고, Kim YS 등(2014)은 밀가루 함량을 대체하는 첨가물 중량에 따라 대조구와 비교하여 글루텐 생성력이 약화되고, CO₂ 소실 및 탄산으로의 용해도가 낮아졌기 때문이라고 보고하였으며, 본 연구는 무화과 액종을 이용한 사워 반죽(sourdough)의 연구에서 무화과 액종 첨가량이 증가할수록 pH가 감소하는 연구 결과와 유사하였다. Byun JB & Lee JS(2017)는 오미자 발효액을 첨가하여 식빵의 pH를 조사한 결과, 발효액 함량이 증가할수록 pH는 낮아졌다고 보고하였으며, 젖산 세균들이 생성하는 젖산, 아세트산, caproic acid, 포름산, 프로피온산, 뷰티르산 및 n-발레르산과 같은 유기산에 의한 것이라고 설명하였다. Kim HM 등(2018)은 배추 폐기물에 Celluclast 1.5L을 처리 후 젖산균을 적용

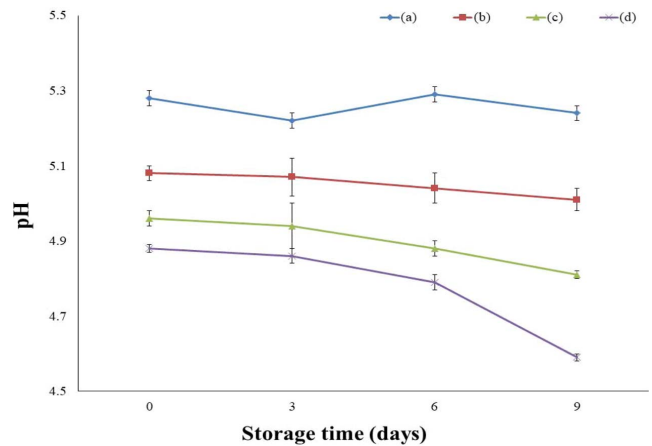


Fig. 2. Changes in pH value of pan bread added with enzyme treated wheat germ extract (EWGE) at extract at 0.0% (a), 1.5% (b), 3.0% (c) and 4.5% (d) at 25°C and 75% RH during 9 days.

한 연구에서 Celluclast 1.5L은 아세트산 등의 유기산 생성률을 증가시킨다고 보고하였으며, Toscano G 등(2014)은 giant reed에 Celluclast 1.5L을 처리하여 유기산 함량의 변화를 조사한 결과, 효소처리 후 30시간까지 초산, 젖산 등의 함량이 증가하였다고 보고하여 효소처리 밀 배아 제조 시 여러가지 유기산이 생성되어 추출물의 pH가 감소하였을 것으로 생각된다. 본 연구에서는 저장기간이 증가할수록 무처리군의 pH는 큰 변화가 없었으나, 처리군에서는 감소하는 경향을 나타냈으며, 야콘 농축액을 첨가한 식빵의 pH가 저장 기간이 경과할수록 감소한 결과와 유사하였다(Lee GH 등 2013). Choi DM 등(2007)은 낮은 pH가 미생물과 관련하여 안정성에 긍정적인 영향을 주었다고 보고하여, 효소처리 밀 배아 추출물은 식빵의 저장성에 효과적일 것으로 보인다.

3. 일반세균 및 곰팡이수

효소처리 밀 배아 추출물을 농도별로 처리하고 9일간 저장하며 일반세균수와 곰팡이수를 측정 한 결과, 저장 기간 전반적으로 첨가 농도에 의존적으로 일반세균의 생육이 억제되는 것으로 나타났다(Table 3). 일반세균수는 제조 0일차부터 9일차까지 무처리군에 비해 처리군의 생육이 억제되는 것으로 나타났다. 곰팡이의 경우 대조군에서는 3일차부터 관찰되었으며, 추출물 첨가 시 6일차부터 관찰되었고 저장기간이 증가할수록 곰팡이수가 증가하였으며 추출물의 첨가량이 증가할수록 곰팡이수가 느리게 증가하였다. 현재 우리나라 식품공전 상 발효과정을 거치는 빵류의 세균수는 설정되지 않았으며, Jeon JR & KIM J(2004)는 일반적으로 열처리 식품의 경우 위생상 안전성이 확보될 수 있는 일반세균수는 1×10⁵ CFU/g 정도로 판정한다고 하였다. 무첨가 대조군의 경우 저장기간 6일까지 위생적으로 안정성이 확보되었으며, 추출물 첨가 시

