

Teff (*Eragrostis tef*) 분말을 이용한 Gluten-free 식빵의 품질 특성에 잔탄검과 구아검이 미치는 영향

정기영 · 송가영 · 오현빈 · 신소연 · 김영순[†]

고려대학교 식품영양학과

Effects of Xanthan Gum and Guar Gum on the Quality Characteristics of Gluten-free Bread using Teff (*Eragrostis tef*) Flour

Ki Youeng Joung · Ka-Young Song · Hyeonbin O · So Yeon Shin · Young-Soon Kim[†]

Dept. of Food and Nutrition, Korea University, Seoul 02841, Korea

ABSTRACT

This study investigated quality characteristics and sensory properties of gluten-free bread using teff flour and various gums. The five samples used in this study were control (wheat flour), T (teff flour), TG (teff flour, guar gum), TX (teff flour, xanthan gum), and TGX (teff flour, guar gum, xanthan gum). Baking loss, moisture content, pH, salinity, brix, dough expansion, color value, texture property, and sensory property were measured for each sample. As a result, pH was the highest in TX at 6.11 and the lowest in the control at 5.77. Salinity was the highest in the control at 0.80% and lowest in TG at 0.04%. Brix was the lowest in TX at 1.10 °Bx. While moisture content was the highest in the control at 43.58%, gluten-free breads using teff flour had no significant difference ($p < 0.05$). Baking loss rate of bread was no significant difference among samples ($p < 0.05$). Dough expansion rate by fermentation was the highest in the control at 108.89% and the lowest in T at 17.84%. L-value of crust had no significant difference ($p < 0.05$). For L-value of crumb, the control was the highest at 64.34 and T was the lowest at 33.84. In texture properties analysis, hardness was the highest in TGX at 16.00 N and the lowest in the control at 2.87 N. There was no significant difference in springiness ($p < 0.05$). Chewiness was the highest in TX and TGX. The result of sensory properties was that while there were no significant differences in color, salty taste, flavor, and overall acceptability, there was a significant difference in softness and sweetness ($p < 0.05$). These results showed that use of teff flour and gums rather than using only teff flour for bread manufacturing can improve quality characteristics in dough expansion and texture properties. It is considered that xanthan gum or guar gum are appropriate on bread using teff for quality characteristics.

Keywords: bread, gluten-free, quality characteristics, sensory properties, teff

I. 서 론

식빵은 15세기에 영국에서 처음 등장하였으며, 제빵 기술의 발전으로 다양한 종류의 식빵이 등장하였고, 품질이 크게 향상되었다. 식빵의 반죽법은 중종법과 직접법 두 가지로 분류되며, 강력분, 유지, 이스트, 개량제, 설탕, 달걀 등이 주요 재료로 사용된다(Korean Bakers Association, 1994). 식빵 제조에서 가장 중요한 과정은 발효공정을 통해 생성되는 가스 팽창이며, 밀가루에 함유된 글루텐은 이러한 발효공정으로 생성된 가스를 포집하는 중요한 역할로 작용한

다. 또한, 글루텐은 식빵의 신장성과 인장성 향상에 직접 관여하며, 식빵뿐만 아니라 제과 제빵에서 중요한 물질로 작용하는 성분으로 알려져 있다(Shewry, Tatham, Barro, Barcelo, & Lazzeri, 1995). 하지만 글루텐은 HLA-DQ2 유전자를 보유한 사람들에게 소장 점막 세포에 염증을 일으켜 설사나 복통 등의 소화 장애를 발생시키는 셀리악병의 유발물질로도 알려져 있다(Moore, Heinbockel, Dockery, Ulmer, & Arendt, 2006). 셀리악병은 유전 질환이지만, 최근 개인의 밀 소비량 증가와 함께 발병 가능성도 증가되었다는 연구가 보고되었으며(Cummins & Roberts-Thomson, 2009), 글루텐이 소화 장

[†] Corresponding author: 김영순, kteresaa@korea.ac.kr, 고려대학교 식품영양학과

에 유발인자라는 인식이 증가하면서 gluten-free 제품 시장은 빠른 성장세를 나타내고 있다(Jin & Kim, 2015).

Gluten-free 식빵에 관한 연구는 흑미 쌀가루를 연질미와 배합한 gluten-free 쌀 식빵의 품질 특성(Choi et al., 2015), 쌀가루의 입자크기가 gluten-free 쌀 식빵 제조에 미치는 영향(Kang et al., 2014), 자포니카형 쌀 품종 차이가 gluten-free 쌀 식빵의 품질에 미치는 영향(Kang et al., 2013) 등 쌀을 활용한 것들로 한정되어 있으며, 테프 분말과 같은 gluten-free 소재를 이용하여 식빵을 제조한 연구는 아직까지 미비한 실정이다.

테프(*Eragrostis tef*)는 조, 수수, 퀴노아처럼 크기가 작고 글루텐이 없는 성질을 지닌 고대 곡물의 한 종류이며, 세계적으로 기후와 고도에 상관없이 잘 자라며, 옥수수, 수수, 밀, 보리보다 병충해에 강한 것으로 알려져 있다(Bultosa, 2016). 생산량은 2013~2014년 기준 에디오피아에서 376만 톤에 달하며, 미국과 네덜란드 등 일부 선진국가에서도 재배되고 있다(Bultosa, 2016). 테프의 영양 성분은 미네랄과 불포화 지방산이 풍부하고, 단백질이 높으며(Abebe et al., 2007, Hager, Wolter, Jacob, Zannini, & Arendt, 2012), ferulic acid(285.9 µg/g), protocatechuic acid(25.5 µg/g), gentisic acid(15 µg/g), vanillic acid(54.8 µg/g), syringic acid(14.9 µg/g), coumaric acid(36.9 µg/g) 및 cinnamic acid(46 µg/g) 등 다양한 폴리페놀 화합물들이 함유되어 있어 기능성 및 항산화 효과가 높다(Mekonnen, Martin, & Thomas, 2014). 또한, 테프는 글루텐이 함유되지 않아 글루텐 알레르기인 셀리악병이 있거나, 소화 기관이 약한 사람들이 먹기에 좋은 곡물이다. 테프 전분의 특성은 입자크기가 2.0~6.0 µm로 밀 전분 입자크기인 4.2 mm에 비해 작지만, 아밀로오스 함량은 28.2 %로 20.5%인 밀보다 높으며, 전분의 호화개시 온도는 테프 전분이 68.0°C, 밀 전분이 57.2°C이고, 최고온도는 테프 전분이 74.0°C, 밀 전분이 61.9°C, 종결온도는 테프 전분이 80.0°C, 밀 전분이 70.0°C으로 테프 전분이 밀 전분보다 약 10°C 가량 높은 편이다(Bultosa, Hall, & Taylor, 2002; López-Ahumada et al., 2010).

