

테프(*Eragrostis tef*) 분말을 첨가하여 제조한 글루텐프리 면의 품질 특성과 검의 상관관계

정기영 · 송가영 · 오현빈 · 신소연 · †김영순
고려대학교 식품영양학과

Effects of Gum on Quality Characteristics of Gluten-free Noodles prepared with *Eragrostis tef* Flour

Ki Youeng Joung, Ka-Young Song, Hyeonbin O, So Yeon Shin and †Young-Soon Kim

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

Abstract

As the consumption of wheat has increased recently, the number of people who have digestive problems resulting from gluten in wheat has also increased. Teff has an attractive nutritional profile, as it not only gluten-free but also high in dietary fiber, protein, iron, and calcium. Seven samples were prepared for this study. The quality characteristics of gluten-free noodles were evaluated based on pH, salinity, water absorption, turbidity, color, texture properties, tensile strength, and SEM. The pH value was the highest in TF100 with a pH of 6.66 and the lowest in the control with a pH of 6.42. Salinity showed no significant difference among all samples, and it ranged from 0.02~0.04% ($p<0.05$). Water absorption was the highest in TFX with a value of 66.11%, and the lowest in the control with a value of 44.81%. Turbidity showed no significant difference among all samples, and it ranged from 0.14~0.21 O.D. ($p<0.05$). While the lightness and yellowness values decreased with an increase in teff flour content, the redness value tended to decrease. The color difference value was the highest in the sample group without gluten. Based on the texture profile analysis, the hardness was highest in the control with a value of 46.74 N and lowest in TF100 with a value of 18.34 N. The springiness showed no significant difference among all samples. The cohesiveness was highest in the control with a value of 0.92 N. The chewiness decreased with an increase in teff flour content. Although the control with gluten had the highest tensile strength at 3.42 kg/cm², TFX had considerable tensile strength at 2.30 kg/cm². This study demonstrated the processability of gluten-free noodles using teff flour.

Key words: gluten-free, gum, noodle, teff, texture properties

서 론

2015년 국민건강영양조사 결과, 주식으로서 쌀의 소비는 점차 감소 추세에 있으며, 면류는 백미에 이어 중요한 탄수화물 공급원인 것으로 나타났다(KCDC 2016). 식품공전에 의하면 면류는 곡분 또는 전분 등을 주 원료로 하여 성형, 열처리, 건조 등을 한 것으로 국수, 냉면, 당면, 유탕면류, 파스타류를 말한다(MFDS 2016). 국민 1인당 면류의 소비는 연간 약 13.3

kg(라면: 9.2 kg, 일반 면류: 4.1 kg) 수준으로 면은 전 국민이 자주 섭취하는 식품이다(KAFTC 2015). 이처럼 면류의 소비는 증가 추세에 있으며, 다소비식품으로 한국인의 식생활에 중요한 위치를 차지하고 있다.

면류의 주 원료인 밀가루는 회분 0.2~0.6%, 지방 0.5~1.2%, 수분 9~13%, 단백질 10~14%로 구성되어 있다(Song 등 1998). 밀 단백질 속 글루텐은 신장성과 인장성 향상에 관여하며, 밀 가루를 활용한 식품에 중요한 성분이다(Shewry 등 1995). 하

† Corresponding author: Young-Soon Kim, Dept. of Food and Nutrition, Korea University, Seoul 02841, Korea. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9223-4039>, Tel: +82-2-3290-5638, Fax: +82-2921-7207, E-mail: kteresa@korea.ac.kr

지만 HLA-DQ2 유전자를 보유한 사람들이 글루텐을 섭취하게 되면 소장 점막 세포에 염증이 발생하게 되어 용모가 손상되는 셀리아병이 유발한다고 알려져 있다(Moore 등 2006). 유전질환인 셀리아병은 비유전적인 원인으로도 발병되며, 이는 밀 소비와 연관성이 있다고 발표되었다(Cummins & Roberts-Thomson 2009). 우리나라의 밀 소비량은 연간 75~150 kg으로 상당량을 소비하고 있기 때문에, 셀리아병으로부터 안전하다고 할 수 없다. 셀리아병의 발병 가능성의 증가와 함께 국내 소비자들에게 글루텐이 알레르기를 유발한다는 인식의 증가와 건강에 좋다거나 다이어트에 좋다는 인식이 확산되면서 글루텐프리 시장은 빠른 성장세를 보이고 있다. 나아가, 2011년 11월에 식품의약품안전처에서 국제기준과의 조화를 이루고, 글루텐에 민감한 소비자와 만성소화장애 환자 등의 식품 선택을 돕기 위하여 글루텐 함량이 20 mg/kg 이하인 제품의 경우, 글루텐프리 식품 표시를 할 수 있는 표시기준을 고시하였다(MFDS 2011).

한편, 테프(*Eragrostis tef*)는 조와 수수처럼 크기가 작고, 글루텐이 없는 고대 곡물의 한 종류이다. 기후와 고도에 상관없이 잘 자라고, 밀, 보리, 옥수수, 수수보다 병충해에 강한 것으로 보고되었다(Bultosa G 2016). 에디오피아에서의 생산량은 2013~2014년 기준 376만 톤이며, 미국과 네덜란드 등 일부 국가에서 재배되고 있다(Bultosa G 2016). 테프의 영양 성분은 단백질이 높고, 불포화 지방산과 미네랄이 풍부하며(Abebe 등 2007, Hager 등 2012), ferulic acid, protocatechuic acid, gentisic acid, vanillic acid, syringic acid, coumaric acid, cinnamic acid 등 다양한 폴리페놀 화합물들이 있어 항산화 효과가 높다고 알려져 있다(Mekonnen 등 2014). 테프는 영양가가 높고 글루텐이 없어 소화 기관이 약하거나, 셀리아병이 있는 사람들이 먹기 좋은 곡물이다.