Table 3. Changes in viable cell and mold count of pan breads added with enzyme treated wheat germ extract (EWGE) at different concentration stored at 25°C and 75% RH during 9 days (Unit: CFU/g)

Storage time (day)	Viable cell count				Mold count			
	0.0 ¹⁾	1.5	3.0	4.5	0.0	1.5	3.0	4.5
0	1.6×10 ²	6.3×10	5.5×10	-	-	-	-	-
3	1.9×10 ³	1.8×10 ²	1.1×10 ²	1.0×10	2.3×10	-	-	-
6	9.8×10 ³	9.8×10 ²	6.3×10 ²	5.2×10	1.9×10 ³	9.8×10 ²	3.4×10 ²	1.3×10 ²
9	8.2×10 ⁵	2.6×10 ⁴	9.4×10 ³	5.7×10 ²	4.7×10 ⁴	1.7×10 ⁴	1.1×10 ⁴	6.2×10 ³

¹⁾ EWGE content (%).

Table 4. Color and color difference of pan bread added with enzyme treated wheat germ extract (EWGE) at different concentration

	EWGE content (%)	L (Lightness)	a (Redness)	b (Yellowness)	Color difference
Crust	0.0	50.85±2.25 ^{a1)}	15.07±0.58 ^b	31.65±3.97 ^a	-
	1.5	48.00±3.20 ^b	15.60±0.33 ^a	30.85±1.93 ^a	3.013
	3.0	40.01±1.79 ^c	15.45±0.42 ^a	23.65±1.47 ^b	13.476
	4.5	36.57±1.30 ^d	14.59±0.34 ^c	19.08±1.15 ^c	19.035
Crumb	0.0	85.24±2.85 ^a	-2.16±0.21 ^d	11.63±0.83 ^a	-
	1.5	82.41±1.61 ^b	0.28±0.09 ^c	10.59±0.49 ^b	3.876
	3.0	75.89±1.45 ^c	2.48±0.17 ^b	11.45±0.82 ^a	10.438
	4.5	73.28±2.17 ^d	3.63±0.17 ^a	11.88±0.70 ^a	13.285

¹⁾ Data represents as mean±SD (n=30). Values with the same letter in same column are not significantly different (*p*<0.05) by Duncan's multiple range test.

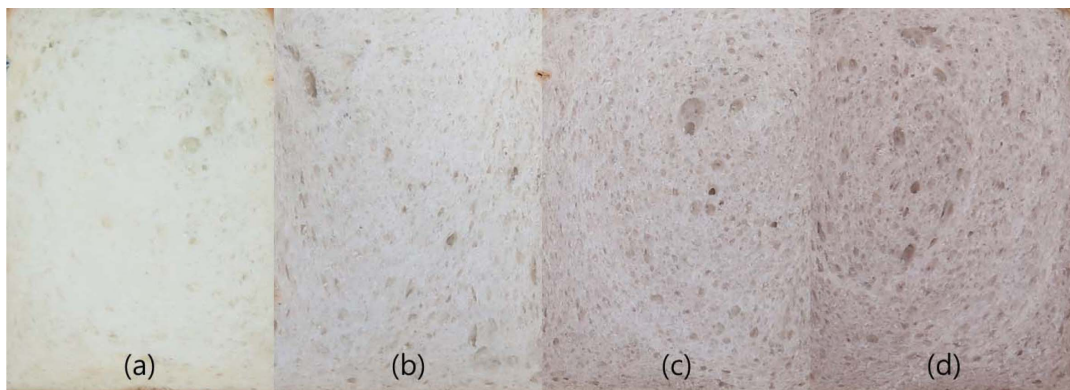


Fig. 3. Appearance of internal surface of pan bread added with enzyme treated wheat germ extract (EWGE) at (a) 0%, (b) 1.5%, (c) 3.0%, and (d) 4.5%.