테프에 관한 국외 연구로는 Abebe 등(2007)이 발표한 테프의 수산, 아연, 철분, 칼슘 함량과 생체이용 분석, Hager 등(2012)이 발표한 테프 분말과 밀가루의 영양 특성과 초미세 구조 비교, Mekonnen 등(2014)이 발표한 gluten-free 음료 제조를 위한 테프의 맥아제조, 양조 및 제조가능성이 있으며, 국내 연구로는 Park(2014)이 발표한 즉석 인제라 개발을 위한 발효 테프 분말 제조 및 영양강화, Joung 등(2017)이 발표한 테프 분말을 첨가한 파운드 케이크의 품질 특성 및

노화 억제 분석이 있다. 따라서 본 연구에서는 gluten-free 테프 분말과 검류를 첨가한 식빵의 이화학적 품질 및 관능적 특성을 상호 비교함으로써 테프 분말 및 검류의 이용 가능성을 확인하고, 다양한 제빵 가공 가능성에 대한 기초자료를 제시하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

식빵 제조용 재료로는 강력분(CJ Cheiljedang Co., Ltd, Seoul, Korea), 테프(Chowonherb Co., Ltd, Seoul, Korea), 옥수수 전분(Bread garden Co., LTD, Seoul, Korea), 우유(Seoulmilk Co., LTD, Seoul, Korea), 버터(Lotte foods Co., Ltd, Seoul, Korea), 설탕(CJ Cheiljedang Co., Ltd, Seoul, Korea), 소금(Chungjungone Co., Ltd, Seoul, Korea), 구아검(Lotus Gums & Chemicals Co., Ltd, Jodhpur, India), 잔탄검(Deosen Biochemical Co., Ltd, Shandong Sheng, China), 이스트(Societe industrielle lesaffre Co., Ltd, Marcq-en-Barœul, France)를 사용하였다. 테프는 -40°C 이하에서 24시간 동결건조한 후(FD8508, Ilshin Biobase Co., Ltd, Gyeonggi, Korea) 고속 분쇄기(RT-04, Hung Chuan Machinery Enterprise Co., Ltd, Taipei, Taiwan)를 이용하여 분말화한 후 식빵 제조에 사용하였다.

2. 식빵의 제조

식빵의 재료 배합 비율은 Campo, del Arco, Urtasun, Oria와 Ferrer-Mairal(2016)의 연구를 참고하였으며, Mekonnen 등(2014)의 연구에 따라 wheat flour 100%만 첨가한 것을 대조구(Control)로 하여 wheat flour 500 g 중량에 대한 비율로 gluten-free 곡물인 테프 분말에 글루텐 성분으로 작용할 수 있는 잔탄검과 구아검을 첨가하여 teff flour 85% + corn starch 15%(T), teff flour 85% + corn starch 15% + guar gum 3%(TG), teff flour 85% + corn starch 15% + xanthan gum 3%(TX), teff flour 85% + corn starch 15% + guar gum 1.5% + xanthan gum 1.5%(TGX)의 5가지 gluten-free 식빵을 Table 1과 같은 조성비율로 제조하였다. 제조 방법은 Fig. 1과 같으며, AACC(1995)를 참고하여 직접만죽법으로 제조하였다. 우유, 이스트, 설탕을 혼합하여 발효기(Digital fermentor, Goldbread, Gyeonggi, Korea)에 넣고, 30°C, %RH 90에서 5분간 이스트를 발효시켜 반죽에 사용하였다. 발효시킨 이스트와 강력분, 테프 분말, 전분, 검류, 소금을 넣어 반죽기(Chef classic KM400, Kenwood, Havant, England)를 이용하여 40 rpm에서 1분, 115 rpm에서 5분 반죽한 후 버터를 넣고 79 rpm에서 5분 반죽하였다. 완

Table 1. Formulas for gluten-free bread with teff flour

Ingredients	Content (%) ¹⁾	Weight (g)				
		Con ²⁾	T ³⁾	TG ⁴⁾	TX ⁵⁾	TGX ⁶⁾
Wheat flour	100	500	-	-	-	-
Teff flour	85	-	425	425	425	425
Corn starch	5	-	75	75	75	75
Milk'	90	450	450	450	450	450
Butter	5	25	25	25	25	25
Sugar	10	50	50	50	50	50
Salt	1	5	5	5	5	5
Yeast	2	10	10	10	10	10
Guar gum	1.5	-	-	15	-	7.5
Xanthan gum	1.5	-	-	-	15	7.5

¹⁾ All ingredient percentages were based on wheat flour (Baker's percent).

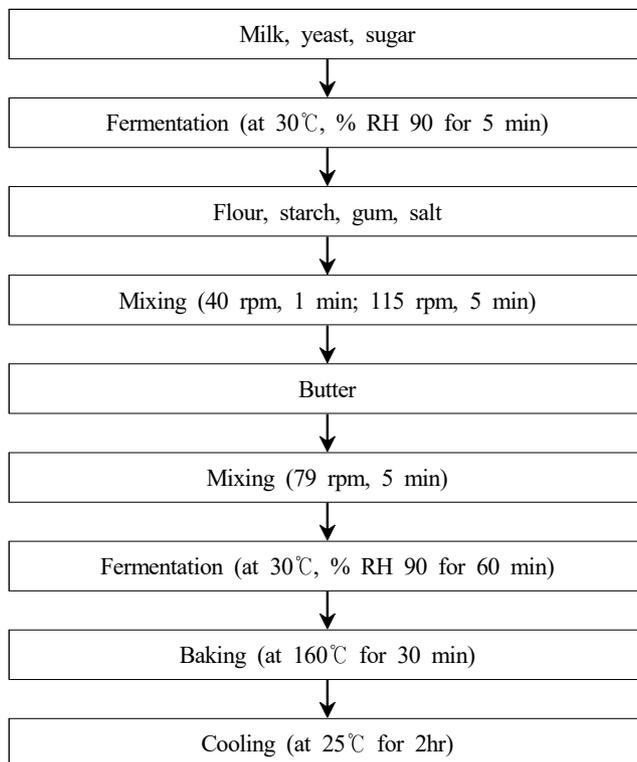
²⁾ Con: control.

³⁾ T: teff flour 425 g + corn starch 75 g.

⁴⁾ TG: T + guar gum 15 g.

⁵⁾ TX: T + xanthan gum 15 g.