국내의 글루텐프리 식품에 관한 연구로는 흑미 쌀 가루를 연질미와 배합한 글루텐프리 쌀 식빵(Choi 등 2015), 쌀 가루의 입자크기를 달리한 글루텐프리 쌀 식빵(Kang 등 2014), 음나무 잎 쌀 쿠키(Lee & Jin 2015), 호화 쌀 가루 쿠키(Lee & Lim 2013), 전분을 첨가한 글루텐프리 쌀 파스타(Jung & Yoon 2017) 등 글루텐프리 식품에 대한 연구 대부분이 쌀을 이용한 연구로 한정되어 있으며, 글루텐프리 면제조에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 기능성 물질이 다량 함유되어 있고, 글루텐이 없는 테프 분말을 이용하여 글루텐프리 면을 제조하였다. 하지만, 글루텐이 없는 원료로 제면할 경우에 반죽의 신장성 저하로 면의 끊어짐 현상이 발생하게 되어 제면 성형 공정에 어려움을 갖게 된다. 이와 같은 신장성 저하로 인한 성형불량과 품질을 보완하고자 검류 중 빠른 수화로 인해 높은 점성을 갖는 구아검(Mudgil 등 2011)과 나선구조를 형성하며, 강한 점성을 갖는 잔탄검(Katzbauer

B 1997)을 첨가하여 테프를 활용한 글루텐프리 테프 면을 제조하였다. 검류의 첨가에 따른 글루텐프리 면의 구체적인 텍스처 특성을 규명하고, 향후 글루텐프리 면 상품 개발 및 연구에 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

면 제조용 재료는 강력분(CJ Cheiljedang Co., Ltd, Seoul, Korea), 테프(Chowonherb Co., Ltd, Seoul, Korea), 전란분말(Garunara Co., Ltd, Seoul, Korea), 소금(Chungjungone Co., Ltd, Seoul, Korea), 올리브유(Costa d'Oro Spa, Perugia, Italy), 구아검(Lotus Gums & Chemicals Co., Ltd, Jodhpur, India), 잔탄검(Deosen Biochemical Co., Ltd, Shandong Sheng, China)을 사용하였다. 테프는 동결건조기(FD8508, Ilshin Biobase Co., Ltd, Gyeonggi, Korea)를 이용하여 -40°C 이하에서 24시간 건조하여 고속 분쇄기(RT-04, Hung Chuan Machinery Enterprise Co., Ltd, Taipei, Taiwan)로 분쇄하고, 40 mesh 체(Testing sieve, Chunggye Industrial MFG Co., Seoul, Korea)에 통과하여 면 제조에 사용하였다.

2. 테프 분말을 첨가한 글루텐프리 면의 제조

글루텐프리 면의 재료 배합 비율은 예비 실험을 진행하여 Table 1과 같은 조성비율로 선정하였다. 제조 방법은 Fig. 1과 같다. 반죽기(Chef classic KM400, Kenwood, Havant, England)에 마른 재료를 넣고, 40 rpm에서 1분, 올리브 오일을 넣고 40 rpm에서 1분, 증류수를 넣고 79 rpm에서 4분 동안 반죽하였다. 완성된 반죽을 숙성기(Digital fermentor, Goldbread, Gyeonggi, Korea)로 4°C 에서 60분 숙성하였다. 숙성된 반죽을 제면기(벤엘전자, BE-8500, Gyeonggi, Korea)를 이용하여 5번 밀어낸 후, 50 g씩 나누어 두께 2 mm, 넓이 5 mm로 제면하여 500 mL의 끓는 물에서 2분 동안 익혔다. 익은 면은 4°C 찬물에서 1분 동안 식혀준 후, 체에 받쳐 2분 동안 물기를 제거하여 시료로 사용하였다.

3. 테프 분말과 밀가루 비교

1) 수분함량, 수분결합능력, pH 및 염도

수분함량 측정은 각각의 분말 10 g을 moisture analyzer(MB35, OHAUS, Zurich, Switzerland)에 넣어 무게가 변하지 않을 때까지 105°C 에서 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

수분결합능력은 Medcalf and Gilles(1965)가 사용한 방법을 응용하여 측정하였다. 각각의 분말 1 g과 증류수 20 mL를 혼

Table 1. Formulas for gluten-free noodle using teff flour

Ingredient (g)	Control	TF25	TF50	TF75	TF100	TFG	TFX
Wheat flour	100	75	50	25	0	0	0
Teff flour	0	25	50	75	100	100	100
Dry egg powder	10	10	10	10	10	10	10
Salt	1	1	1	1	1	1	1
Olive oil	1	1	1	1	1	1	1
Distilled water	60	60	60	60	60	60	60
Guar gum	0	0	0	0	0	2	0
Xanthan gum	0	0	0	0	0	0	2

¹⁾ Control: No teff flour added.

TF25: 25 g teff flour per 100 g flour.

TF50: 50 g teff flour per 100 g flour.

TF75: 75 g teff flour per 100 g flour.

TF100: 100 g teff flour per 100 g flour.

TFG: 2 g guar gum per 100 g teff flour.

TFX: 2 g xanthan gum per 100 g teff flour.

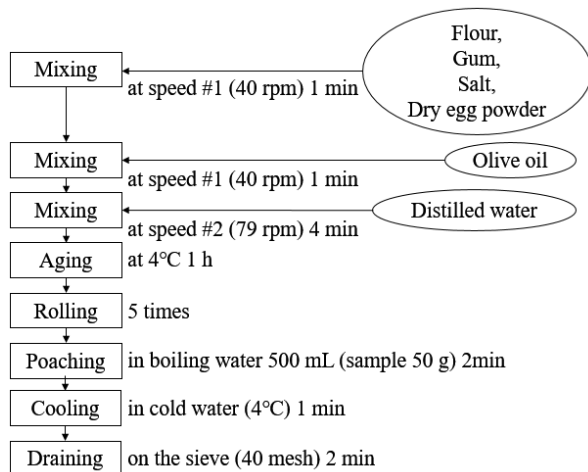


Fig. 1 Manufacturing process for gluten-free noodle using teff flour.