첨가량 1.5%부터 9일까지 저장기간이 향상되어 효소처리 밀 배아 추출물의 항균 활성에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

4. 식빵의 crumb 및 crust 색도

식빵에 첨가된 효소처리 밀 배아 추출물의 명도는 55.24±0.48, 적색도는 3.52±0.13, 그리고 황색도는 4.83±0.20였다. 효소처리 밀 배아 추출물을 첨가한 식빵의 crumb와 crust의 색도는 Table 4와 같았으며, crumb의 색

상은 Fig. 3과 같았다. 명도는 crust와 crumb 모두 추출물의 첨가량이 증가할수록 각각 50.85와 85.24에서 36.57과 73.28로 약 28.09%와 14.02% 감소하였다. Crust의 적색도는 추출물이 1.5% 까지 증가할때 15.07에서 15.60까지 증가하였으나, 추출물이 4.5%였을때는 14.59로 감소하였다. Crumb는 -2.16에서 3.63로 증가하였다. 황색도는 추출물 함량이 증가할수록 crust는 31.65에서 19.08로 감소하였으며, crumb는 11.63에서 11.88로 큰 차이는 없었다. 색도 차는 대조구와 비교하였을 때 crust와 crumb 모두 추출물

함량이 3.0%에서 가장 많이 증가하였다. 빵의 색도는 첨가되는 부원료의 색, 당의 양과 종류, pH 및 온도 등의 영향을 받는 것으로 알려졌다(Shin GM & Kim DY 2008). 추출물 함량이 증가할수록 crust와 crumb의 명도가 감소하였으며, crumb의 적색도는 증가하였다. 첨가되는 효소처리 추출물의 명도가 낮고 적색도가 높아 첨가량이 증가할수록 식빵의 색도에 영향을 주는 것으로 생각된다. 이는 발효 미강 사워 반죽(sour dough)을 사용한 바게트 빵의 품질 연구(Hwang GH 등 2014)에서 발효 미강 함량이 증가할수록 명도가 감소하였으며, 적색도와 황색도가 증가하였다는 결과와 유사하였다.

5. 식빵의 물성평가

Texture analyzer로 효소처리 밀 배아 추출물을 첨가한 빵의 경도, 탄력성, 응집성, 점착성, 씹힘성, 복원성 및 전단력을 측정하였다(Table 5). 탄력성, 응집성, 씹힘성, 복원성은 첨가농도에 따른 유의적인 차이가 없었다. 경도는 무처리군이 가장 높게 측정되었으며, 추출물 함량이 1.5%와 3.0%일 때 낮게 측정되었다. 점착성도 무처리군이 가장 높게 나타났으며, 추출물 함량이 1.5% 첨가 시 가장 낮게 측정되었다. Kim EJ & Kim SM(1998)은 슬립추출물을 사용하여 제빵 시 부피가 가장 큰 첨가구의 경도가 가장 낮은 경향을 보인다고 하였으며, 파쇄기 모자반 추출물을 첨가한 빵에서 대조구보다 추출물 첨가군의 점착성이 감소 후 추출물 함량이 증가할수록 증가한 연구와 유사한 결과를 나타냈으며(Lee SY 등 2008), Ha TY 등

