

Teff (*Eragrostis tef*) 분말을 첨가한 Gluten-free 쿠키의 품질 특성 및 항산화 활성 비교

정기영 · 송가영 · 오현빈 · 장양양 · 신소연 · *김영순
고려대학교 식품영양학과

Quality Characteristics and Antioxidant Activities of Cookies containing Teff (*Eragrostis tef*) Flour

Ki Youeng Joung, Ka-Young Song, Hyeonbin O, Yangyang Zhang, So Yeon Shin and *Young-Soon Kim
Dept. of Food and Nutrition, Korea University, Seoul 02841, Korea

Abstract

This study investigated the quality characteristics and antioxidant activities of gluten-free cookies containing teff flour. By substituting 0% (control), 25% (TF25), 50% (TF50), 75% (TF75), and 100% (TF100) of wheat flour with teff flour, five samples were produced. Baking loss rate was the highest in TF25 at 13.76% and the lowest in TF75 at 4.03%. Spread factor was significantly higher in cookies made with teff flour (83.00~85.00) than in the control (81.33) ($p < 0.05$). There was no significant difference in density among the samples at 1.17~1.25 g/mL ($p < 0.05$); however, pH significantly decreased at 6.42~6.04 ($p < 0.05$). While the *L*-value and *b*-value significantly decreased with the amount of teff flour, the *a*-value significantly increased ($p < 0.05$). The ΔE value was the highest in the control at 31.31 and the lowest in TF100 at 58.69. Hardness was the highest in the control at 42.04 N than in cookies containing teff flour. The content of polyphenols was the highest in TF100 at 3.37 $\mu\text{g GAE/mg}$ and the lowest in the control at 1.32 $\mu\text{g GAE/mg}$. The content of flavonoids was the highest in TF100 at 3.66 $\mu\text{g QE/mg}$ and the lowest in controls at 0.45 $\mu\text{g QE/mg}$. The value of DPPH IC_{50} was the highest in the control at 3,723.00 $\mu\text{g/mL}$ and the lowest in TF 100 at 405.27 $\mu\text{g/mL}$. The value of ABTS IC_{50} was the highest in the control at 1,822.32 $\mu\text{g/mL}$ and the lowest in TF100 at 529.30 $\mu\text{g/mL}$. In sensory evaluation, while control, TF75, and TF100 had a higher score in appearance at 5.52~5.60, all samples had no significant differences in flavor, sweetness, savory taste, chewiness, and overall acceptability ($p < 0.05$). These results showed that the gluten-free cookies containing teff flour can improve the quality characteristics and antioxidant activities of a cookie. We concluded that gluten-free cookies containing 100% teff flour are desirable.

Key words: antioxidant activities, cookie, gluten-free, quality characteristics, teff

서 론

테프(*Eragrostis tef*)는 해발 1,800~2,100 m, 10~27°C, 연강수량 750~850 mm가 최적의 생산 조건이지만, 건조하거나 습한 지역, 척박한 토양, 해발 3,000 m에서도 잘 자라며, 옥수수, 밀, 보리와 비교하여 병충해에 강한 것으로 알려져 있다(Bultosa G 2016). 에티오피아의 테프 총생산량은 376만

톤에 달하며, 네덜란드와 미국 아이다호 및 캔자스 일부 지역에서 실험적으로만 재배되고 있을 뿐, 국내에선 공식적으로 재배되고 있는 곳은 없다(Bultosa G 2016). 테프의 수입현황에 대한 공식적인 통계자료는 없지만, 미국과 유럽에서의 수입 관심 기업이 늘어남에 따라 국내에서도 주목하고 있는 곡물이다.

테프는 철분, 아연 및 칼슘 등의 미네랄이 풍부할 뿐만 아

* 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: +82-2-921-7207, E-mail: kteres@korea.ac.kr

니라, 필수 아미노산을 포함하고 있어, 단백질이 높고 식이섬유(밀 2 g/100 g, 테프 3 g/100 g)가 풍부하다(Abebe 등 2007; Hager 등 2012; Gebremariam 등 2014). 그리고 항산화능력을 가진 ferulic(285.9 µg/g), protocatechuic(25.5 µg/g), gentisic(15 µg/g), vanillic(54.8 µg/g), syringic(14.9 µg/g), coumaric(36.9 µg/g), and cinnamic(46 µg/g) acids 등의 폴리페놀 화합물을 함유하고 있다(Mekonnen MG 등 2014). 이는 생리활성 측면인 3차 기능을 추구하기 시작한 국내 소비자들에게 테프가 좋은 곡물로 인식될 뿐만 아니라, 영양적으로 우수하고 글루텐이 없어 소화기관이 약한 사람들과 셀리악병 환자들에게 유익할 것으로 여겨진다.

글루텐은 제과 제빵에 있어 중요한 역할을 하는 성분으로 제품의 신장성과 인장성 향상에 기여한다(Shewry 등 1995). 그러나 글루텐은 특이 체질을 가진 사람에게 설사나 복통 등의 소화 장애를 일으킬 수 있으며, 소장의 용모가 손상되는 셀리악 질환을 유발하기도 한다(Moore 등 2006). 셀리악 질환은 HLA-DQ2 유전자를 보유한 사람들에게 발병하는 유전 질환이지만, 밀 소비의 증가가 셀리악 질환의 발병 가능성을 증가시킨다는 연구 결과가 발표되었으며(Francesco & Giuseppe 2007), 우리나라의 밀 소비량은 연간 75~150 kg으로 상당량을 소비하고 있어, 셀리악 질병으로부터 안전하다고 할 수 없다(Cummins & Roberts-Thomson 2009). 발병 가능성의 증가와 함께 국내 소비자들에게 글루텐이 알레르기를 유발한다는 인식이 증가하면서 gluten-free 시장은 빠른 성장세를 나타내고 있으며, 나아가 gluten-free 식품에 대한 표시기준이 고시되었다(Jin & Kim 2015). 테프를 활용한 gluten-free 연구는 식빵(Marti 등 2017), 생면(Campo 등 2016), 테프의 다양한 활용 방안(Gebremariam 등 2014) 등 테프와 관련된 다양한 연구가 이루어졌다.