합하여 25°C에서 magnetic stirrer (PC-420, Corning, Newyork, USA)로 30분간 교반하고, 원심분리(Universal 32R, Hettich, Tuttlingen, Germany)로 3,000 rpm (1,000 g)에서 20분간 하였다. 원심분리한 상등액을 제거하고, 침전물의 무게를 측정하여 처음 시료량과 중량비로 계산하였다. 각 3회 반복 측정하여 아래 공식에 따라 계산한 후, 평균값을 구하였다.

$$\text{수분결합능력(\%)} = \frac{\text{침전 후 시료 무게(g)}}{\text{처음 시료 무게(g)}} \times 100$$

pH는 AOAC (1995)에 따라 측정하였다. 각각의 분말 10 g을 취하여 100 mL 비커에 넣고, 증류수 90 mL를 가하여

homogenizer(Unidrive1000D, CAT M. Zipperer GmbH, Staufen, Germany)로 1분간 균질화한 후, Whatman No. 1으로 여과하였다. 여과한 시료를 pH meter(SP-701, Suntex Instruments Co., Ltd, Taipei, Taiwan)로 3회 반복 측정된 값의 평균을 구하였다.

염도는 pH 측정과 같은 방법으로 시료를 준비하여 salt meter(NS-3P, Merbabu trading Co., Ltd, Osaka, Japan)로 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

2) 용해도와 팽윤력

용해도와 팽윤력은 Leach method(Heny 등 2015)와 Kainuma method(Heny 등 2015)를 응용하여 온도에 따라 변화하는 용해도와 팽윤력을 측정하였다. 용해도와 팽윤력은 50 mL 원심분리관에 시료 0.5 g과 증류수 30 mL를 가한 후, shaking water bath(BS-20, Jeio Tech, Seoul, Korea)에서 50, 60, 70 및 80°C 다른 온도마다 30분 간 진탕하여 8,000 rpm(7,400 g)에서 20분 간 원심분리(Universal 32R, Hettich, Tuttlingen, Germany)하였다. 원심분리 후, 침전물의 무게를 구하고, 상등액은 forced convection oven(OF-22GW, Jeio Tech, Seoul, Korea)으로 105°C에서 12시간 건조하여 고형분을 얻었다. 각 3회 반복 측정하여 아래 공식에 따라 계산한 후, 평균값을 구하였다.

$$\text{용해도(\%)} = \frac{\text{상등액을 건조한 고형물의 무게(g)}}{\text{처음 시료 무게(g)}} \times 100$$

$$\text{팽윤력(\%)} = \frac{\text{원심분리 후의 무게(g)}}{\text{처음 시료 무게(g)} \times (100 - \text{고형분})} \times 100$$

4. 테프 분말을 첨가한 글루텐프리 면의 품질 특성

1) pH와 염도

pH는 AOAC(1995)에 따라 측정하였다. 각각의 분말 10 g을 취하여 100 mL 비커에 넣고, 증류수 90 mL를 가하여 homogenizer(Unidrive1000D, CAT M. Zipperer GmbH, Staufen, Germany)로 1분 간 균질화 후, Whatman No. 1으로 여과하였다. pH meter(SP-701, Sontex Instruments Co., Ltd, Taipei, Taiwan)를 여과한 시료에 담가 3회 반복 측정 후, 평균값을 구하였다.

염도는 pH 측정과 같은 방법으로 시료를 준비하여 salt meter(NS-3P, Merbabu trading Co., Ltd, Osaka, Japan)를 이용하여 3회 반복 측정 후, 평균값을 구하였다.

2) 수분흡수율과 조리수의 탁도

수분흡수율과 조리수의 탁도는 Park and Cho(2006)의 방법을 사용하여 측정하였다. 수분흡수율은 각 3회 반복 측정하여 아래 공식에 따라 계산한 후, 평균값을 구하였다. 조리수의 탁도는 삶은 면을 건져낸 물을 25°C에서 냉각하여 ELISA 흡광리더기(Apollo11LB913, Berthhold technologies Co., Ltd, Bad Wildbad, Germany)를 사용하여 675 nm에서 측정하였다.

$$\text{수분흡수율(\%)} = \frac{\text{조리면의 중량(g)} - \text{생면의 중량(g)}}{\text{생면의 중량}} \times 100$$

3) 색도

색도는 색차계(CR-400, Konica Minolta, Tokyo, Japan)로 명도(L값), 적색도(a값), 황색도(b값)를 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였으며, 총 색차값(ΔE 값)은 Knispel G(1991)의 방법을 참고하여 아래 공식에 따라 계산한 후, 평균 값을 구하였다.

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

시료 간의 총 색차값(ΔE 값)의 차이는 미국 국립표준 NBS unit(Temel & Idil 2008)의 색차등급에 따라 대조구를 기준으로 ΔE 값을 6단계로 나누어, 0~0.5: 미미한(trace), 0.5~1.5: 근소한(slight), 1.5~3.0: 현저한(noticeable), 3.0~6.0: 상당한(appreciable), 6.0~12.0: 많은(much), 그리고 12.0 이상: 매우 많은(very much)으로 구분하여 표기하였다.

4) 조직감과 인장강도

조직감은 Jeong 등(2008)의 방법을 이용하여 texture analyzer(Compac-100 II, Sun Scientific, Tokyo, Japan)로 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness) 및 씹힘성(chewiness)을 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다. 조리한 생면 가닥을 각각 5개씩 platform에 올려놓고, No. 1 probe(ϕ 20 mm)로

pre-test speed 1.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s, post-test speed 1.0 mm/s, strain 50%, trigger force 1.0 g, maximum force 1 kg의 조건으로 설정하여 two bite compression test를 3회 반복진행하여 평균값을 구하였다.

인장강도는 Nam 등(2015)의 방법을 이용하여 texture analyzer(Compac-100 II, Sun Scientific, Tokyo, Japan)로 측정하였다. 조리한 생면 가닥을 tensile rig에 감아 늘렸을 때 가해지는 힘의 양을 pre-test speed 1.0 mm/s, test speed 7.0 mm/s, post-test speed 1.0 mm/s, distance 100 mm의 조건에서 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

5) 미세구조

조리면을 3×3×2 mm로 절단한 뒤 -40°C 이하에서 24시간 동결건조하여(FD8508, Ilshin Biobase Co., Ltd, Gyeonggi, Korea) 미세구조 측정에 사용하였다. Coater(Super coater 108 auto, Cressington Scientific Instruments, Liverpool, England)를 이용하여 전류 10 mA에서 120초 동안 금으로 코팅하여 scanning electron microscope(JSM-6701F, Jeio Tech, Seoul, Korea)로 시료의 단면을 200배 배율에서 관찰하였다.