⁶⁾ TGX: T + guar gum 7.5 g + xanthan gum 7.5 g.

**Fig. 1. Manufacturing process for gluten-free bread with teff flour.**

성된 반죽을 발효기(Digital fermentor, Goldbread, Gyeonggi, Korea)에 넣고 30°C, %RH 90에서 60분 발효하였다. 발효가 완료된 반죽을 오븐(Zipel DE68-04072D, Samsung, Seoul, Korea)을 사용하여 160°C에서 30분간 구워낸 후 25°C에서 2시간 방냉하여 시료로 사용하였다.

3. pH 측정

pH는 AOAC(1995)법에 따라 반죽, 발효 반죽 및 식빵 10 g과 증류수 90 mL를 100 mL 비커에 넣고 Homogenizer (Uni-drive1000D, CAT M. Zipperer GmbH, Staufen, Germany)를 이용하여 1분간 균질화시켰다. Whatman No. 1 여과지를 이용하여 얻은 시료의 맑은 상등액 부분을 pH 미터(SP-701, Sontex Instruments Co., Ltd, Taipei, Taiwan)를 이용하여 3회 반복 측정 후 평균값을 구하였다.

4. 염도 및 당도

염도와 당도는 Kim과 Yoo(2016)의 방법을 응용하여 분석하였다. 염도 측정에는 Salt meter(NS-3P, Merbabu trading Co., Ltd, Osaka, Japan)를 이용하였고, 당도 측정에는 Digital refractometer(PR-201a, Atago Co., Ltd, Tokyo, Japan)를 이용하여 3회 반복 측정 후 평균값을 구하였다.

5. 수분함량

식빵의 수분함량은 Moisture analyzer(MB45, OHAUS, Zurich, Switzerland)를 이용하여 측정하였다. 시료별로 crumb 10 g씩을 취하여 105°C에서 시료의 무게가 변하지 않을 때까지 3회 반복 측정 후 평균값을 구하였다.

6. 굽기 손실률

식빵의 굽기 손실률(baking loss)은 완성된 반죽 무게와 구운 후 25°C에서 2시간 방냉한 식빵의 무게를 각 3회 반복 측정 후 아래 공식에 따라 계산하여 평균값을 구하였다.

Baking loss(%) =

$$\frac{\text{Weight of fermented dough} - \text{Weight of bread}}{\text{Weight of fermented dough}} \times 100$$

7. 발효 팽창력

반죽의 발효 팽창력은 He와 Hoseney(1992)의 방법을 응용하여 측정하였다. 반죽 20 g을 취하여 250 mL 메스 실린더에 넣고 10분 간격으로 60분 동안 반죽의 올라온 윗부분의 높이를 측정하여 아래 공식에 따라 계산한 값의 평균을

구하였다.

Fermentation ratio(%) =

$$\frac{(\text{Height of fermented dough} - \text{Height of dough}) / \text{Height of dough} \times 100}{}$$

8. 색도

식빵의 색도는 색차계(CR-400, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 명도(L 값), 적색도(a 값), 황색도(b 값)를 3회 반복 측정 후 그 평균값을 구하였으며, 총 색차값(ΔE 값)은 Knispel(1991)의 방법을 이용하여 아래 공식에 따라 계산하여 평균 값을 구하였다.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

시료 간의 총 색차값(ΔE 값)의 차이는 대조구를 기준으로 미국 국립표준(Nimeroff, 1996)의 색차등급에 따라 ΔE 값을 6단계로 나누어, 총 색차값이 0~0.5는 미미한(Trace), 0.5~1.5는 근소한(Slight), 1.5~3.0은 현저한(Noticeable), 3.0~6.0은 상당한(Appreciable), 6.0~12.0이면 많은(Much), 그리고 12.0 이상이면 매우 많은(Very much)으로 구분하였다.

9. 조직감

식빵의 조직감은 Bourne(1978)의 방법에 따라 Rheometer (Compac-100 II, Sun Scientific, Tokyo, Japan)를 이용하여 경도(Hardness), 탄력성(Springiness), 응집성(Cohesiveness), 씹힘성(Chewiness) 및 검성(Gumminess)을 3회 반복 측정 후 평균값을 구하였다. 식빵의 crumb를 20 × 20 × 20 mm 크기로 잘라 No. 1 probe (Φ20 mm), 압축, 진입 거리 10 mm, 테이블 속도 120 mm/min, 최대 응력 10 kg, 시료와 어댑터 거리 5.00 mm의 조건에서 two bite compression test로 3회 반복 측정 후 평균값을 구하였다.

10. 소비자 기호도 조사

식빵의 소비자 기호도 조사는 식품영양학과 대학원생 20

명을 대상으로 시행하였으며, 색(Color), 짠맛(Salty taste), 향미(Flavor), 부드러움(Softness), 단맛(Sweetness), 전체적 기호도(Overall acceptability) 총 6가지 항목을 9점 척도법(9점: 극히 좋음, 5점: 보통, 1점: 극히 싫음)으로 평가하였다. 구워낸 시료는 25℃에서 2시간 방냉 후, 각각 20 × 20 × 20 mm로 잘라 세 자리 난수표로 표기하여 뚜껑이 있는 백색의 원형 접시에 담아 제공하였으며, 시료의 잔향 및 잔미를 없애기 위해 물로 입안을 헹군 후 각각의 시료를 평가하게 하였다.

11. 통계처리

통계처리는 분산분석(ANOVA)과 $p < 0.05$ 수준에서 다중범위 검정(Duncan's multiple range test)을 SPSS(IBM SPSS Statistics 23, International Business Machines Corporation, New York, USA)로 시행하여 시료 간 유의적인 차이를 검증하였다(Table 2).