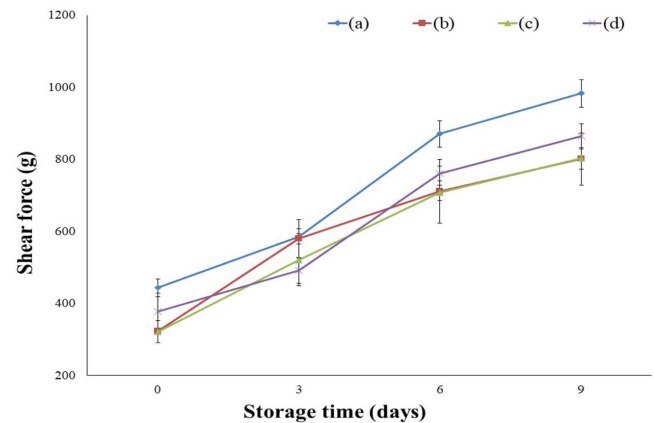


Fig. 4. Shear force of pan bread added with enzyme treated wheat germ extract (EWGE) at 0.0% (a), 1.5% (b), 3.0% (c) and 4.5% (d) at 25°C and 75% RH during 9 days.

(2003)은 빵의 경도와 점착성 증가는 부피의 감소와 연관이 있다고 하였다. 저장기간 증가에 따른 전단력을 살펴본 결과, 무처리군과 처리군 모두 저장시간이 증가할수록 전단력도 증가하였다(Fig. 4). 빵의 견고성에 영향을 주는 요인에는 첨가재료의 종류, 빵의 수분함량, 내부 air cell의 발달 정도 등이 있으며 무처리군의 수분함량 감소가 빵의 노화를 촉진하여 전단응력이 증가한 것으로 생각된다.

6. 관능적 특성

효소처리 밀 배아 추출물 첨가량을 달리하여 제조한 식

Table 5. Texture of pan breads added with enzyme treated wheat germ extract (EWGE)

EWGE content (%)	Hardness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Resilience
0.0	470.28±27.46 ^{a1)}	2.32±0.77 ND	0.80±0.02 ND	377.99±20.69 ^a	883.57±313.86 ND	0.49±0.03 ND
1.5	339.20±10.50 ^c	2.82±0.27	0.83±0.03	281.10±3.97 ^c	792.87±82.10	0.49±0.03
3.0	349.18±32.64 ^c	2.75±0.80	0.83±0.03	291.15±27.90 ^{bc}	797.89±242.56	0.47±0.02
4.5	399.92±57.00 ^b	1.74±0.98	0.81±0.03	321.53±35.92 ^b	737.82±261.26	0.46±0.04

¹⁾ Data represents as mean±SD (n=5). Values with the same letter in same column are not significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

ND: all data are not significantly different.

Table 6. Sensory characteristics of pan breads added with enzyme treated wheat germ extract (EWGE) at different concentration

EWGE content (%)	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptability
0.0	5.43±0.65 ^{a1)}	5.50±0.86 ^a	5.50±0.76 ^a	5.43±0.76 ^a	5.43±0.65 ^a
1.5	4.57±1.22 ^b	4.36±0.93 ^b	4.29±1.14 ^b	4.79±1.05 ^{ab}	4.34±0.93 ^b
3.0	3.71±1.14 ^c	3.07±0.92 ^c	3.00±1.04 ^c	3.93±1.44 ^{bc}	3.00±0.96 ^c
4.5	3.00±0.78 ^c	2.57±1.28 ^c	2.29±1.14 ^c	3.29±1.33 ^c	2.29±0.99 ^d

¹⁾ Data represents as mean±SD (n=15). Values with the same letter in same column are not significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

빵의 관능적 특성 평가 결과는 Table 6과 같다. 외형, 향, 맛, 텍스처, 전체적인 선호도 모두 추출물 첨가량이 증가함에 따라 감소하였다. 이는 효소처리 밀 배아 추출물의 특유한 향과 맛이 식빵에 부정적인 영향을 주었으며, 추출물 첨가량이 증가할수록 빵 내부 기공이 작아지고 부피가 감소하여 텍스처가 감소하였기 때문으로 생각된다. 추출물을 1.5% 첨가하였을 때의 선호도 점수는 대조구와 비교하였을 때 모두 낮았는데 외형은 84.2%, 향은 79.2%, 맛은 77.9%, 텍스처는 88.2%, 그리고 전체적인 만족도는 80.3%로 나타났다. 본 실험에서는 효소처리 밀 배아 추출물을 1.5% 이하로 첨가할 때 식빵의 품질에 큰 영향을 미치지 않으면서 무첨가 대조군 대비 약 80%의 관능적 특성을 유지하는 식빵의 제조가 가능함을 알 수 있었다.