5. 통계처리

통계처리는 다중범위검정(Duncan's multiple range test)과 분산분석(ANOVA)을 SPSS(IBM SPSS Statistics 23, International Business Machines Corporation, New York, USA)로 처리하여 시료 간 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 테프 분말과 밀가루 비교

1) 수분함량, 수분결합능력, pH 및 염도

테프 분말과 밀가루의 수분함량, 수분결합능력, pH 및 염도 비교 결과는 Table 2와 같이 나타났다. 수분함량은 밀가루가 12.11%로 테프 분말 11.68%보다 수분함량이 높게 측정되었지만, 테프 분말이 밀가루보다 수분결합능력이 약 2% 정도 높게 나타났다. Nam 등(2015)과 Niu 등(2014)은 식이섬유의 함량이 높을수록 전분 입자 크기가 작을수록 수분결합능력이 높아진다고 보고하였다. 테프 분말(3 g/100 g)이 밀가루(2 g/100 g)보다 식이섬유 함량이 높고, 테프 분말(2.0~6.0 μ m)이 밀가루(6.5~19.5 μ m)보다 전분의 크기가 작다고 알려져 있다(Gebremariam 등 2014, Bultosa G 등 2002). 테프 분말의 식이섬유와 전분의 입자 크기가 수분결합능력을 높인 것으로 여겨진다. pH는 밀가루가 pH 5.86, 테프 분말이 pH 6.13으로 나타났다, 염도는 차이가 나지 않았다.

Table 2. Moisture content, water binding capacity, pH and salinity of wheat flour & teff flour

Properties	Wheat flour	Teff flour
Moisture content (%)	12.11±0.10 ¹⁾	11.68±0.13
Water binding capacity (%)	10.44±0.21	12.63±0.79
pH	5.86±0.00	6.13±0.01
Salinity (%)	0.05±0.00	0.06±0.00

1) Values are mean±standard deviation.

2) 용해도와 팽윤력

테프 분말과 밀가루의 용해도와 팽윤력은 Table 3과 같이 나타났다. 테프 분말과 밀가루 모두 용해도에선 온도변화에 따라 유의적인 변화는 없었다($p<0.05$). 50℃에서 밀가루의 팽윤력은 테프 분말보다 높게 나타났지만, 60, 70 그리고 80℃에서는 테프 분말이 밀가루보다 높게 나타났다. 테프 분말이 밀가루보다 수분과 친화성이 높은 것으로 생각되며, 이는 수분흡수능력이 뛰어난 섬유소 함량과 수분결합능력에 영향을 주는 전분의 입자 크기가 다르기 때문인 것으로 여겨진다. 이와 같은 결과는 섬유소가 높은 시료를 활용한 Cheon 등 (2016)과 Park MS(2015)의 연구와 전분의 입자 크기가 작은 시료를 활용한 Nam 등(2015)의 연구에서 유사하게 나타났다.

2. 테프 분말을 첨가한 글루텐프리 면의 품질 특성

1) pH와 염도

pH는 Table 4와 같이 나타났다. 테프 분말 첨가량 증가와 함께 pH 6.42~6.66으로 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 이와 같은 결과는 주재료인 테프 분말(pH 6.13)과 밀가루(pH 5.86)의 pH 차이에서 기인하였다. 이는 밀가루보다 pH가 높은 시료를 첨가한 해나루쌀(Ju & Lee 2016), 메밀(Choi & Chung 2007), 흑미(Oh 등 2001) 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 검을 첨가한 TFG와 TFX는 pH 6.53~6.54로 유의적인 차이가 없었다($p<0.05$). 글루텐프리 면인 TF100(pH 6.66), TFG(pH 6.54)와 TFX(pH 6.54)를 비교하면, 검 첨가구에서 pH가 낮게 측정되었는데, 이 이유는 잔탄검(pH 5.83)과 구아검(pH 5.89)의 낮은 pH 때문으로 판단된다. 염도는 Table 4와 같이 나타났다. 대조구와 첨가구 모두 0.02~0.04%로 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p<0.05$).

2) 수분흡수율과 조리수의 탁도

수분흡수율은 Table 5와 같이 나타났다. 수분흡수율은 시료와 수분과의 친화성을 나타내는 지표이며(Cheon 등 2016), 식이섬유의 함량이 높을수록, 전분 입자 크기가 작을수록 수

Table 3. Solubility and swelling power with different temperature of wheat flour & teff flour

Properties	Temperature (°C)	Wheat flour	Teff flour
Solubility (%)	50	0.17±0.03 ^{1)NS}	0.14±0.08 ^{NS}
	60	0.21±0.07	0.12±0.10
	70	0.24±0.04	0.12±0.07
	80	0.26±0.07	0.17±0.09
Swelling power (%)	50	5.50±1.14 ^{e2)}	3.91±0.07 ^d
	60	4.39±0.04 ^d	6.92±0.41 ^c
	70	7.20±0.09 ^b	8.65±0.11 ^b
	80	9.34±0.09 ^a	10.59±0.14 ^a

1) Values are mean±standard deviation.

2) Alphabets with different superscripts in the same column indicate significant difference by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

^{NS} Not significant.

Table 4. pH and salinity of gluten-free noodle using teff flour

Properties	Control	TF25	TF50	TF75	TF100	TFG	TFX
pH	6.42±0.02 ^{1)e2)}	6.44±0.01 ^c	6.48±0.02 ^d	6.49±0.01 ^{cd}	6.66±0.01 ^a	6.54±0.01 ^b	6.53±0.04 ^{bc}
Salinity (%)	0.03±0.00 ^{NS}	0.04±0.00	0.04±0.00	0.03±0.00	0.02±0.00	0.04±0.00	0.03±0.00

1) Values are mean±standard deviation.

2) Alphabets with different superscripts in the same row indicate significant difference by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

^{NS} Not significant.

Table 5. Water absorption of gluten-free noodle and turbidity of cooking water using teff flour

Properties	Control	TF25	TF50	TF75	TF100	TFG	TFX
Water absorption (%)	44.81±4.98 ^{1)d2)}	48.25±3.33 ^{cd}	54.77±7.41 ^{bcd}	56.98±9.43 ^{abc}	58.12±4.40 ^{abc}	61.44±4.96 ^{ab}	66.11±3.48 ^a
Turbidity of cooking water (O.D.) ³⁾	0.21±0.03 ^{NS}	0.17±0.09	0.13±0.00	0.18±0.00	0.18±0.02	0.20±0.01	0.14±0.01

¹⁾ Values are mean±standard deviation.