Gluten-free 쿠키에 대한 연구로는 음나무 잎 쌀 쿠키(Lee & Jin 2015), 호화 쌀가루 쿠키(Lee & Lim 2013), 압축 쌀가루 쿠키(We 등 2011), 흑미 쿠키(Kim 등 2006) 등 쌀을 이용한 연구로 한정되어 있어, gluten-free 쿠키에 관한 연구는 아직까지 부족한 실정이다.

따라서 낱알이 밀가루 소비량이 증가하는 현재 우리의 식생활에서 글루텐이 함유되어 있지 않고, 항산화 물질이 많이 함유되어 있다고 알려진 테프를 간식으로 많이 이용하는 쿠키에 적용하여 건강지향적인 현재 식생활 트렌드에 기초적인 정보를 제공하고자, 본 연구에서는 글루텐이 없는 테프 분말을 이용하여 쿠키를 제조하고 품질 특성, 항산화 활성 및 소비자 기호도를 분석, 검토하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

박력분(CJ Cheiljedang Co., Ltd, Seoul, Korea), 테프(Chowonherb Co., Ltd, Seoul, Korea), 버터, 달걀, 설탕을 시중에서 구매하여 사용하였다. 테프는 100 mesh 체에 받쳐 세척하여 1일간 상온에서 자연 건조한 후 동결건조기(FD8508, Ilshin Biobase Co., Ltd, Gyeonggi, Korea)를 이용하여 -80°C 이하에서 24시간 동결건조 하였다. 동결건조된 테프는 고속 분쇄기(RT-04, Hung Chuan Machinery Enterprise Co., Ltd, Taipei, Taiwan)로 분말화 한 후, 40 mesh 체를 통과시켜 쿠키 제조에 사용하였다.

2. 쿠키의 제조

쿠키의 재료 배합 비율은 O 등(2016)의 방법을 응용하였으며, Table 1과 같다. 제조방법은 AACC법(2000)에 따라 크림법을 이용하여 제조하였다. 반죽기(Chef classic KM400, Kenwood, Havant, England)를 이용하여 버터를 3단에서 2분간 크림 상태로 만들어 설탕을 넣고 3단에서 2분간 혼합하였다. 설탕을 혼합한 버터에 달걀이 분리되지 않게 2번 나누어 넣어 4단에서 30초 혼합하였다. 쿠키 시료 5개를 각각의 용기에 넣고 1단에서 30초간 혼합하여 반죽을 완성하였다. 완성된 쿠키 반죽을 지름 40 mm, 두께 5 mm로 성형한 후, 오븐(Zipel DE68-04072D, Samsung, Seoul, Korea)을 이용하여 170°C 에서 20분간 구워 상온에서 1시간 방랭한 후, 시료로 사용하였다.

Table 1. Formulas for cookies with different amount of teff flour

Ingredient (g)	Control ¹⁾	TF25	TF50	TF75	TF100
Wheat flour	150	112.5	75	37.5	0
Teff flour	0	37.5	75	112.5	150
Butter	75	75	75	75	75
Sugar	60	60	60	60	60
Egg	30	30	30	30	30

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: No wheat flour added.

3. 굽기 손실을 및 퍼짐성

쿠키의 굽기 손실률은 반죽 무게와 쿠키 무게를 3회 반복 측정 후, 아래 공식에 따라 나온 값의 평균을 구하였다. 퍼짐성은 AACC법(2000)에 따라 무작위로 추출한 쿠키 표본 6개의 직경과 두께를 구한 후, 아래 공식에 따라 계산한 값의 평균을 구하였다.

$$\text{Baking loss rate (\%)} = [\text{weight of cookie dough (g)} - \text{weight of cookie (g)}] / \text{weight of cookie dough} \times 100$$

$$\text{Spread factor} = [\text{diameter of cookie (mm)} / \text{thickness of cookie (mm)}] \times 10$$

4. 밀도

쿠키 반죽의 밀도는 50 mL 메스실린더에 증류수 30 mL를 넣고 반죽 5 g을 넣어 증가한 높이를 각 3회 반복 측정 후 아래 공식에 따라 계산한 값의 평균을 구하였다.

$$\text{Density (g/mL)} = \text{weight of cookie (g)} / \text{volume of cookie (mL)}$$

5. pH

쿠키의 pH는 증류수 90 mL에 방랭한 쿠키 10 g을 넣고 균질기(Unidrive1000D, CAT M. Zipperer GmbH, Staufen, Germany)로 1분간 균질화한 혼합물을 30분 방치하여 맑은 상등액 부분을 pH 미터(SP-701, Suntex Instruments Co., Ltd. Taipei, Taiwan)를 이용하여 3회 반복 측정 후 평균값을 구하였다.

6. 색도

쿠키의 색도는 색차계(CR-400, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 L 값(명도), a 값(적색도), b 값(황색도)을 3회 반복 측정 후 그 평균값을 구하였으며, ΔE 값(총 색차값)은 아래 공식에 따라 계산한 값의 평균을 구하였다. 이때 표준 백색판의 색 좌표는 $L=94.35$, $a=0.34$, $b=2.47$ 이었다.

$$\Delta E = \sqrt{(L_{\text{samples}} - L_{\text{standard}})^2 + (a_{\text{samples}} - a_{\text{standard}})^2 + (b_{\text{samples}} - b_{\text{standard}})^2}$$

7. 경도

Gluten-free 쿠키의 경도는 Rheometer(Compac-100 II, Sun Scientific, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. No. 5 probe ($\Phi 5$ mm)를 이용하였고, 조건은 Mode 4 파단점 검출 모드, 압축, 한계치 10 g, 테이블 속도 120 mm/min, 최대 응력 20 kg으로 설정하였다. One bite compression test로 3회 반복 측정 후 평균값을 구하였다.