IV. 요약 및 결론

밀 배아에 Celluclast 1.5L를 처리한 추출물을 밀가루에 대해 0, 1.5, 3.0 및 4.5% 비율로 첨가하여 제조한 식빵의 물리적·관능적 특성을 조사하였다. 제조된 식빵의 수분함량은 저장기간이 증가할수록 감소하였으며 무첨가 대조군과 비교하여 추출물 첨가 시 감소량이 적었다. 식빵의 중량은 무첨가 대조군과 비교하여 추출물 첨가 시 높게 나타났다($p < 0.05$), 식빵의 부피는 추출물 1.5% 첨가 시 가장 높았다($p < 0.05$). 굽기 손실률은 추출물의 첨가량이 높아질수록 감소하였다($p < 0.05$). 일반 세균수와 곰팡이 수는 저장기간에 따라 첨가 농도가 증가할수록 미생물의 생육이 억제되었다. 식빵의 pH는 추출물 함량이 증가할수록 감소하였으며, 추출물 첨가 시 저장기간이 증가할수록 감소하였다. 추출물 첨가 시 crust와 crumb의 명도는 감소하였고, 적색도는 crust의 경우 추출물 첨가량이 1.5%였을 때 최대값을 나타냈고, 첨가량이 3.0%, 4.5%로 증가하였을 때 적색도는 감소하였으며, crumb의 적색도는 첨가량의 증가에 따라 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 황색도는 crust와 crumb 모두 증가하였다($p < 0.05$). 색도 차는 추출물 함량 1.5%일 때 변화량이 적었으나, 추출물 함량이 3.0%부터 급격한 차이를 보였다. 식빵의 물성은 추출물 첨가 시 무처리군과 비교하여 경도와 점착성이 감소하였으며, 전단력은 저장기간이 경과할수록 추출물 첨가 시 무처리군보다 감소하였다. 식빵의 관능평가 점수는 추출물 첨가 시 모두 감소하였다($p < 0.05$). 이상의 결과를 종합해 볼 때 식빵에 투입된 추출물은 식빵의 노화를 방지하고 미생물 생육을 억제하여 저장성을 향상시킬 것으로 사료된다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgments

This work was supported by Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology in Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (IPET) through High Value-added Food Technology Development Program funded by Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (No. 116005-3).