²⁾ Alphabets with different superscripts in the same row indicate significant difference by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).

³⁾ O.D.: optical density at 675 nm.

^{NS} Not significant.

분 흡수율이 높아지는 것으로 알려져 있다(Niu 등 2014, Nam 등 2015). 테프 분말 속엔 섬유소가 100 g당 약 3 g 정도로 밀가루보다 많으며(Gebremariam 등 2014), 테프 전분의 입자 크기(2.0~6.0 μm)는 밀 전분(6.5~19.5 μm)보다 작다(Sebecic & Sebecic 1995, Bultosa G 등 2002). 또한, 테프 분말이 밀가루보다 수분결합능력이 높았고, 팽윤력에서도 차이를 보였기 때문에, 면을 제조할 경우에 수분흡수율이 대조구보다 높아질 것이라고 예상하였다. 수분흡수율 측정 결과는 예상했던 것처럼 44.81~58.12%로 테프 분말 첨가량에 따라 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 이는 식이섬유의 함량이 높은 삼채 분말을 첨가한 생면(Cheon 등 2016)과 참죽 분말을 첨가한 국수(Park MS 2015), 입자크기가 작은 전분을 첨가한 글루텐프리 쌀 파스타(Jung & Yoon 2017), 식이섬유의 함량이 높고, 입자크기가 작은 난소화성 말토덱스트린을 첨가한 글루텐프리 면(Nam 등 2015)과 유사한 결과를 나타내었다. TF100의 높은 수분흡수율은 테프 분말의 섬유소의 함량 차이와 전분의 입자크기 차이 때문인 것으로 판단된다. 글루텐프리 면인 TF100(58.12%), TFG(61.44%)와 TFX(66.11%)를 비교하면, 검 첨가구에서 수분흡수율이 유의적으로 높게 측정되었다($p<0.05$). 이는 검 무첨가구의 수분흡수율이 61.3%인 것과 비교 시 잔탄검의 첨가량이 1~7%로 많아질수록 수분흡수율이 63.4~70.4%로 증가한 잔탄검을 첨가한 글루텐프리 쌀 면(Cai 등 2016)의 연구 결과와 유사하였다. 이와 같은 결과는 Mudgil 등(2011)과 Katzbauer B(1997)의 연구에서 보고된 검류 특유의 높은 수분 보유력 때문인 것으로 여겨진다. Mudgil 등

(2011)의 연구에 따르면 구아검 분자의 다량의 수산기가 수분을 잡아 식품에 적용하여 고수분 식품을 제조할 수 있으며, Katzbauer B(1997)는 잔탄검이 자유수를 보유하는 능력이 식품에 안정성 향상에 도움이 될 수 있다고 보고하였다.

조리수의 탁도는 Table 5와 같이 나타났다. 탁도는 조리 중 고형분의 손실 정도를 나타낸다(Jeong 등 2008). 테프 분말이 밀가루보다 용해성이 낮게 나타나, 탁도가 낮을 것으로 예상하였지만, 대조구보다 첨가구에서 탁도가 낮게 나타나는 경향을 보였지만, 유의적인 차이는 없었다($p<0.05$). 이는 첨가량이 증가할수록 탁도가 높아지는 경향을 나타낸 발아 검은색 퀴노아 분말을 활용한 국수(Seol & Sim 2017)와 마늘 분말을 첨가한 생면(Jeong 등 2008)의 연구결과와 다르게 나타났다. Seol & Sim(2017)과 Jeong 등(2008)은 탁도 증가의 원인을 전분이 충분히 결합하지 못한 것과 생리활성 성분들의 용출에 기인하는 것으로 낮을수록 좋다고 보고하였다. 이와 같은 결과로 미루어볼 때, 테프 분말을 첨가한 면은 다른 시료를 활용한 면보다 품질이 좋은 것으로 생각된다.

3) 색도

색도 측정 결과는 Table 6과 같다. L 값은 대조구가 74.46으로 가장 높게 나타났으며, 첨가구는 49.78~34.87로 테프 분말 첨가량에 따라 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 대조구의 a 값은 -1.08로 3.59~4.96인 첨가구보다 유의적으로 낮게 나타났고, b 값은 21.11로 5.82~8.93인 첨가구보다 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). ΔE 값은 TF25(13.98), TF50(17.29),

Table 6. Color values of gluten-free noodle using teff flour

Properties	Control	TF25	TF50	TF75	TF100	TFG	TFX
L	74.46±0.55 ^{1)a2)}	49.78±1.90 ^b	43.08±2.44 ^c	39.06±0.89 ^d	36.12±0.80 ^e	35.19±1.81 ^e	34.87±0.48 ^e
a	-1.08±0.15 ^d	3.59±0.34 ^c	3.75±0.26 ^c	4.33±0.13 ^b	4.42±0.08 ^b	4.53±0.18 ^b	4.96±0.12 ^a
b	21.11±0.15 ^a	8.93±1.13 ^b	7.51±0.94 ^c	7.47±0.04 ^c	5.82±0.21 ^c	6.58±0.40 ^{cd}	6.58±0.27 ^{cd}
ΔE	0.00±0.00 ^e	13.98±0.63 ^d	17.29±0.93 ^c	19.32±0.35 ^b	20.69±0.37 ^a	21.26±0.81 ^a	21.16±0.23 ^a
NBS units	0.00±0.00 ^e	12.86±0.58 ^d	15.90±0.85 ^c	17.78±0.32 ^b	19.03±0.34 ^a	19.56±0.74 ^a	19.46±0.22 ^a

¹⁾ Values are mean±standard deviation.

²⁾ Alphabets with different superscripts in the same row indicate significant difference by Duncan's multiple range test ($p<0.05$).



Fig. 2 Photograph of gluten-free noodle using teff flour.