8. 총 폴리페놀 함량

쿠키의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(Singleton & Rossi 1965)에 따라 분석하였다. 동결 건조한 쿠키는 분말화 하여 추출에 사용하였다. 증류수 20 mL에 동결 건조한 쿠키 분말 2 g을 넣고 24시간 추출하여 25°C에서 3,000 rpm으로 10분간 원심분리 후, Whatman No. 1 여과지로 여과하여 항산화 실험 시료로 사용하였다. 80배 희석한 시료 800 μ L에 0.9 N Folin-Ciocalteu reagent(Junsei Chemistry, Tokyo, Japan) 50 μ L와 20% Sodium carbonate solution(Merck kGaA, Darmstadt, Germany) 150 μ L를 혼합하고, 암실에 넣어 상온에서 2시간 반응시킨 후, ELISA 흡광리더기(Apollo11LB913, Berthold technologies Co., Ltd, Bad Wildbad, Germany)를 이용하여 700 nm 흡광도에서 측정하였다. Garlic acid(Merck kGaA, Darmstadt, Germany)를 표준물질로 하여 흡광도 검량선을 구하였으며, 각 시료의 총 폴리페놀 함량을 garlic acid 당량(GAE)으로 환산하여 표시하였다.

9. 총 플라보노이드 함량

쿠키의 총 플라보노이드 함량은 Lee & Hong(2016)의 방법을 응용하여 분석하였다. 시료 1 mL에 5% sodium nitrite (Junsei Chemistry, Tokyo, Japan) 150 μ L를 혼합하여 상온에서 6분간 반응시켜 10% aluminium chloride(Junsei Chemistry, Tokyo, Japan) 300 μ L를 첨가하고, 상온에서 5분간 반응시킨 다음, 1 N NaOH(Deajung chemicals & metals Co., Ltd. Gyeonggi, Korea) 1 mL와 혼합한 후, ELISA 흡광리더기(Apollo11LB913, Berthold technologies Co., Ltd. Bad Wildbad, Germany)를 이용하여 520 nm 흡광도에서 측정하였다. Quercetin(Sigma-aldrich Co., Ltd, MO, USA)을 표준물질로 하여 흡광도 검량선을 구하였으며, 각 시료의 총 플라보노이드 함량을 quercetin 당량(QE)으로 환산하여 표시하였다.

10. DPPH 라디칼 소거능

DPPH 라디칼 소거능은 Molyneux P(2004)의 방법을 응용하여 분석하였다. 각 시료는 농도 0, 25, 50, 75 및 100 mg/mL 총 5가지로 희석하여 사용하였다. 희석한 시료 0.1 mL에 200 μ M DPPH reagent(Sigma Aldrich Co., Ltd, MO, USA) 0.1 mL를 첨가하고, 암실에 넣어 상온에서 30분간 반응시킨 후, LISA 흡광리더기(Apollo11LB913, Berthold technologies Co., Ltd, Bad Wildbad, Germany)를 이용하여 520 nm 흡광도에서 측정하였다. 농도에 따른 DPPH 라디칼 소거율을 구하고, 추세선 식으로부터 IC₅₀값(μ g/mL)을 도출하여 평균값을 구하였다.

11. ABTS 라디칼 소거능

ABTS 라디칼 소거능은 Choi 등(2006)의 방법을 응용하여

분석하였다. 각 시료는 농도 0, 25, 50, 75 및 100 mg/mL 총 5가지로 희석하여 사용하였다. 희석한 시료 10 μ L에 ABTS reagent 200 μ L를 첨가하고, 암실에 넣어 상온에서 60분간 반응시킨 후, LISA 흡광리더기(Apollo11LB913, Berthold technologies Co., Ltd, Bad Wildbad, Germany)를 이용하여 405 nm 흡광도에서 측정하였다. 농도에 따른 ABTS 라디칼 소거율을 구하고, 추세선 식으로부터 IC₅₀값(μ g/mL)을 도출하여 평균 값을 구하였다.

12. 소비자 기호도 조사

소비자 기호도 조사는 식품영양학과 대학원생 20명을 대상으로 실시하였으며, 외관(appearance), 향미(flavor), 당도(sweetness), 고소함(savory taste), 씹힘성(chewiness), 전반적인 기호도(overall acceptability) 총 6가지 항목을 7점 척도법(7점: 극히 좋음, 4점: 보통, 1점: 극히 싫음)으로 평가하였다. 세 자리 난수표로 시료 번호를 표기하여 백색의 원형 접시에 담아 제공하였고, 시료의 잔향 및 잔미를 없애기 위해 물로 입안을 헹군 후 각각의 시료를 평가하게 하였다.

