

테프(*Eragrostis tef*) 분말을 첨가한 파운드케이크의 품질 특성 및 노화 억제 분석

정기영 · 송가영 · 오현빈 · 장양양 · 신소연 · 김영순[†]

고려대학교 식품영양학과

Study on the Quality Characteristics and Retarding Retrogradation of Pound Cakes containing Teff (*Eragrostis tef*) Flour

Ki Youeng Jung, 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 effects of teff flour on the properties of pound cakes. Five types of pound cakes were made by addition of 0% (Control), 5% (TF5), 10% (TF10), 15% (TF15), and 20% (TF20) of teff flour based on wheat flour. Specific gravity of pound cake batter showed no significant differences among samples as 0.54 ($p < 0.05$). Baking loss was the highest in the control at 5.92% and the lowest in TF20 at 5.27%. Batter yield was the highest in TF20 at 94.73% and the lowest in control at 94.08%. Moisture content was the highest in TF20 at 23.68% and the lowest in control at 21.32%. pH showed no significant differences among samples at 7.61~7.65 ($p < 0.05$). *a*-values of crumb significantly increased while *L*-values and *b*-values significantly decreased with added teff flour amounts. ($p < 0.05$). ΔE values significantly increased with teff flour at 34.32~49.24 ($p < 0.05$). Hardness was lowest in TF20 at 180.60 g/cm². Springiness was the lowest in TF20 at 85.37%. Cohesiveness showed no significant differences among samples ($p < 0.05$). Chewiness was the lowest in TF20 at 172.17 g. Hardness more rapidly increased in control at 273.13~26,123.33 g/cm² than that of pound cakes with teff flour. Avrami exponent (*n*) was the highest in the control at 3.5987 and the lowest in TF20 at 1.2144. In sensory evaluation, flavor of TF20 was higher than that of the control at 4.43. Overall acceptability had a higher score in TF20 than in the control. It is considered that addition of 20% teff flour can improve the quality characteristics and retard retrogradation of pound cake.

Key words : Avrami exponent, pound cake, quality characteristics, retarding retrogradation, teff

서 론

최근 들어 여행과 대중매체를 통하여 국내 소비자들이 다양한 식생활 문화를 접할 기회가 많아졌으며, 이에 따라 전통적으로 쌀을 주식으로 하는 우리나라의 식생활 패턴이 변화하고 있다. 제과 제빵 식품은 간식뿐만 아니라, 제2의 기본 식량으로 자리매김하여 한국 주식문화에 많은 영향을 주었다(Han & Kim 2015). 그 중 부드러운 조직감을 지닌 파운드 케이크는 만들기가 간편하고, 재료 또한 구하기 쉬워 사람들이 많이 찾는 케이크이다. 본래 파운드케이크는 박력분 1 lb, 버터 1 lb, 설탕 1 lb 그리고 달걀 1 lb 씩 넣어 크림법을 사용하여 만들지만, 현대에 와서 재료의 배합 비율을 달리하거나 화학적 팽창제를 첨가하는 등 다양한 조리법이 개발되었다(Miller 2016). 또한 국내 소비자들의 소득 수준이 높아짐에 따라 식생활 패턴은 영양적인 1차 기능과 관능적인 2차 기능

을 넘어 생리활성 측면인 3차 기능을 추구하기 시작하였고(Kim & Kang 1998), 이에 따라 우수한 가능성을 가진 발아 현미(Yun 등 2015), 크랜베리(Lee 등 2015), 미나리(An 2014), 아마씨(Chung 등 2014), 감초(Park & Lee 2014) 등 기능성 식재료를 첨가한 파운드케이크 연구가 발표되었다.