TF75(19.32), TF100(20.69), TFG(21.26), TFX(21.16)로 나타났다. ΔE 값을 NBS unit으로 표기한 경우, 첨가구 모두 NBS unit이 12이상으로 대조구와 매우 많은 차이를 나타내었다. 색도의 차이는 주재료로 사용된 강력분과 테프 분말의 색 차이에 따른 것으로 생각된다. 이는 어두운 색을 지닌 검은색 퀴노아(Seol & Sim 2017)와 메밀 분말(Kim 등 1999)을 활용한 면의 실험과 유사한 결과를 나타내었다.

4) 조직감과 인장강도

조직감 결과는 Table 7과 같다. 경도는 대조구가 46.74 N으로 가장 높게 나타났으며, 첨가구는 TF25 45.77 N, TF50 34.68 N, TF75 18.96 N, TF100 18.34 N으로 TF50에서부터 급격하게 경도가 감소하였다($p < 0.05$). 탄력성은 0.95~1.01 mm로 시료 간 유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$). 응집성은 대조군이 0.92로 가장 높았고, TF100이 0.82로 가장 낮았다($p < 0.05$). 씹힘성은 대조군(42.34 N), TF25(36.86 N), TF50(29.73 N), TF75(17.49 N), TF100(15.87 N) 순으로 테프 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 낮게 나타났다($p < 0.05$). 이는 메밀, 녹두, 도토리 전분을 활용한 글루텐프리 쌀 파스타(Jung & Yoon 2017)와 난소화성 말토텍스트린을 첨가한 글루텐프리 면(Nam 등 2015)의 실험 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 난소화성 말토 텍스트린(Nam 등 2015), 밀, 오토밀, 옥수수 겨와 콩 껍질 속 식이섬유소(Jeltema 등 1983), 밀 섬유소(Ranhortra & Celroth 1988) 등의 식이섬유소를 첨가한 여러 연구와 메밀, 녹두, 도토리 전분(Jung & Yoon 2017), 쌀 전분(Cai 등 2016) 등의 글루텐이 없는 분말을 이용한 연구에서

본 연구와 유사한 조직감 특성을 나타내는 것으로 보고되었는데, 테프 분말에 함유된 식이섬유와 글루텐이 없는 특성이 면의 조직감 특성에 영향을 준 것으로 판단된다. 글루텐프리 면인 TF100, TFG와 TFX의 조직감 특성을 비교하면, 검을 첨가한 TFG와 TFX에서 TF100보다 경도, 응집성 및 씹힘성이 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$). 경도는 TF100이 18.34 N으로 모든 시료에서 가장 낮게 측정 되었지만, 검을 첨가한 경우, TFG에서 33.96 N, TFX에서 39.42 N으로 약 2배정도 경도가 증가하였다. TFG(0.88)와 TFX(0.89)의 응집성은 글루텐이 있는 TF25(0.89)와 유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$). 씹힘성은 경도와 마찬가지로 TF100보다 약 2배 정도 증가하였다. 글루텐을 대신해 탄성과 점성을 부여하기 위한 검 첨가가 테프 글루텐프리 면의 조직감 특성을 변화시킴을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 잔탄검과 구아검을 첨가한 글루텐프리 쌀 면(Sanguinetti 등 2015)과 잔탄검과 구아검을 첨가한 옥수수 전분 혼합 쌀 파스타(López-Ahumada 등 2010)의 조직감 특성과 유사한 경향을 나타내었다.

인장강도 측정 결과는 Table 7과 같다. 인장강도는 면의 끊어짐의 정도를 평가하는 지표로 사용된다(Horndok & Noomhorm 2007, Jung 등 2015). 인장강도는 대조군(3.42 kg/cm²), TF25(2.45kg/cm²), TF50(1.43kg/cm²), TF75(1.25kg/cm²), TF100(1.11kg/cm²) 순으로 테프 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 낮게 나타났다($p < 0.05$). 이와 같은 결과는 망상구조 형성에 관여하는 글루텐의 함량이 줄어들고, 검이 첨가되지 않았기 때문이라 생각된다. 검을 첨가한 경우, 인장강도가 증가하는 경향을 보였다. TFG는 1.13 kg/cm²로 증가 폭이 적었고,

Table 7. Texture properties and tensile strength of gluten-free noodle using teff flour

Properties	Control	TF25	TF50	TF75	TF100	TFG	TFX
Hardness (N)	46.74±4.39 ^{1)a2)}	45.77±3.05 ^a	34.68±1.72 ^c	18.96±1.53 ^d	18.34±0.45 ^d	33.96±0.46 ^c	39.42±0.89 ^b
Springiness (mm)	1.01±0.02 ^{NS}	0.98±0.03	0.97±0.05	1.00±0.00	0.97±0.08	0.99±0.02	0.95±0.02
Cohesiveness	0.92±0.0 ^a	0.89±0.03 ^b	0.85±0.01 ^c	0.83±0.01 ^c	0.82±0.02 ^c	0.88±0.01 ^b	0.89±0.02 ^b
Chewiness (N)	42.34±4.53 ^a	36.86±2.06 ^b	29.73±2.49 ^c	17.49±1.21 ^d	15.87±1.89 ^d	27.71±0.95 ^c	31.59±0.95 ^c
Tensile strength (kg/cm ²)	3.42±0.14 ^a	2.45±0.22 ^b	1.43±0.32 ^c	1.25±0.07 ^c	1.11±0.12 ^c	1.13±0.13 ^c	2.30±0.17 ^b

¹⁾ Values are mean±standard deviation.

²⁾ Alphabets with different superscripts in the same row indicate significant difference by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

^{NS} Not significant.

TFX가 2.30 kg/cm²으로 2배 정도 증가하였다. Sanguinetti 등 (2015)의 연구에서 잔탄검이 구아검보다 인장 강도가 높게 나타나, 본 연구와 유사 경향을 나타내었다. Mudgil 등(2011)의 연구에 따르면, 구아검은 찬물에서 점성이 높고, 시간이 경과하면서 저장 탄성률이 떨어진다고 보고되었다. TFX와 비교하여 TFG의 인장강도가 낮게 나타난 결과는 구아검의 온도와 시간에 대한 민감도 때문인 것으로 판단된다.