13. 통계처리

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

결과 및 고찰

1. 굽기 손실률 및 퍼짐성

테프 분말을 첨가한 쿠키의 굽기 손실률은 Table 2와 같다. 굽기 손실률은 반죽을 구울 때 발생하는 수분손실에 의해 발생되며, 낮을수록 좋다고 알려져 있다(An 등 2010). 굽기 손실률은 4.03~13.76%로 첨가량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타냈으며, TF75가 4.03%로 가장 낮게 나타났다($p < 0.05$). 이는 시료의 첨가량이 증가할수록 굽기 손실률이 감소하는 경향이 나타난 흑미 미강 분말을 첨가한 쿠키 실험 결과와 유사하였으며(Joo & Choi 2012), GABA 현미 분말과

미강 분말을 첨가한 쿠키 실험 결과와는 상반된 경향을 나타내었다(Jang 등 2010; Jung & Chung 2013). Shin GM (2015)의 연구에 따르면 글루텐이 없는 분말을 첨가하는 경우, 조직의 팽창이 억제되어 수분 증발이 감소하게 되고 굽기 손실률이 감소한다고 알려져 있으며, 이에 따라 글루텐이 없는 테프 분말 첨가로 인한 굽기 손실률의 감소가 발생한 것으로 판단된다. 테프 분말을 첨가한 쿠키의 퍼짐성은 Table 2와 같다. 퍼짐성은 굽는 과정에서 반죽이 밀려 직경이 증가하고, 두께가 감소하는 현상을 의미하며, 이는 분말의 종류와 흡수율, 감미료의 종류와 첨가량, 재료의 배합비와 반죽시간 등에 영향을 받으며, 퍼짐성이 클수록 좋다고 알려져 있다(Koh & Noh 1997). 퍼짐성은 대조군이 81.33으로 83.00~85.00인 첨가군과 비교하여 유의적으로 낮게 측정되었다($p < 0.05$). 이는 귀리, 보리 혼합 분말(Kim 등 2014), 효소처리 쌀가루(Kim 등 2013), 흑미 미강 분말(Joo & Choi 2012)을 첨가한 쿠키의 실험 결과와 유사한 경향을 나타내었으며, 오토밀 분말(Bang 등 2013), 보리 겨 분말(Kim & Lee 2004), 기능성 쌀 분말(Kim 등 2002)을 첨가한 쿠키 실험 결과와는 상반되었다. Cho & Kim (2013)의 실험 결과에 따르면, 퍼짐성은 쿠키 반죽이 오븐의 열에 의해 가열되기 시작하면서 중력적인 유동성에 의해 팽창하고, 반죽 내 단백질인 글루텐의 유리전이로 연속적 상태가 되어 반죽의 유동이 중단될 때까지 일어나는데(Cho & Kim 2013), 글루텐이 없는 테프 분말의 첨가가 반죽의 결속력을 낮추고 유동성에 영향을 주어 첨가군이 대조군에 비해 퍼짐성이 높게 측정된 것으로 판단된다.

2. 밀도

테프 분말을 첨가한 쿠키 반죽의 밀도는 Table 3과 같다. 밀도는 굽는 온도, 시간, 혼합 방법 등에 영향을 받으며, 적절한 밀도 수치는 1.33~1.38 g/mL로 너무 낮으면 구운 후에 딱딱해 지고, 너무 높으면 쉽게 부스러질 수 있다고 알려져 있다(Koh & Noh 1997). 테프 분말을 첨가한 테프 쿠키와 박력분으로 만든 대조군 쿠키 사이의 밀도는 1.17~1.25 g/mL로 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p < 0.05$). 이는 귀리, 보리 혼합 분말(Kim 등 2014), 효소처리 쌀 분말(Kim 등 2013), 오토밀 분말(Bang 등 2013), 미강 분말(Jang 등 2010)을 활용한 쿠키 실험결과와 유사하였다. 반면, 쌀 분말(Lee & Lim 2013)과

Table 2. Baking loss rate and spread factor of cookies with different amount of teff flour

Properties	Control	TF25	TF50	TF75	TF100
Baking loss rate (%)	12.92±0.01 ^{1) b2)}	13.76±0.01 ^a	12.64±0.01 ^c	4.03±0.03 ^e	10.91±0.01 ^d
Spread factor	81.33±1.03 ^c	83.00±0.89 ^b	85.00±1.10 ^a	85.00±1.26 ^a	83.83±0.98 ^{ab}

¹⁾ Values are mean±standard deviation.

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

Table 3. Density of dough, pH and hardness of cookies with different amount of teff flour

Properties	Control	TF25	TF50	TF75	TF100
Density (g/mL)	1.25±0.00 ^{1)NS}	1.25±0.00	1.25±0.00	1.17±0.14	1.17±0.14
pH	6.42±0.02 ^{a2)}	6.35±0.00 ^b	6.32±0.01 ^b	6.14±0.05 ^c	6.04±0.04 ^d
Hardness (N)	42.04±0.79 ^a	32.36±1.09 ^b	33.75±8.73 ^b	27.82±0.45 ^b	20.10±2.82 ^c

¹⁾ Values are mean±standard deviation.

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

^{NS} No significant

RS4 형태의 옥수수 분말(Bae 등 2013)을 첨가한 쿠키는 첨가군이 대조군보다 증가하는 경향을 보였으며, 기능성 쌀 분말(Kim 등 2002)을 첨가한 경우 대조군 1.23 g/mL에서 기능성 쌀 30% 첨가군 1.16 g/mL로 감소하는 결과로 본 실험 결과와 다른 양상을 나타내었다. 귀리, 보리, 오토밀, 미강 등 섬유질이 많은 시료에서 테프와 유사한 결과가 나타나는 경향이 있었으며, 박력분과 전분의 종류 및 비율의 차이가 큰 옥수수, 기능성 쌀 등에서 나타난 테프와 다른 결과로부터 추론해 보면, 쿠키 반죽의 밀도는 섬유질보다는 전분의 함량과 비율에 더 큰 영향을 받는 것으로 판단된다.