III. 결과 및 고찰

1. pH, 염도 및 당도

반죽, 발효 반죽 및 식빵의 pH는 Table 3과 같다. 발효에 사용된 이스트는 산성 환경에서 잘 증식하기 때문에 반죽의 적절한 발효를 위해 pH 5.0가 적절하다고 Shin과 Jung (1998)은 보고하였다. 본 실험에서 반죽의 pH는 대조구(5.22) < TX(5.45) < T(5.68) < TGX(5.73) < TG(5.75) 순으로 Table 2에 나타난 잔탄검(5.83) < 강력분(5.86) < 옥수수 전분(5.89) < 테프 분말(6.13) < 구아검(6.67)의 pH와 유사한 경향을 나타내었으며, 대조구와 첨가구 모두 pH가 이스트 발효를 위한 적정 범위에 있음을 나타내었다. 그러나 잔탄검 첨가구는 잔탄검 자체의 pH가 5.83으로 강력분보다 낮지만 주재료인 테프 분말의 pH가 6.13으로 높기 때문에 대조구보다 pH가 높게 나타난 것으로 판단된다. 반죽의 pH (5.22~5.75)는 발효 후 5.15~5.59로 대조구와 첨가구 모두 pH가 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 Yeom 등(2016)의 연구에서 보고된 바와 같이 발효 중에 생성되는 아세트산, 젖산 등의 물질이 식빵의 pH를 저하시킨 것으로 생각된다. 식빵의 pH

Table 2. Moisture content and pH of wheat flour, teff flour, corn starch, guar gum, and xanthan gum

Properties	Wheat flour	Teff flour	Corn starch	Guar gum	Xanthan gum
Moisture content (%)	12.11±0.02 ¹⁾	11.68±0.02	10.85±0.06	10.75±0.01	9.94±0.03
pH	5.86±0.05	6.13±0.01	5.89±0.02	6.67±0.03	5.83±0.01

¹⁾ Values are mean±standard deviation.

Table 3. pH, salinity, brix of dough, fermented dough, and gluten-free bread with various teff flour

Samples	pH	Salinity (%)	Brix (°Bx)	
Dough	Con	5.22±0.01 ^{1)d}	0.80±0.00 ^a	1.33±0.12 ^b
	T	5.68±0.00 ^b	0.09±0.00 ^b	1.63±0.15 ^a
	TG	5.75±0.04 ^a	0.09±0.01 ^b	1.37±0.06 ^b
	TX	5.45±0.01 ^c	0.09±0.01 ^b	1.10±0.10 ^c
	TGX	5.73±0.01 ^a	0.08±0.00 ^c	1.20±0.00 ^{bc}
	<i>F</i> -value	377.69 ^{***}	22,850.00 ^{***}	12.23 ^{***}
Fermented dough	Con	5.15±0.07 ^c	0.83±0.06 ^a	1.36±0.21
	T	5.58±0.00 ^a	0.09±0.00 ^b	1.36±0.31
	TG	5.59±0.01 ^a	0.10±0.01 ^b	1.23±0.06
	TX	5.40±0.01 ^b	0.10±0.01 ^b	1.10±0.10
	TGX	5.41±0.00 ^b	0.09±0.01 ^b	1.23±0.06
	<i>F</i> -value	28.31 ^{***}	479.65 ^{***}	1.22
Bread	Con	5.77±0.02 ^d	0.80±0.00 ^a	1.27±0.15 ^a
	T	5.98±0.01 ^c	0.10±0.01 ^b	1.33±0.06 ^a
	TG	6.02±0.00 ^b	0.04±0.00 ^d	1.30±0.00 ^a
	TX	6.11±0.01 ^a	0.09±0.00 ^c	1.10±0.00 ^b
	TGX	6.01±0.01 ^b	0.09±0.00 ^c	1.40±0.10 ^a
	<i>F</i> -value	460.94 ^{***}	23,549.25 ^{***}	5.14 [*]

Abbreviations: Con, T, TG, TX and TGX are same as Table 1.

¹⁾ Values are mean ± standard deviation.

^{a-d} Different superscripts in same column indicate significant differences by Duncan's multiple range test.

* $p < 0.05$, *** $p < 0.001$.

는 대조구(5.77)가 첨가군(5.98~6.11)보다 유의적으로 낮게 나타났다고($p < 0.05$). 이는 해나루쌀 분말 첨가 식빵(Ju & Lee, 2016), 다양한 곡류 첨가 식빵(Lee & Park, 2015), 메밀 분말 첨가 식빵(Choi & Chung, 2007)과 유사한 결과를 나타내었으며, 헤미셀룰라아제 첨가 식빵(Yeom, Bing, Kim, & Chun, 2016), 흑미 분말 첨가 식빵(Oh, Kim, & Kim, 2001)에서는 상반된 결과를 나타내었다. 테프 분말 첨가 식빵제조에서 대조구와 비교하여 첨가구의 pH가 높게 나타난 이유는 첨가량이 많은 강력분(pH 5.86)과 테프 분말(pH 6.13)의 pH 차이 때문인 것으로 생각된다.

반죽, 발효 반죽 및 식빵의 염도는 Table 3과 같다. 식빵에서 염분은 조미료로서 맛을 주고 발효를 통제하는 요인으로 반죽의 숙성을 위한 가스를 발생시킨다. 또한 잡곡의 번

식을 억제하여 이미와 이취를 막아준다. 식빵의 염도는 0.50~2.30%가 적당하다고 Shin과 Jung(1998)의 연구를 통해 알려져 있으며, 본 연구에서 식빵의 염도는 대조구가 0.80%으로 가장 높게 나타났으며, 첨가구는 T(0.10%) > TX, TGX(0.09%) > TG(0.04%) 순으로 나타났다고($p < 0.05$). 반죽과 발효 반죽 및 식빵의 당도는 TX가 1.10 °Bx로 가장 낮게 나타났으며, 다른 시료의 경우 1.27~1.40 °Bx로 유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$).

2. 수분함량과 굽기 손실률

식빵의 수분함량은 Table 4와 같다. Shin과 Jung(1998)은 수분이 재료를 균일하게 분산시키고, 영양분을 녹여 이스트에 제공하여 발효가 잘되게 해준다고 보고하였다. 또한, 밀가루 단백질과 결합해 글루텐을 형성하며, 전분을 팽윤시켜 식빵의 부드러움에 관여한다고 보고하였다. 수분함량은 대조구가 43.58%로 가장 높게 나타났으며, 첨가군은 41.82~42.07%로 시료 간에 유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$). Table 2에 나타난 gluten-free 식빵의 구성성분 각각의 수분함량은 9.94%에서 11.68%로 2.0% 미만의 작은 함량 차이가 나타나고, 식빵의 검류 첨가량이 크지 않아 gluten-free 식빵의 수분함량에는 큰 영향을 미치지 못한 것으로 생각된다. 이러한 결과는 헤미셀룰라아제와 선식분말을 첨가한 식빵에서도 대조구의 수분함량이 가장 높게 나타났다고 보고한 Yeom 등(2016)과 Jeon & Kim(2010)의 연구결과와 같은 경향을 나타내었다. 또한 Ahn과 Song(1999)은 식빵에서 수분함량이 높을수록 부드러운 조직감을 나타내게 된다고 보고하였으며, Kim(1994)은 노화 지연에도 긍정적인 영향을 미치게 된

Table 4. Moisture content and baking loss rate of gluten-free bread with teff flour

Samples	Moisture content (%)	Baking loss rate (%)
Con	43.58±0.89 ^{1)a}	6.64±0.00
T	41.82±0.21 ^b	7.27±0.01
TG	41.83±0.13 ^b	5.59±0.00
TX	41.48±0.10 ^b	6.22±0.01
TGX	42.07±0.43 ^b	6.38±1.93
<i>F</i> -value	9.64 ^{**}	1.52

Abbreviations: Con, T, TG, TX and TGX are same as Table 1.