References

- AACC. 2012. Approved methods of the AACC. 11th ed. AACC, St. Paul, MN, USA. Method 10-10.03, 10-14.01.
- An HL, Lee KS. 2012. Effects of adding sourdough stater powder using Korean wheat flour on the quality of pan bread. Korean J Culin Res 18(4):183-198.
- Ausiello A, Micoli L, Pirozzi D, Toscano G, Turco M. 2015. Biohydrogen production by dark fermentation of *Arundo donax* for feeding fuel cells. Chem Eng Trans 43:385-390.
- Boukid F, Folloni S, Ranieri R, Vittadini E. 2018. A compendium of wheatgerm: Separation, stabilization and food applications. Trends Food Sci Technol 78:120-133.
- Brandolini A, Hidalgo A. 2012. Wheat germ: Not only a by-product. Int J Food Sci Nutr 63(sup1):71-74.
- Byun JB, Lee JS. 2017. Fermentative characteristics of rye sourdough containing *Omija* extracts. Korean J Food Sci Technol 49(2):168-172.
- Chae MH, Park NY, Jeong EJ, Lee SH. 2006. Quality characteristics of the bread added with *Prunus mume* byproduct obtained from liquer manufacture. J Korean Soc Food Sci Nutr 35(9):1267-1272.
- Choi BS, Kang KO. 2009. Studies on the analysis of physiological and antimicrobial activity of wheat germ. J East Asian Soc Diet Life 19(4):585-592.
- Choi DM, Lee DS, Chung SK. 2007. Effects of fermentation pine needle extract on the quality of plain bread. Korean J Food Preserv 14(2):154-159.
- Choi EM, Lim TS, Lee HL, Hwang JK. 2002. Immune cell stimulating activity of wheat arabinoxylan. Korean J Food Sci Technol 34(3):510-517.
- Choi YS, Lee JK, Lee JH, Keum HI, Choi YH, Shin M. 2018. Effects of enzyme treatment on antioxidant activity of wheat germ. Korean J Food Cook Sci 34(5):512-518.
- Chung JY, Kim CS. 1998. Development of buck-wheat bread: 2. Effects of vital gluten and water-soluble gums on baking and sensory properties. Korean J Soc Food Sci 14(2):168-176.
- Claassen PAM, Budde MAW, López-Contreras AM. 2000. Acetone, butanol and ethanol production from domestic organic waste by *Solventogenic clostridia*. J Mol Microbiol Biotechnol 2(1):39-44.
- Dziki D, Gawlik-Dziki U, Rózyło R, Siastala M, Kowalczyk D. 2016. Quality of whole meal wheat bread enriched with green coffee beans. Croat J Food Sci Technol 8(2):112-119.