3. pH

테프 분말을 첨가한 쿠키의 pH는 Table 3과 같다. pH는 쿠키의 향과 표면 색도에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Cho & Kim 2013). 쿠키의 pH는 6.42~6.04로 테프 분말 첨가 수준에 따라 감소하였다. 대조군이 6.42로 가장 높게 측정되었고 TF100이 6.04로 가장 낮게 나타났다($p<0.05$). 이와 같은 결과는 귀리, 보리 혼합 분말(Kim 등 2014), RS4 형태의 옥수수 분말(Bae 등 2013), 흑미 미강 분말(Joo & Choi 2012)을 첨가한 쿠키 실험에서 유사하게 나타났다. 반면, 홍국 분말(Jeong 등 2013), GABA 현미 분말(Jung & Chung 2013)을 첨가한 쿠키는 시료의 첨가 수준에 따라 pH가 감소하여 본 실험과 상이한 결과를 나타내었다. 설탕, 버터 등은 pH에 영향을 주지 않으나 이외의 주재료들이 pH에 영향을 주는 것으로 보고된 바 있다(Kang & Lee 2007). 본 실험에서 pH가 유의적으로 감소하는 이유는 박력분(6.14)과 테프 분말(6.00)의 pH 차이에

따른 것으로 판단된다.

4. 색도

테프 분말을 첨가한 쿠키의 색도는 Table 4와 같다. 일반적으로 쿠키의 색도는 첨가되는 주재료의 색도와 Maillard 반응 및 카라멜화 등에 영향을 받는다(Park 등 2005). 명도(72.87~36.00)와 황색도(25.21~6.95)는 테프 분말 첨가량이 증가할수록 감소한 반면 적색도(-1.02~4.81)는 증가하는 경향을 보였다. 총 색차 값 계산 결과, TF100이 58.69로 가장 높았으며, 대조군이 31.31로 가장 낮았다($p<0.05$). 이는 갈색화 반응의 최적 pH는 6.1~8.2이며, 산성 환경에서 갈색화 반응이 더 잘 일어난다는 연구 결과가 있다(Martins 등 2001). 따라서 본 연구의 주재료인 테프의 pH가 7 이하이므로, 굽는 과정에서 갈색복합체가 다량 생성된 것으로 판단된다. 또한, 박력분 일부가 갈색을 띤 테프 분말로 대체됨에 따라 첨가군의 적색도는 증가하고, 명도와 황색도는 감소하는 결과를 나타낸 것으로 여겨진다.

5. 경도



Fig. 1. Photograph of cookies with different amount of teff flour.

Table 4. Color values of cookies with different amount of teff flour

Color values	Control	TF25	TF50	TF75	TF100
<i>L</i>	72.87±0.78 ^{1)a2)}	48.69±0.86 ^b	41.43±0.84 ^c	37.89±0.39 ^d	36.00±0.45 ^e
<i>a</i>	-1.02±0.44 ^b	4.57±0.21 ^a	4.73±0.07 ^a	4.97±0.03 ^a	4.81±0.05 ^a
<i>b</i>	25.21±0.02 ^a	12.63±0.48 ^b	9.14±0.07 ^c	8.17±0.06 ^d	6.95±0.10 ^e
ΔE	31.31±0.51 ^e	46.96±0.72 ^d	53.52±0.83 ^c	56.93±0.38 ^b	58.69±0.45 ^a

¹⁾ Values are mean±standard deviation.

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

테프 분말을 첨가한 쿠키의 경도는 Table 3과 같다. 경도는 대조군(42.04 N), TF25(32.36 N), TF50(33.75 N), TF75(27.82 N), TF100(20.10 N)으로 테프 분말의 첨가량이 증가할수록 경도가 낮아지는 결과를 나타내었다($p < 0.05$). 이는 시료의 첨가량이 증가할수록 경도가 감소하는 녹색 밀 분말(Kim JY 등 2013), GABA 현미 분말(Jung & Chung 2013), 흑미 미강 분말(Joo & Choi 2012), 메밀 분말(Lee 등 2010), 흑미 분말(Lee & Oh 2006)을 첨가한 쿠키의 실험 결과와 유사하게 나타났다. 경도에 영향을 주는 기공의 발달은 글루텐 형성과 섬유소의 함량과 관계가 깊다. 글루텐이 없으면 기공의 발달이 잘 이루어지지 않게 되고, 조직의 팽창이 억제 되어 수분을 보유하여 쿠키가 부드럽게 되며(Shin GM 2015), 섬유소가 글루텐 형성에 필요한 수분과 결합함으로써 글루텐 형성을 방해하여 제품을 부드럽게 만든다고 알려져 있다(Kim & Lee 2015). 경도 감소의 원인은 테프에 글루텐이 없는 특성과 밀과 테프를 비교한 Gebremariam 등(2014)의 연구에서 보고한 바와 같이 밀에는 2 g/100 g, 테프에는 3 g/100 g로 테프의 섬유소 함량이 있어, 밀보다 섬유소 함량이 높은 테프 분말 첨가 수준이 증가할수록 밀에 포함된 글루텐 형성이 더욱 방해 받아 gluten-free 쿠키인 TF100뿐만 아니라, TF25, TF50, TF75 쿠키의 연화에도 영향을 준 것으로 판단된다.

6. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량

테프 분말을 첨가한 쿠키의 총 폴리페놀 함량은 Table 5와 같다. 폴리페놀은 전자를 수용하며, 항산화 반응에 직접적으로 기여하는 물질로 페놀, 벤조산, 플라보노이드, 탄닌, 리그닌 등 다양한 형태의 폴리페놀이 알려져 있다(Kim 등 2005). 총 폴리페놀 함량 측정 결과, 테프 분말 첨가 수준이 증가함에 따라 총 폴리페놀의 함량이 증가하는 것으로 나타났으며, TF100이 3.37 $\mu\text{g GAE/mg}$ 으로 가장 많았고, 대조군이 1.32 $\mu\text{g GAE/mg}$ 으로 가장 적게 나타났다($p < 0.05$). 대조군보다 첨가군에서 총 폴리페놀 함량이 높게 측정된 흑미 미강 분말(Joo & Choi 2012), 흑미 분말(Lee & Oh 2006)을 첨가한 쿠키의

총 폴리페놀 함량 측정 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 이와 같은 결과는 테프(175.65 g)가 밀(13.04 g)보다 100 g당 총 폴리페놀 함량이 높으며(Hager 등 2012), Mekonnen 등 (2014)이 보고한 테프 속에 존재한다고 알려진 폴리페놀 화합물 ferulic acid(285.9 $\mu\text{g/g}$), protocatechuic(25.5 $\mu\text{g/g}$), gentisic(15 $\mu\text{g/g}$), vanillic(54.8 $\mu\text{g/g}$), syringic(14.9 $\mu\text{g/g}$), coumaric(36.9 $\mu\text{g/g}$), 및 cinnamic(46 $\mu\text{g/g}$) acids의 영향인 것으로 판단된다. 테프 분말을 첨가한 쿠키의 플라보노이드 함량은 Table 5와 같다. 플라보노이드는 항산화 활성이 높을 뿐만 아니라, 항염증 효과까지 있는 폴리페놀의 한 종류이다(Singh 등 2017). 총 폴리페놀 함량과 마찬가지로 테프 분말 첨가량이 증가할수록 플라보노이드 함량이 0.45~3.66 $\mu\text{g QE/mg}$ 으로 증가하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$). 이는 현미, 쌀 분말(Son & Kang 2014)을 이용한 연구에서 실험군이 대조군인 박력분과 비교하였을 때, 쌀 분말(1.74%) > 현미 분말(1.57%) > 박력분(1.39%)으로, 대조군보다 플라보노이드 함량이 높게 나타나, 본 연구와 유사한 경향을 나타내었다.

7. DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능

라디칼 소거능 분석은 DPPH와 ABTS의 자유 라디칼을 수소공여체의 수소기와 결합시켜 특유의 보라빛 또는 청록빛의 탈색 정도를 측정하여 항산화 활성 능력을 분석하는 실험 방법이다(Robin 등 1999, Kim 등 2005). IC₅₀값이 낮을수록 항산화 활성이 높음을 나타낸다. 테프 분말을 첨가한 쿠키의 DPPH 라디칼 소거능 측정결과는 Table 5와 같다. DPPH 라디칼 소거능의 IC₅₀값은 대조군이 3,723.00 $\mu\text{g/mL}$ 로 가장 높았고 TF50, TF75, TF100이 405.27~518.77 $\mu\text{g/mL}$ 로 유의적인 차이 없이 낮게 나타났으며, 테프 분말 첨가와 함께 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 이는 흑미 미강 분말(Joo & Choi 2012) 쿠키와 현미 분말 머핀(Jung & Cho 2011)과 유사한 실험 결과를 나타내었다. 테프 분말을 첨가한 쿠키의 ABTS 라디칼 소거능 측정결과는 Table 5와 같다. ABTS 라디칼 소거능의 IC₅₀값 또한, 대조군이 1,822.36 $\mu\text{g/mL}$ 로 가장 높았으며,

Table 5. The content of antioxidant compounds and free radical scavenging of cookies with different amount of teff flour

Properties	Control	TF25	TF50	TF75	TF100
Polyphenol ($\mu\text{g GAE/mg}$)	1.32±0.11 ^{1) e2)}	2.05±0.13 ^d	2.21±0.05 ^c	2.73±0.04 ^b	3.37±0.02 ^a
Flavonoid ($\mu\text{g QE/mg}$)	0.45±0.04 ^e	1.28±0.02 ^d	1.51±0.01 ^c	1.87±0.03 ^b	3.66±0.04 ^a
DPPH IC ₅₀ ($\mu\text{g/mL}$)	3,723.00±560.68 ^a	1,100.89±150.62 ^b	436.73±30.80 ^c	518.77±9.62 ^c	405.27±21.25 ^c
ABTS IC ₅₀ ($\mu\text{g/mL}$)	1,822.36±110.32 ^a	1,354.27±69.19 ^b	699.77±48.36 ^c	592.39±18.52 ^{cd}	529.30±11.83 ^c

¹⁾ Values are mean±standard deviation.

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

TF100이 529.30 $\mu\text{g/mL}$ 로 가장 낮았다($p<0.05$). 이는 통 보리 분말을 첨가한 곡수(Lee 등 2013)의 ABTS IC₅₀값과 유사한 경향을 나타내었다. 일반적으로 총 폴리페놀 함량과 항산화 활성 능력은 양의 상관관계를 이루는 것으로 알려져 있으며, (Gheldof & Engeseth 2002), 본 실험에서도 이와 유사한 경향을 나타내었다. 이와 같은 결과는 테프 분말에 함유되어 있는 폴리페놀 화합물에 의한 것으로 첨가군의 항산화 활성 능력이 대조군보다 증가한 것으로 판단된다.