¹⁾ Values are mean±standard deviation.

^{a-d} Different superscripts in same column indicate significant differences by Duncan's multiple range test.

** $p < 0.01$.

다고 보고하였다. 대조구보다 첨가군의 수분함량이 낮게 나타난 이유는 식빵 제조에 사용된 강력분(12.11%), 테프 분말(11.68%), 옥수수 전분(10.85%)이 주재료로 사용되어 각각의 수분함량 차이 때문으로 생각된다.

식빵의 굽기 손실률은 Table 4와 같다. Shin(2015)은 굽기 손실률은 반죽을 굽는 과정에서 열에 의해 조직이 팽창하면서 기공이 열리고 수분이 빠져나가 발생하게 된다고 보고하였다. 또한 굽기 손실률이 증가하게 되면 호화가 잘 되고, crust 색이 좋아지며, 손실률이 감소하게 되면 저장성이 증가한다고 Kim과 Yoo(2016)는 보고하였다. 본 실험에서 굽기 손실률은 5.59~7.27%로 T가 가장 높게 나타났으며, 시료 간 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p<0.05$).

3. 발효 팽창력

반죽의 발효 팽창력은 Table 5와 같다. 강력분에 함유된 글리아딘과 글루테닌은 반죽 내부의 수분을 흡수하며, 서로 결합하여 그물망의 글루텐이 형성되고, 점성과 탄성이 생긴다. 그물망 사이에 전분을 둘러싼 막은 CO₂를 보존하고, 발효과정에서 팽창이 발생하게 된다고 Shin과 Jung(1998)은 보고하였다. 그러나 본 연구에서의 모든 첨가군(17.84~54.11%)은 글루텐 함량이 0%이므로 대조구(108.89%)보다 낮은 발효 팽창력을 나타내었다. 이러한 결과는 식빵에 해나루쌀 분말을 첨가하여 발효 팽창력을 측정해, 본 결과 대조구보다 낮게 측정되어 본 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다(Ju & Lee, 2016). 첨가군의 발효 팽창력이 낮게 나타난 것은 Shin과 Jung(1998)이 보고한 바와 같이 글루텐의 CO₂ 보존작용이 첨가군에는 저해되었기 때문으로 생각된다. 첨

가군 내 발효 팽창력을 비교해 보면 T가 17.84%로 가장 낮게 측정되었으며, TG, TX, TGX가 28.89~54.11%로 검류를 첨가한 gluten-free 식빵의 발효 팽창력이 증가하는 것을 볼 수 있다. 이러한 결과는 검의 첨가로 인한 점성이 증가되어 식빵 반죽의 물성을 부여하고, 망상구조를 형성하여 발효 중 CO₂의 손실을 지연시켰기 때문이라는 Lee, Yoo과 Yoon(2013)의 연구결과와 같은 원인이라 생각된다. 이는 쌀가루에 잔탄검을 활용한 Lee 등(2013)의 연구와 메밀 가루에 잔탄검과 구아검을 활용한 Chung과 Kim(1998)의 연구결과와 유사하였다. TG와 TGX 처리구의 경우, 발효 30분과 20분 경과부터 28.89%와 51.52% 이상 발효 팽창력이 더 이상 증가하지 않았다. 이러한 결과는 발효 시간이 경과하면서 구아검의 저장 탄성률이 떨어지고(Chenlo, Moreira, & Silva, 2010), 설탕 첨가로 인해 점진적으로 점도가 감소했기 때문이라 생각된다(Carlson, & Ziegenfuss, 1965).

4. 색도

Gluten-free 식빵의 색도는 Table 6과 같다. Crust의 L 값은 31.97~42.13으로 시료 간 유의적인 차이가 없었으며($p<0.05$), 대조구의 a 값(8.61)과 b 값(10.78)은 첨가군보다 높게 나타났다. Crumb의 L 및 b값은 대조구가 64.34 및 10.64로 가장 높았으며, T가 33.84 및 5.67로 가장 낮았다. a 값은 TX가 5.71로 가장 높게 나타났으며, 대조구가 -1.84로 가장 낮게 나타났다. ΔE 값은 crust보다 crumb에서 색차의 값이 20이상 나타내어 대조구에 비해 매우 많은 차이(Very much)를 나타내었다. 이러한 결과는 테프 분말과 유사한 어두운 색의 시료를 활용한 찰흑미 분말 첨가 식빵(Lee, Kim, & Kim, 2007),

Table 5. Dough expansion by fermentation of gluten-free bread with teff flour

Samples	Fermentation ratio (%)					
	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min
Con	40.00±11.55 ^{1)a}	68.89±7.70 ^a	85.56±19.53 ^a	95.56±7.70 ^a	103.33±10.00 ^a	108.89±3.85 ^a
T	3.98±4.85 ^c	11.48±8.03 ^d	13.47±8.10 ^d	14.32±8.13 ^d	17.84±8.05 ^c	17.84±8.05 ^d
TG	13.33±3.33 ^{bc}	27.78±5.09 ^c	28.89±3.85 ^{cd}	28.89±3.85 ^c	28.89±3.85 ^c	28.89±3.85 ^c
TX	14.22±2.97 ^{bc}	32.60±2.33 ^c	41.85±1.67 ^{bc}	49.02±1.70 ^b	52.14±4.67 ^b	54.11±1.86 ^b
TGX	18.18±0.00 ^b	51.52±5.25 ^b	51.52±5.25 ^b	51.52±5.25 ^b	51.52±5.25 ^b	51.52±5.25 ^b
F-value	15.21 ^{***}	40.50 ^{***}	22.46 ^{***}	82.94 ^{***}	70.88 ^{***}	147.73 ^{***}

Abbreviations: Con, T, TG, TX and TGX are same as Table 1.

¹⁾ Values are mean±standard deviation.

^{a~d} Different superscripts in same column indicate significant differences by Duncan's multiple range test.

^{***} $p<0.001$.