- Ha TY, Kim SH, Cho IJ, Lee HY. 2003. Effect of dietary fiber purified from *Cassia tora* on the quality characteristics of the bread with rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 35(4): 598-603.
- Hwang GH, Yun HR, Jung HN, Choi OJ. 2014. Quality characteristics of baguette using fermented rice bran sourdough. *Korean J Food Cook Sci* 30(3):307-316.
- Jeong HY, Choi YS, Lee JK, Lee BJ, Kim WK, Kang H. 2017. Anti-inflammatory activity of citric acid-treated wheat germ extract in lipopolysaccharide-stimulated macrophages. *Nutrients* 9(7):730-741.
- Jeong JR, Kim J. 2004. Properties on the quality characteristics and microbial changes during storage added with extracts from *Ulmus cortex*. *Korean J Soc Food Cook Sci* 20(2): 180-186.
- Kang H, Lee MG, Lee JK, Choi YH, Choi YS. 2016. Enzymatically-processed wheat bran enhances macrophage activity and has *in vivo* anti-inflammatory effects in mice. *Nutrients* 8(4):188-200.
- Kim EJ, Kim SM. 1998. Bread properties utilizing extracts of pine needle according to preparation method. *Korean J Food Sci Technol* 30(3):542-547.
- Kim EJ, Lee KS. 2013. Quality characteristics of white pan bread with honey. *Korean J Culin Res* 19(4):147-160.
- Kim HM, Park JH, Choi IS, Wi SG, Ha SH, Chun HH, Hwang IM, Chang JY, Choi HJ, Kim JC, Park HW. 2018. Effective approach to organic acid production from agricultural kimchi cabbage waste and its potential application. *PLoS One* 13(11):e0207801.
- Kim YS, Chun SS, Jung ST, Kim RY. 2002. Effect of lotus root powder on the quality of dough. *Korean J Soc Food Cook Sci* 18(6):573-578.
- Kim YS, Park JY, Lee JH. 2014. Quality characteristics of bread dough added with immature *Chalssalbori* flour. *Korean J Food Cook Sci* 30(4):385-393.
- Korea Agro-Fisheries and Food Trade Corporation. 2018. 2018 Food statistics (domestic). Korea Agro-Fisheries and Food Trade Corporation, Seoul. Korea. p 341.
- Kweon M, Slade L, Levine H, Martin R, Souza E. 2009. Exploration of sugar functionality in sugar-snap and wire-cut cookie baking: Implications for potential sucrose replacement or reduction. *Cereal Chem* 86(4):425-433.
- Lee GH, Kim WM, Kim MK. 2013. Quality characteristic changes during storage of bread prepared by addition of yacon concentrate as sugar substitute. *Korean J Food Cult* 28(1):170-113.
- Lee JY, Lee KA, Kwak EJ. 2009. Fermentation characteristics of bread added with *Pleurotus eryngii* powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38(6):757-765.
- Lee SY, Kim KBWR, Song EJ, Kim JH, Kim AR, Kim MJ, Moon JH, Kang HM, Lee HD, Hong YK, Ahn DH. 2008. Effect of extracts from *Sargassum siliquastrum* on shelf-life and quality of bread. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37(4): 490-496.
- Mathewson PR. 2000. Enzymatic activity during bread baking. *Cereal Foods World* 45(3):98-101.
- Ministry of Food and Drug Safety. 2002. Food standard codex. MFDA, Cheongwon, Korea. p 301.
- Nour V, Ionica ME, Trandafir I. 2015. Bread enriched in lycopene and other bioactive compounds by addition of dry tomato waste. *J Food Sci Technol* 52(12):8260-8267.
- Otto C, Hahlbrock T, Eich K, Karaaslan F, Jürgens C, Germer CT, Wiegnering A, Kämmerer U. 2016. Antiproliferative and antimetabolic effects behind the anticancer property of fermented wheat germ extract. *BMC Complement Altern Med* 16(1):160-169.
- Park JH, Lim CS, Kim IH, Kim MY. 2011. Effects of branched dextrin on the quality characteristics of frozen soft roll dough and its bread during storage. *Korean J Food Cook sci* 27(5):507-522.
- Park LY. 2015. Effect of *Houttuynia cordata* Thunb. powder on the quality characteristics of bread. *Korean J Food Sci Technol* 47(1):75-80.
- Rizzello CG, Cassone A, Coda R, Gobbetti M. 2011. Antifungal activity of sourdough fermented wheat germ used as an ingredient for bread making. *Food Chem* 127(3):952-959.
- Rizzello CG, Mueller T, Coda R, Reipsch F, Nionelli L, Curiel JA, Gobbetti M. 2013. Synthesis of 2-methoxy benzoquinone and 2,6-dimethoxybenzoquinone by selected lactic acid bacteria during sourdough fermentation of wheat germ. *Microbiol Cell Fact* 12(1):105-113.
- Rizzello CG, Nionelli L, Coda R, De Angelis M, Gobbetti M. 2010. Effect of sourdough fermentation on stabilization, and chemical and nutritional characteristics of wheat germ. *Food Chem* 119(3):1079-1089.
- Shin GM, Kim DY. 2008. Quality characteristics of white pan bread by *Angelica gigas* Nakai powder. *Korean J Food Preserve* 15(4):497-504.
- Shin HK, Lee JH, Lee SK. 2017. Characteristics of white pan bread with roasted rice bran. *Korean J Food Sci Technol* 49(4):401-407.
- Tömösközi-Farkas R, Daood HG. 2004. Modification of chromatographic method for the determination of benzoquinones in cereal products. *Chromatographia* 60(1):S227-S230.
- Toscano G, Zuccaro G, Ausiello A, Micoli L, Turco M, Pirozzi D. 2014. Production of hydrogen from giant reed by dark fermentation. *Chem Eng Trans* 37:331-336.
- USDA. 2018. World agricultural production. Available from: <https://apps.fas.usda.gov>. Accessed November 29, 2018.
- Vinzant TB, Adney WS, Decker SR, Baker JO, Kinter MT, Sherman NE, Fox JW, Jimmel ME. 2001. Fingerprinting *Trichoderma reesei* hydrolases in a commercial cellulose preparation. *Appl Biochem Biotechnol* 91(1-9):99-107.

Received on Dec.26, 2018 / Revised on Feb.7, 2019 / Accepted on Feb.7, 2019