5) 미세구조

주사전자현미경으로 면의 미세구조를 관찰한 결과는 Fig. 3과 같다. 촬영 사진에 나타난 바와 같이 밀가루의 함량이 줄고, 테프 분말의 함량이 증가할수록 구조가 치밀하지 못하고, 구멍이 있는 구조를 나타내었다. 이는 TF25에서 TF100으로 테프 첨가량이 증가할수록 망상구조를 형성할 글루텐이 줄어들기 때문인 것으로 판단된다. 검을 첨가한 TFG와 TFX의 미세구조를 측정된 결과, 입자들이 골고루 분포되어 있고, 간격이 조밀하여 입자들 간 물리적 결합형태가 개선된 것이 관찰되었다. 잔탄검을 첨가한 글루텐프리 말토덱스트린 면(Nam 등 2015)과 초고압 처리한 글루텐프리 메밀 면(Jung 등 2015)과 유사한 결과를 나타내었다.

요약 및 결론

본 연구에서는 테프 분말과 밀가루의 특성을 분석하였고, 테프 분말의 함량을 다르게 하여 글루텐의 함량이 줄어들수록 변화하는 면의 품질 특성과 글루텐을 대체할 구아검과 잔탄검을 첨가하여 밀가루로 만든 대조군과의 어떠한 차이가 있는지 비교 분석을 진행하였다. 테프 분말이 밀가루보다 수분결합능력, 용해도 및 팽윤력이 뛰어난 것으로 나타났다. 테프 분말을 가지고 면을 제조한 결과, pH는 테프 분말 첨가량 증가와 함께 유의적으로 증가하였고, 염도는 모두 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p < 0.05$). 수분흡수율은 44.81~58.12%로 테프 분말 첨가량에 따라 유의적으로 증가하였고, 탁도는 낮게 나타나는 경향을 보였지만, 유의적인 차이는 없었다($p < 0.05$). NBS unit으로 표기한 ΔE 값은 첨가구 모두 NBS unit이 12이상으로 대조구와 매우 많은(very much) 차이를 나타내었다. 테프 분말의 조직감 측정 결과, 검을 첨가하지 않은 시료

에서 경도와 인장강도가 감소하는 경향을 나타내었다. 미세구조를 관찰한 결과에서도 밀가루의 함량이 줄고, 테프 분말의 함량이 증가할수록 구조가 치밀하지 못하고, 구멍이 있는 구조를 나타내었다. 구아검과 잔탄검을 첨가한 TFG와 TFX를 TF100과 비교한 결과, 수분흡수율이 증가하였고, 경도, 인장강도 및 미세구조가 향상되었다. 수분흡수율이 58.12%(TF100)에서 61.44%(TFG), 66.11%(TFX)로 증가하였고, 경도는 TF100이 18.34 N으로 모든 시료에서 가장 낮게 측정되었지만, 검을 첨가한 경우, TFG에서 33.96 N, TFX에서 39.42 N으로 TF100보다 약 2배 정도 경도가 증가하였다. 인장강도는 TFG가 1.13 kg/cm²인 반면, TFX가 2.30 kg/cm²으로 TF100보다 약 2배 정도 증가하였다. 글루텐프리 테프 면에 구아검과 잔탄검을 첨가하여 면의 텍스처를 향상시키고, 미세구조를 개선시킬 수 있었다. 이상의 연구 결과, 잔탄검을 첨가하여 제조한 글루텐프리 테프 면과 밀가루로 만든 면의 텍스처 특성과 미세구조가 비슷하게 나타나, 잔탄검을 활용하여 우수한 품질의 글루텐프리 테프 면을 제조할 수 있는 것으로 나타났다. 본 연구를 통하여 테프 분말과 검류에 대한 특성을 분석할 수 있었고, 앞으로 글루텐프리 연구에 좋은 기초 자료로 활용되기를 기대한다.

References

- Abebe Y, Bogale A, Hambidge KM, Stoecker BJ, Bailey K, Gibson RS. 2007. 2007. Phytate, zinc, iron and calcium content of selected raw and prepared foods consumed in rural sidama, southern ethiopia, and implications for bioavailability. *J Food Comp Anal* 20:161-168
- AOAC. 1995. Official Method of Analysis of Aoac Intl. Arlington, Association of Official Analytical Chemists Publishing.
- Bultosa G. 2016. Encyclopedia of Food Grains (second edition). pp. 209-220, Elsevier
- Bultosa G, Hall AN, Taylor J. 2002. Physico-chemical characterization of grain tef [*Eragrostis tef* (Zucc.) Trotter] starch. *Starch-Stärke* 54:461-648
- Cai JW, Chiang JH, Tan MYP, Saw LK, Xu YY, Ngan-Loong MN. 2016. Physicochemical properties of hydrothermally

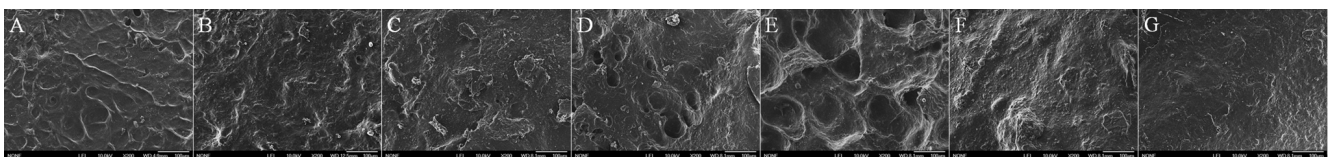


Fig. 3 Scanning electron micrographic images of gluten-free noodle using teff flour ($\times 200$). A: Control, B: TF25, C: TF50, D: TF75, E: TF100, F: TXG, G: TFX