8. 소비자 기호도 조사

테프 분말을 첨가한 쿠키의 소비자 기호도 조사 결과는 Table 6과 같다. 외관(appearance)은 대조군(5.60), TF75(5.52), TF100(5.32)에서 높은 선호도를 나타낸 반면, TF25(4.52), TF50(4.52)에서는 상대적으로 낮은 선호도를 나타냈다. 향미(flavor)는 증가하는 경향을 나타내었지만, 유의적인 차이가 없었다($p<0.05$). 이는 주재료의 향보다 부재료인 버터의 향이 강하기 때문인 것으로 여겨진다. 당도(sweetness), 고소함(savory taste), 씹힘성(chewiness), 전반적인 기호도(overall acceptability)는 대조군과 첨가군 사이에 유의적인 차이가 없는 것으로 평가되었다. 특히 씹힘성의 경우, 조직감 측정에서 대조군(42.04 N), TF25(32.36 N), TF50(33.75 N), TF75(27.82 N), TF100(20.10 N)로 테프 분말이 첨가됨에 따라 경도가 감소한 반면, 소비자 기호도 조사에서는 시료 간 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나 상이한 결과를 보였다. 즉, 테프 분말의 첨가가 외관을 제외한 다른 항목의 기호도에는 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

요약 및 결론

본 연구에서는 글루텐이 없고 단백질이 높을 뿐만 아니라, 폴리페놀 화합물과 무기질이 풍부하다고 알려진 테프를 소재로 박력분의 0, 25, 50, 75, 100%를 대체한 쿠키의 품질 특

성, 항산화 활성 및 소비자 기호도 조사를 분석하였다. 품질 특성 결과, 굵기 손실률은 대조군과 비교하여 첨가군이 유의적으로 낮게 측정되었으며, 퍼짐성은 첨가군이 83.00~85.00으로 유의적으로 높게 측정되었다($p<0.05$). 밀도는 1.17~1.25 g/mL 로 시료 간 유의적인 차이가 없었다($p<0.05$). pH는 TF100이 6.04로 가장 낮게 측정 되었다. 색도의 경우, 주재료의 색 차이가 크기 때문에 첨가량이 증가함에 따라 명도(72.87~36.00)와 황색도(25.21~6.95)는 감소한 반면, 적색도(-1.02~4.81)는 증가하였다. 경도는 대조군 > TF25 > TF50 > TF75 > TF100(42.04~20.10 N) 순으로 유의적인 감소가 나타났으며, 5가지 시료 중에서 TF100이 20.10 N으로 가장 부드러운 쿠키로 나타났다. 총 폴리페놀 함량, 플라보노이드, DPPH, ABTS의 4가지 항산화 활성 실험에서 TF100이 항산화 물질 함량이 가장 높게 나타났으며, 항산화 활성 또한 가장 크게 측정되었다. 소비자 기호도 조사 결과, 외관을 제외한 향미, 단맛, 고소함, 씹힘성 및 전반적인 기호도에서 시료 간 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 외관은 대조군(5.60), TF75(5.52), TF100(5.32)이 높은 점수를 받았다. 쿠키의 품질 특성, 항산화 활성 및 소비자 기호도 조사 결과, 테프 분말 100% 첨가시 품질 특성 및 항산화 활성에서 대조군과 비교하여 우수한 결과를 나타내었으며, 기호도 측면에서는 대조군과 큰 차이가 없었다. 따라서 품질 특성 및 항산화 활성이 우수한 gluten-free 쿠키 제조에 있어, 100% 테프 분말의 이용이 바람직할 것으로 사료된다.

References

- AACC International. 2000. Approved Method of the American Association of Cereal Chemists. 10th ed. AACC International Saint Paul. MN. USA
- Abebe Y, Bogale A, Hambidge KM, Stoecker BJ, Bailey K, Gibson RS. 2007. Phytate, zinc, iron and calcium content

Table 6. Sensory preference scores for cookies with different amount of teff flour

Sensory Properties	Control	TF25	TF50	TF75	TF100
Appearance	5.60±1.08 ^{1)a2)}	4.52±1.47 ^b	4.52±1.32 ^b	5.52±1.12 ^a	5.32±1.63 ^a
Flavor	4.64±1.15 ^{NS}	5.12±1.05	4.92±1.12	4.96±1.49	4.96±1.59
Sweetness	4.36±1.47 ^{NS}	4.60±1.26	4.84±1.49	4.92±1.47	3.96±1.64
Savory taste	4.48±1.29 ^{NS}	4.92±1.39	5.04±1.02	5.32±1.18	4.68±1.70
Chewiness	4.20±1.63 ^{NS}	4.84±1.62	4.80±1.35	4.92±1.08	4.16±1.86
Overall acceptability	4.44±1.39 ^{NS}	4.80±1.41	4.88±1.13	4.92±1.19	4.28±1.51

¹⁾ Values are mean±standard deviation.

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

^{NS} No significant.