Table 6. Hunter's values of gluten-free bread with teff flour

Samples	L	a	b	ΔE	
Crust	Con	42.13±4.57 ¹⁾	8.61±0.46 ^a	10.78±0.18 ^a	-
	T	31.97±0.45	6.22±0.22 ^{bc}	6.01±0.53 ^c	11.71±3.42 ^a
	TG	35.97±2.03	5.92±0.45 ^{bc}	5.62±0.80 ^{bc}	9.17±3.42 ^a
	TX	37.36±2.39	6.71±0.40 ^b	7.51±0.67 ^b	6.34±1.08 ^a
	TGX	39.90±6.05	5.79±0.60 ^c	6.60±0.62 ^c	8.00±3.51 ^a
	<i>F</i> -value	3.34	20.16 ^{***}	36.20 ^{***}	1.55
Crumb	Con	64.34±1.68 ^a	-1.84±0.12 ^c	10.64±0.85 ^a	-
	T	33.84±1.68 ^c	4.32±0.21 ^d	5.67±0.34 ^c	31.51±2.89 ^a
	TG	38.78±2.31 ^b	4.90±0.12 ^c	7.31±0.40 ^b	26.65±2.18 ^b
	TX	39.19±1.86 ^b	5.71±0.20 ^a	7.92±0.39 ^b	26.41±1.24 ^b
	TGX	37.38±0.88 ^b	5.25±0.11 ^b	7.63±0.30 ^b	28.05±2.30 ^{ab}
	<i>F</i> -value	148.54 ^{***}	1,190.91 ^{***}	38.76 ^{***}	3.33

Abbreviations: Con, T, TG, TX and TGX are same as Table 1.

¹⁾ Values are mean±standard deviation.

^{a-c} Different superscripts in same column indicate significant differences by Duncan's multiple range test.

** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

흑미 분말 첨가 식빵(Oh et al, 2001)의 색도측정 결과와 일치하였으며, 주재료인 강력분과 테프 분말 고유의 색에 따른 것으로 생각된다.

5. 조직감

Gluten-free 식빵의 조직감은 Table 7과 같다. 경도 측정 결과, TGX(16.00 N) > TX(13.22 N) > TG, T(6.89~8.13 N) > 대조구(2.87 N) 순으로 나타났다. 이와 같은 결과는 다양한 검류를 첨가한 쌀 식빵의 경도가 대조구보다 높다는 Kim,

Lee와 Lee(2016) 및 Lee 등(2013)의 연구 결과와 같은 경향을 나타내었다. 탄력성과 응집성은 대조구가 가장 높게 나타났으며, T 처리구의 응집성이 가장 낮게 나타난 것은 망상구조 형성에 관여하는 글루텐, 검류 등의 성분들이 첨가되지 않았기 때문이라 생각된다.

또한, 검류를 첨가한 TG(0.24), TX(0.51), TGX(0.40)의 응집성은 대조구보다 낮게 측정 되었으며, 이러한 결과는 테프 분말에 함유된 다량의 겨입자에 섬유소가 풍부하여 망상구조 형성을 억제하여 테프 전분의 응집을 방해한 것으

Table 7. Texture properties of gluten-free bread with teff flour

Samples	Hardness (N)	Springiness (mm)	Cohesiveness	Chewiness (N · mm)	Gumminess (N)
Con	2.87±0.53 ^{1)d}	0.84±0.00	0.71±0.05 ^a	1.73±0.43 ^b	2.06±0.51 ^b
T	8.13±0.70 ^c	0.79±0.26	0.15±0.06 ^c	0.91±0.23 ^b	1.27±0.62 ^b
TG	6.89±0.07 ^c	0.81±0.10	0.24±0.09 ^c	1.37±0.62 ^b	1.65±0.59 ^b
TX	13.22±1.28 ^b	0.74±0.02	0.51±0.03 ^b	4.96±0.65 ^a	6.70±0.72 ^a
TGX	16.00±0.53 ^a	0.71±0.05	0.40±0.08 ^b	4.58±1.04 ^a	6.37±1.09 ^a
<i>F</i> -value	152.41 ^{***}	0.52	35.01 ^{***}	25.73 ^{***}	40.10 ^{***}

Abbreviations: Con, T, TG, TX and TGX are same as Table 1.

¹⁾ Values are mean±standard deviation.

^{a-d} Different superscripts in same column indicate significant differences by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

*** $p < 0.001$.

로 판단된다. 씹힘성은 잔탄검을 첨가한 TX(4.69 N·mm)와 TGX(4.58 N·mm)에서 높게 측정되었으며, 대조구(1.73 N·mm) > TG(1.37 N·mm) > T(0.91 N·mm) 순으로 나타났다. 이러한 결과는 쌀식빵에 잔탄검의 첨가량이 증가할수록 씹힘성이 증가한다는 Kim 등(2016)과 Lee 등(2016)의 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 겉성의 경우, TX와 TGX가 6.37~6.701 N으로 잔탄검 첨가군이 높게 나타났으며, 대조구, T, TG는 1.27~2.06 N으로 시료간 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p < 0.05$). 따라서 잔탄검 성분은 구아검 성분보다 수분함량, 굵기손실률, 발효팽창력 및 조직감 특성에 많은 영향을 미치는 중요 성분이라 생각된다.

6. 소비자 기호도 조사

Gluten-free 식빵의 소비자 기호도 조사결과는 Table 8과 같다. 색도 측정 결과에서 대조구와 처리구 간 색도의 차이는 크게 나타났지만, 관능적 색은 6.00~6.41로 시료 간 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p < 0.05$). 이러한 결과는 Ko, Lee, Lee와 Kim(2009)이 보고한 바와 같이, 최근의 웰빙 트렌드에 따라 백색의 음식을 지향하고, 호밀과 같은 어둡고 정제되지 않은 거친 제빵 제품에 대한 긍정적인 인식이 작용한 것으로 판단된다. 관능적 짠맛과 향미는 5.35~5.82 및 5.41~5.82로 시료 간 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p < 0.05$). 테프는 고유의 발효취를 가지고 있어 향미에 부정적인 영향을 미칠 것이라고 예상하였으나, 제빵과정 중 마이야르 반응으로 생성된 특유의 구운 향이 긍정적 영향을 미쳤을 것이라고 생각된다. 이러한 결과는 제빵 첨가 재료의 특유 향이 식빵의 향미에 영향을 미치지 않았다고 보고한 Kim과 Lee(2008) 및 Choi와 Chung(2007)의 연구결과와 같은 경향을 보여주었다.