- treated glutinous rice flour and xanthan gum mixture and its application in gluten-free noodles. *J Food Eng* 186:1-9
- Cheon SY, Kim KH, Yook HS. 2016. Quality characteristics of wet noodles with *Allium hookeri* powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:84-90
- Choi OJ, Jung HN, Shin SH, Kim YD, Shim JH, Shim KH. 2015. Quality characteristics of gluten-free rice bread formulated with soft-type rice flour mixed with black-rice flour. *Korean Soc Community Living Sci* 26:447-456
- Choi SN, Chun NY. 2007. The quality characteristics of bread with added buckwheat powder. *Korean J Food Cook Sci* 23:664-670
- Cummins AG, Roberts-Thomson IC. 2009. Prevalence of celiac disease in the Asia-Pacific region. *J Gastroenterol Hepatol* 24:1347-1351
- Gebremariam MM, Zarnkow M, Becker T. 2014. Teff (*Eragrostis tef*) as a raw material for malting, brewing and manufacturing of gluten-free foods and beverages a review. *J Food Sci Technol* 51:2881-2895
- Hager AS, Wolter A, Jacob F, Zannini E, Arendt EK. 2012. Nutritional properties and ultrastructure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. *J Cereal Sci* 56:239-247
- Heny K, Noer Abyor H, Herry S. 2015. Swelling power and water solubility of cassava and sweet potatoes flour. *Procedia Environ Sci* 23:164-167
- Horndok R, Noomhorm A. 2007. Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality. *LWT* 40:1723-1731
- Jeltema MA, Zabik ME, Thiel LJ. 1983. Prediction of cookie quality from dietary fiber components. *Cereal Chem* 60:227-230
- Jeong CH, Shim KH, Bae YI, Choi JS. 2008. Quality characteristics of wet noodle added with freeze dried garlic powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:1369-1374
- Lee JK, Lim JK. 2013. Effects of pregelatinized rice flour on the textural properties of gluten-free rice cookies. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:1277-1282
- Ju HW, Lee KS. 2016. Quality characteristics of white pan bread with Haenaru rice flour. *Culi Sci & Hos Res* 22:44-56
- Jung HB, Pan CH, Yoon WB. 2015. Effect of high hydrostatic pressure on tensile and texture properties of gluten-free buckwheat dough and noodle. *Food Eng Prog* 19:269-274
- Jung JH, Yoon HH. 2017. Textural properties of gluten-free rice pasta prepared employing various starches. *Korean J Food Cook Sci* 33:28-36
- Kang TY, Choi EH, Jo HY, Yoon MR, Lee JS, Ko SH. 2014. Effects of rice flour particle size on quality of gluten-free rice bread. *Food Eng Prog* 18:319-324
- Katzbauer B. 1997. Properties and applications of xanthan gum. *Polym Degrad Stab* 59:81-84
- Kim BR, Choi YS, Kim JD, Lee SY. 1999. Noodle making characteristics of buckwheat composite flours. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28:383-389
- Knispel G. 1991. Factors affecting the process of color matching restorative materials to natural teeth. *Quintessence Int* 22:525-531
- Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation. 2015. Processed food submarket market - Noodle market. pp. 1-157, Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation
- Korea Centers for Disease Control and Prevention. 2016. National Health & Nutrition Survey. pp. 1-739, Korea Centers for Disease Control and Prevention
- Lee EJ, Jin SY. 2015. Antioxidant activity and quality characteristics of rice cookies added *Kalopanax pictus* leaf powder. *J East Asian Soc Diet Life* 25:672-680
- López-Ahumada GA, Ramírez-Wong B, Torres-Chávez PI, Bello-Pérez LA, de Dios Figueroa-Cárdenas J, Garzón-Tiznado JA, Gomez-Aldapa CA. 2010. Physicochemical characteristics of starch from bread wheat (*Triticum aestivum*) with "yellow berry". *Starch-Stärke* 62:517-523
- Medcalf DG, Gilles KA. 1965. Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem* 42:558-568
- Mekonnen MG, Martin Z, Thomas B. 2014. Teff (*Eragrostis tef*) as a raw material for malting, brewing and manufacturing of gluten-free foods an beverages a review. *J Food Sci Technol* 51:2881-2895
- Ministry of Food and Drug Safety. 2011. Food Standards Code 2011-67, Ministry of Food and Drug Safety
- Ministry of Food and Drug Safety. 2016. Food Code, Ministry of Food and Drug Safety
- Moore MM, Heinbockel M, Dockery P, Ulmer HM, EK A. 2006. Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. *Cereal Chem* 83:28-36
- Mudgil D, Barak S, Khatkar BS. 2011. Guar gum: Processing, properties and food applicants- a review. *J Food Sci Technol* 51:409-418
- Nam SW, Kim E, Kim MR. 2015. Physicochemical quality of

- functional gluten-free noodles added with nondigestible maltodextrin. *J East Asian Soc Diet Life* 25:681
- Niu M, Hou GG, Wang L, Chen ZX. 2014. Effects of superfine grinding on the quality characteristics of whole-wheat flour and its raw noodle product. *J Cereal Sci* 60:382-388
- Oh YA, Kim MH, Kim SD. 2001. Fermentation of dough and quality of bread with Korean pigmented rice. *J East Asian Soc Diet Life* 11:498-505
- Park BH, Cho HS. 2006. Quality characteristics of dried noodle made with *Dioscorea japonica* flour. *Korean J Food Cook Sci* 22:173-180
- Park MS. 2015. Quality characteristics of dried noodles and cookies prepared with different ratios of *Cedrela sinensis* powder. MS Thesis, Chodang University, Jeonnam, Korea
- Ranhortra G, Celroth J. 1988. Soluble and insoluble fiber in soda crackers. *Cereal Chem* 65:159-160
- Sanguinetti AM, Secchi N, Del Caro A, Fadda C, Fenu PAM, Catzeddu P, Piga A. 2015. Gluten-free fresh filled pasta: The effects of xanthan and guar gum on changes in quality parameters after pasteurisation and during storage. *LWT* 64:678-684
- Sebecic BL, Sebecic B. 1995. Wheat flour starch granule-size distribution and rheological properties of dough. Part 1. Granulometric analysis of starch. *Nahrung* 39:106-116
- Seol HN, Sim KH. 2017. Quality characteristics of noodles with added germinated black quinoa powder. *Korean J Food & Nutr* 30:19-30
- Shewry PR, Tatham AS, Barro F, Barcelo P, P L. 1995. Biotechnology of breadmaking: Unraveling and manipulating the multi-protein gluten complex. *Bio/Tech* 13:1185- 1190
- Song JC, Lee SY, Park NK, Hur HS, JH N. 1998. Comparison of flour quality between domestic and imported wheat flour. *Korean J Breed* 30:156-161
- Temel K, Idil D. 2008. Color stability of different denture teeth materials against various staining agents. *Dent Mater J* 21:139-144

Received 08 August, 2017

Revised 29 August, 2017

Accepted 06 September, 2017