- of selected raw and prepared foods consumed in rural sidama, Southern Ethiopia, and implications for bioavailability. *J Food Comp Anal* 20:161-168
- An HK, Hong GJ, Lee EJ. 2010. Properties of sponge cake with added saltwort (*Salicornia herbacea* L.). *Korean J Food Culture* 25:47-53
- Bae CH, Park GH, Kang WW, Park HD. 2013. Quality characteristics of cookies added with rs4 type resistant corn starch. *Korean J Food Preserv* 20:539-545
- Bang SK, Son EJ, Kim HJ, Park Sm. 2013. Quality characteristics and glycemic index of oatmeal cookies made with artificial sweeteners. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:877-884
- Campo E, Arco LD, Urtasun L, Oria R, Ferrer-Mairal A (2016) Impact of sourdough on sensory properties and consumer's preference of gluten-free breads enriched with teff flour. *J Cereal Sci* 67:75-82
- Cho HS, Kim KH. 2013. Quality characteristics of cookies prepared with loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) leaf powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:1799-1804
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee H, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99:381-187
- Cummins AG, Roberts-Thomson IC. 2009. Prevalence of celiac disease in the asia-pacific region. *J Gastroenterol Hepatol* 24:1347-1351
- Francesco C, Giuseppe M. 2007. Celiac disease in the developing countries a new and challenging public health problem. *World J Gastroenterol* 13:2153-2159
- Gebremariam MM, 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. *J Food Sci Technol* 51:2881-2895
- Gheldof N, Engeseth NJ. 2002. Antioxidant capacity of honeys from various floral sources based on the determination of oxygen radical absorbance capacity and inhibition of *in vitro* lipoprotein oxidation in human serum samples. *J Agric Food Chem* 50:3050-3055
- Hager AS, Wolter A, Jacob F, Zannini E, Arendt EK. 2012. Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. *J Cereal Sci* 56:239-247
- Jang KH, Kwak EJ, Kang WW. 2010. Effect of rice bran powder on the quality characteristics of cookie. *Korean J Food Preserv* 17:631-636
- Jeong EJ, Kim K-P, Bang BH. 2013. Quality characteristics of cookies added with hongkuk powder. *Korean J Food Nutr* 26:177-183
- Jin HJ, Kim CS. 2015. Analysis for factors on buying decision making by female college and graduate students toward gluten-free food. *Korean J Food Marketing Economics* 32:1-29
- Joo SY, Choi HY. 2012. Antioxidant activity and quality characteristics of black rice bran cookies. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:182-191
- Jung HW, Chung HJ. 2013. Quality characteristics and amino acid content of cookies with gaba-enhanced brown rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:1813-1820
- Jung KI, Cho EK. 2011. Effect of brown rice flour on muffin quality. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40:986-992
- Kim BY, Choi HS, Lyu ES. 2014. Quality characteristics of cookies prepared with oat and barley powder. *Korean J Food Cookery Sci* 30:428-434
- Kim HY, Lee IS, Kang JY, Kim GY. 2002. Quality characteristics of cookies with various levels of functional rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 34:642-646
- Kim JH, Lee YT. 2004. Effects of barley bran on the quality of sugar-snap cookie and muffin. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33:1367-1372
- Kim JY, Lee KT, Lee JH. 2013. Quality characteristics of bakery products with whole green wheat powder. *Korean J Food Cookery Sci* 29:137-146
- Kim KB, Yoo KH, Park HY, Jeong JM. 2005. Anti-oxidative activities of commercial edible plant extracts distributed in Korea. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 49:328-333
- Kim MS, Park JD, Lee HY, Kum JS. 2013. Effect of rice flour prepared with enzyme treatment on quality characteristics of rice cookies. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:1439-1445
- Kim SH, Lee MH. 2015. Quality characteristics of cookies made with *Morinda citrifolia* powder. *Culi Sci & Hos Res* 21: 130-138
- Kim YS, Kim GH, Lee JH. 2006. Quality characteristics of black rice cookies as influenced by content of black rice flour and baking time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35:499-506
- Koh W, Noh W. 1997. Effect of sugar particle size and level on cookie spread. *J East Asian Soc Diet Life* 7:159-165
- Lee DH, Hong JH. 2016. Physicochemical properties and

- antioxidant activities of fermented mulberry by lactic acid bacteria. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:202-208
- 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
- Lee HJ, Kim MA, Lee HJ, Whang SY, Chung YK. 2010. Quality characteristics of frozen cookies with buckwheat flour. *J East Asian Soc Dietary Life* 20:969-974
- 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
- Lee JS, Oh MSO. 2006. Quality characteristics of cookies with black rice flour. *Korean J Food Cookery Sci* 22:193-203
- Lee MJ, Kim KS, Kim YK, Choi JS, Park KG, Kim HS. 2013. Quality characteristics and antioxidant activity of noodle containing whole flour of Korean hull-less barley cultivars. *Korean J Crop Sci* 58:459-467
- Marti A, Marengo M, Bonomi F, Casiraghi MC, Franzetti L, Pagani MA, Iametti S. 2017. Molecular features of fermented teff flour relate to its suitability for the production of enriched gluten-free bread. *LWT-Food Sci Technol* 78:296-302
- Martins SIFS, Jongen WMF, Van Boekel MAJS. 2001. A review of maillard reaction in food and implications to kinetic modeling. *Trends Food Sci Technol* 11:364-373
- Mekonnen MG, 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. *J Food Sci Technol* 51:2881-2895
- Molyneux P. 2004. The use of the stable free radical diphenyl picrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J Sci Technol* 26:211-219
- Moore MM, Heinbockel M, Dockery P, Ulmer HM, Arendt EK. 2006. Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. *Cereal Chem* 83:28-36
- Park BH, Cho HS, Park SY. 2005. A study on the antioxidative effect and quality characteristics of cookies made with lycii fructus powder. *Korean J Food Cook Sci* 21:94-102
- Robin VDB, Guido RMMH, Henk VDB, Aalt B. 1999. Applicability of an improved trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) assay for valuation of antioxidant capacity measurements of mixtures. *Food Chem* 66:511-517
- Shewry PR, Tatham AS, Barro F, Barcelo P, Lazzeri P. 1995. Biotechnology of breadmaking: Unraveling and manipulating the multi-protein gluten complex. *Bio/Tech* 13:1185-1190
- Shin GM. 2015. Quality characteristics of lycii fructus powder added sponge cake. *Culi Sci & Hos Res* 21:63-75
- Singh O, Kaur R, Mahajan RK. 2017. Flavonoid-surfactant interactions: A detailed physicochemical study. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc* 170:77-88
- Singleton V, Rossi J. 1965. Colormetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic* 1965:144-158
- Son JY, Kang KO. 2014. Antioxidant properties of commercial noodles made with wheat, rice, brown rice, and barley flour. *Food Service Industry Journal* 10:95-103
- We GJ, Lee IA, Kang TY, Min JH, Kang WS, Ko SH. 2011. Physicochemical properties of extruded rice flours and a wheat flour substitute for cookie application. *Food Eng Prog* 15:404-412

Received 13 January, 2017
Revised 13 March, 2017
Accepted 22 May, 2017