관능적 부드러움은 대조구가 7.06으로 가장 높게 나타났으며, 첨가군의 경우 TG(5.71) > TX(5.59) > TGX(5.41) > T(4.47) 순으로 대조구보다 낮은 관능적 척도를 나타내었다. 관능적 부드러움에 대한 대조구보다 처리구의 낮은 척도값은 테프 낱알의 크기가 매우 작아 거친 겨를 함유한 상태로 테프를 분말화하여 식빵에 첨가하였기 때문에 식빵의 입자가 거칠어졌을 것으로 생각된다. 이러한 결과는 거친 겨를 함유한 현미 분말 첨가 식빵이 대조구보다 관능적 척도값이 낮게 나타났다고 보고한 Jung, Sohn, Bae, & Kim(2010)의 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 관능적 단맛과 전체적인 기호도는 대조구가 처리군보다 높은 관능적 척도를 나타내었으나, 각각의 처리군에서는 TX 처리구가 가장 높은 관능적 척도를 나타내었다.

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 글루텐 알레르기인 셀리악 질병 환자와 소화기관이 약한 사람들을 위해 gluten-free 곡물로서 영양적 가치가 우수한 테프를 이용하여 식빵을 제조하였으며, 이화학적 품질 특성 및 소비자 기호도를 분석하였다. 강력분으로 제조한 식빵을 대조구로 제조하였으며, 테프 분말, 잔탄검, 구아검, 잔탄검 및 구아검을 혼합하여 T, TX, TG, TGX 등 총 5종류의 식빵을 제조하였다. 대조구와 첨가구 반죽의 pH는 5.22~5.75로 발효에 적합한 pH 범위였으며, 발효 후 5.15~5.59로 대조구와 첨가구 모두 감소하여 발효가 잘 이루어졌음을 알 수 있었다. 식빵의 pH는 대조구(5.77)가 첨가구(5.98~6.11)보다 유의적으로 낮게 나타났다($p < 0.05$). 식빵의 염도는 대조구가 0.80%로 가장 높게 나타났으며, 당도는 TX가 1.10 °Bx로 가장 낮게 나타났었다($p < 0.05$). 식빵

Table 8. Sensory properties of gluten-free bread with teff flour

Samples	Color	Salty taste	Flavor	Softness	Sweetness	Overall preference
Con	6.00±1.27 ¹⁾	5.82±0.95	6.35±1.37	7.06±1.43 ^a	6.24±1.20 ^a	6.65±1.00
T	6.41±1.77	5.41±0.80	4.76±1.68	4.47±1.87 ^c	4.94±0.75 ^b	5.35±1.66
TG	6.41±1.62	5.76±1.09	5.53±1.87	5.71±1.57 ^b	5.29±0.92 ^b	5.71±1.65
TX	6.29±1.40	5.76±0.90	5.53±1.55	5.59±1.42 ^{bc}	5.29±1.21 ^b	5.82±1.38
TGX	6.35±1.54	5.35±1.06	4.82±1.38	5.41±1.54 ^{bc}	4.88±1.32 ^b	5.35±1.27
F-value	0.21	0.90	2.85*	5.88**	4.12**	2.39

Abbreviations: Con, T, TG, TX and TGX are same as Table 1.

¹⁾ Values are mean±standard deviation.

^{a-c} Different superscripts in same column indicate significant differences by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

의 수분함량은 대조구가 43.58%로 가장 높게 나타났고, 굽기 손실률은 5.59~7.27%로 시료 간 유의적인 차이가 나타나지 않았다($p < 0.05$). 발효 팽창력의 경우, 대조구가 108.89%로 발효력이 가장 좋았다. 첨가구의 발효 팽창력을 비교한 결과, 잔탄검을 첨가한 TX와 TGX가 51.52~54.11%로 가장 높았으며, 검류를 첨가하지 않은 T는 17.84%로 가장 낮은 발효 팽창력을 나타내었다. Crust의 ΔE 값은 첨가구가 6.34~11.71로 많은(Much) 차이, crumb의 ΔE 값은 첨가구가 26.41~31.51로 매우 많은(Very much) 차이의 색차 척도값을 나타내어 crust보다 crumb의 색차 차이가 분명하였다. 조직감은 잔탄검 첨가구들이 경도, 응집성, 씹힘성 및 검성이 구아검 첨가보다 높게 나타났으며, 소비자 기호도 조사는 부드러움과 단맛에서 대조구가 높게 나타났으나, 관능적 색, 짠맛, 향미, 전반적인 기호도에서는 시료 간 유의적인 차이가 나타나지 않았다($p < 0.05$). 따라서 잔탄검을 첨가하여 테프 gluten-free 식빵을 제조하여도 기존의 식빵과 유사한 품질을 나타낼 것으로 기대되어지나, 잔탄검 첨가 시 발효 팽창력에서 대조구의 발효력보다 낮게 측정되어 이는 대조구와 비슷한 조직감을 얻기 어려운 문제점도 발견되었다. 추후에 구아검과 잔탄검이 아닌 다른 검류를 활용한 발효력 높은 gluten-free 테프 식빵 개발에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- AACC Method 10-50D. (1995). *Approved method of the AACC*. Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists Publishing.
- Abebe, Y., Bogale, A., Hambidge, M., Stoecker, B. J., Bailey, K., & Gibson, R. S. (2007). Phytate, zinc, iron and calcium content of selected raw and prepared foods consumed in rural sidama, southern ethiopia, and implications for bio-availability. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3-4), 161-168.
- Ahn, J. M., Song, Y. S. (1999). Physico - chemical and sensory characteristics of cakes added sea mustard and sea tangle powder. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 23(3), 534-541.
- AOAC. (1995). *Official method of analysis of AOAC intl*. Arlinton, USA: Association of Official Analytical Chemists Publishing.
- Korean Bakers Association. (1994). A special bread that emerges as a new theme. *Monthly bakery*, 11(1994), 45-63.
- Bourne, M. C. (1978). Texture profile analysis. *Food Technology*, 32(7), 62-72.
- Bultosa, G., Hall, A. N., & Taylor, J. (2002). Physico-chemical characterization of grain tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] starch. *Starch-Stärke*, 54(10), 461-468.
- Bultosa, G. (2016). *Encyclopedia of food grains (second edition)*. Amsterdam, Nederland: Elsevier Publishing.
- Campo, E., del Arco, L., Urtasun, L., Oria, R., & Ferrer-Mairal, A. (2016). Impact of sourdough on sensory properties and consumers' preference of gluten-free breads enriched with teff flour. *Journal of Cereal Science*, 67(2016), 75-82.
- Carlson, W. A., & Ziegenfuss, E. M. (1965). The effect of sugar on guar gum as a thickening agent. *Food Technology*, 19(6), 64-68.
- Chenlo, F., Moreira, R., & Silva, C. (2010). Rheological behaviour of aqueous systems of tragacanth and guar gums with storage time. *Journal of Food Engineering*, 96(1), 107-113.
- Choi, O. J., Jung, H. N., Shin, S. H., Kim, Y. D., Shim, J. H., & Shim, K. H. (2015). Quality characteristics of gluten-free rice bread formulated with soft-type rice flour mixed with black-rice flour. *The Korean Journal of Community Living Science*, 26(3), 447-456.
- Choi, S. N., & Chung, N. Y. (2007). The quality characteristics of bread with added buckwheat powder. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 23(5), 664-670.
- Chung, J. Y., & Kim, C. S. (1998). Development of buckwheat bread: 2. Effects of vital wheat gluten and water-soluble gums on baking and sensory properties. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 14(2), 10-16.
- Cummins, A. G., & Roberts-Thomson, I. C. (2009). Prevalence of celiac disease in the asia-pacific region. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 24(8), 1347-1357.
- Hager, A., Wolter, A., Jacob, F., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2012). Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 239-247.
- He, H., & Hosoney, R. C. (1992). Effect of quantity of wheat flour protein on bread loaf volume. *Cereal Chemistry Journal*, 69(1), 17-19.

- Jeon, Y. S., & Kim, M. W. (2010). Quality characteristics of white pan bread added with sunsik powder. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, 20(2), 299-306.
- Joung, K. Y., Song, K. Y., O, H. B., Zhang, Y. Y., Shin, S. Y., & Kim, Y. S. (2017). Study on the quality characteristics and retarding retrogradation of pound cakes containing teff (*Eragrostis tef*) flour. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, 27(1), 41-49.
- Jin, H. J., & Kim, C. S. (2015). Analysis for factors on buying decision making by female college and graduate students toward gluten-free food. *Korean Journal of Food Marketing Economics*, 32(1), 1-29.
- Ju, H. W., & Lee, K. S. (2016). Quality characteristics of white pan bread with haenaru rice flour. *Culinary Science & Hospitality*, 22(2), 44-56.
- Jung, I. C., Sohn, H. Y., Bae, J. H., & Kim, K. J. (2010). Quality characteristics of white pan bread containing brown rice fermented with *Phellinus linteus*. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, 20(3), 445-451.
- Kang, T. Y., Choi, E. H., Jo, H. Y., Yoon, M. R., Lee, J. S., & Ko, S. H. (2013). Effects of Japonica type rice cultivar on quality of gluten-free rice bread. *Food Engineering Progress*, 17(4), 305-310.
- Kang, T. Y., Choi, E. H., Jo, H. Y., Yoon, M. R., Lee, J. S., & Ko, S. H. (2014). Effects of rice flour particle size on quality of gluten-free rice bread. *Food Engineering Progress*, 18(4), 319-324.
- Kim, C. S. (1994). The role of ingredients and thermal setting in high - ratio layer cake systems. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 23(3), 520-529.
- Kim, D. Y., & Yoo, S. S. (2016). Quality characteristics of bread added with *gochujang*. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, 26(2), 99-108.
- Kim, W. M., & Lee, Y. S. (2008). A study on the antioxidant activity and quality characteristics of pan bread with waxy black rice flour and green tea powder. *Culinary Science & Hospitality*, 14(4), 1-13.
- Kim, Y. H., Lee, J. H., & Lee, S. K. (2016). Effects of hydrocolloids on quality characteristics of bread with rice flour. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 45(9), 1324-1332.
- Knispel, G. (1991). Factors affecting the process of color matching restorative materials to natural teeth. *Quintessence International*, 22(7), 525-531.
- Ko, S. H., Lee, Y. L., Lee, K. Y., & Kim, H. Y. (2009). A study on the purchasing pattern and consumer's selection factor of healthy breads. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, 19(4), 515-524.
- Lee, K. S., & Park, G. S. (2015). Quality characteristics of bread containing sourdough using various grain flours. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 31(3), 264-279.
- Lee, Y. J., Yoo, H. J., & Yoon, W. B. (2013). Effect of rice flour and xanthan gum on quality characteristics of bread. *Journal of Agricultural, Life and Environmental Sciences*, 25(1), 22-29.
- Lee, Y. S., Kim, W. M., & Kim, T. H. (2007). A study on the rheological and sensory properties of bread added waxy black rice flour. *Korean Journal of Food and Cookery Science*, 23(3), 337-345.
- López-Ahumada, G. A., Ramírez-Wong, B., Torres-Chávez, P. I., Bello-Pérez, L. A., de Dios Figueroa-Cárdenas, J., Garzón-Tiznado, J. A., & Gomez-Aldapa, C. A. (2010). Physicochemical characteristics of starch from bread wheat (*Triticum aestivum*) with "yellow berry". *Starch-Stärke*, 62(10), 517-523.
- Mekonnen, M., Martin, Z., & Thomas, B. (2014). Teff (*Eragrostis tef*) as a raw material for malting, brewing and manufacturing of gluten-free foods and beverages a review. *Journal of Food Science and Technology*, 51(11), 2881-2895.
- Moore, M. M., Heinbockel, M., Dockery, P., Ulmer, H. M., & Arendt, E. K. (2006). Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. *Cereal Chemistry Journal*, 83(1), 28-36.
- Nimeroff, I., (1996). *Colorimetry: National bureau of standards monograph*. p 104.
- Oh, Y. A., Kim, M. H., & Kim, S. D. (2001). Fermentation of dough and quality of bread with Korean pigmented rice. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*, 11(6), 498-505.
- Park, H. S. (2014). *Influence of fermented teff(Eragrostis tef) flour and its nitrification on the preparation of instantized injera - A traditional ethiopian staple food* (Doctoral dissertation). Sookmyung Women's University.
- Shewry, P. R., Tatham, A. S., Barro, F., Barcelo, P., & Lazzeri,

- P. (1995). Biotechnology of breadmaking: Unraveling and manipulating the multi-protein gluten complex. *Biotechnology*, 13(11), 1185-1190.
- Shin, G. (2015). Quality characteristics of *Lycii fructus* powder added sponge cake. *Culinary Science & Hospitality*, 21(6), 63-75.
- Shin, G. M., & Jung, J. W. (1998). A study on the utilize of materials of bread. *Culinary Science & Hospitality*, 4, 389-411.
- Yeom, K. H., Bing, D. J., Kim, M. Y., & Chun, S. S. (2016). Effects of hemicellulase on white bread added with brown rice fiber. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 45(3), 352-359.

2017년 03월 13일 접수
2017년 03월 29일 1차 논문수정
2017년 04월 06일 논문 게재확정