테프(*Eragrostis tef*)는 에티오피아의 주식으로 조, 수수, 귀노아와 비슷한 성질을 지닌 곡물의 한 종류이며, 젖산균과 이스트를 이용하여 발효시킨 부드럽고 폭신한 팬케이크 모양의 *injera*로 섭취된다(Bultosa 2016). *Injera*는 멕시코의 *burrito*와 비슷한 방식으로 섭취되며, 각종 채소와 고기를 싸먹는 *tortilla*의 일종이다. 국내에서는 밥에 넣어 먹거나 깨소금 대용으로 이용하고 있다. 에티오피아의 테프 총생산량은 376만 톤에 달하며, 미국 아이다호 및 캔자스 일부 지역에서 실험적으로만 재배되고 있을 뿐, 국내에선 공식적으로 재배되고 있는 곳은 없다. 테프 외피의 색에 따라 하얀색의 *netch*, 붉은색 또는 갈색의 *qey*, 혼합색의 *sergegna* 세 가지로 분류되며(Gebremariam 등 2014), 길이 0.9~1.7 mm, 둘레 0.7~1.0 mm로 크기가 매우 작은 편이다. 철분, 아연, 칼슘 함량이

[†] Corresponding author : Young-Soon Kim, Tel: +82-2-3290-5638, Fax: +82-2-921-7207, E-mail: kteresaa@korea.ac.kr

다른 곡물들보다 높고(Abebe 등 2007), 100 g 당 식이섬유 함량이 3 g으로 박력분의 2 g, 현미의 0.6~1 g보다 높으며(Gebremariam 등 2014), 8개의 필수 아미노산을 포함하여 단백질 함량이 높고 불포화 지방산이 많다(Hager 등 2012). 또한, 항산화능력을 가진 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), and cinnamic (46 µg/g) acids 등의 폴리페놀 화합물을 함유하고 있다(Mekonnen 등 2014). 테프는 밀보다 영양가가 높을 뿐만 아니라, 전분 노화에 높은 저항성을 가지고 있다고 알려져 있다(Bultosa 2016). 또한 글루텐이 없어 소화 기관이 약하거나, 글루텐 알러지가 있는 사람들이 먹기에 좋다. 국외에선 최근 Teff: Overview(Bultosa 2016), 테프 글루텐프리 생면(Campo 등 2016), teff의 다양한 활용 방안(Gebremariam 등 2014) 등 테프와 관련된 다양한 연구가 이루어졌다. 무기질과 섬유소의 함량이 높고, 단백질이 좋으며, 폴리페놀 화합물이 풍부한 테프의 영양적 가치와 글루텐이 없는 특성에도 불구하고, 테프를 이용한 국내 연구는 미비한 실정이다. 본 연구에서는 기능성 식재료인 테프를 첨가하여 파운드케이크를 제조하고, 이화학적 특성, 저장기간에 따른 노화 억제에 대한 영향 및 관능적 특성을 분석하였으며, 새로운 식품 소재를 활용한 레시피 개발에 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용된 테프는 아프리카 지부티에서 생산된 혼합색의 테프로 (주)초원한방플러스(Seoul, Korea)에서 구매하였다. 테프는 100 mesh 체에 받쳐 세척하고, 2일 간 상온에서 건조한 후 Freeze dryer(FD8508, Ilshin Biobase Co., Gyeonggi, Korea)를 이용해 -80°C 이하에서 36시간 동결 건조하였다. 동결 건조된 테프는 High speed crushing machine(RT-04, Hung Chuan Machinery Enterprise Co., Ltd, Taipei, Taiwan)를 이용하여 분말형태로 만든 후, 40 mesh 체를 통과시켜 시료로 사용하였다. 파운드케이크 제조에는 박력분(CJ Cheiljedang Co., Ltd, Seoul, Korea), 버터(Lotte Foods Co., Ltd, Seoul, Korea), 달걀(Pulmuone Co., Ltd, Seoul, Korea), 설탕(CJ Cheiljedang Co., Ltd, Seoul, Korea), 소금(CJ Cheiljedang Co., Ltd, Seoul, Korea), 베이킹파우더(Hanseung food Co., Ltd, Gimpo, Korea)를 구매하여 사용하였다.

2. 파운드케이크의 제조

테프 분말을 첨가한 파운드케이크 재료 배합 비율은 Campo 등(2016)의 방법을 응용하였다. 테프 분말은 박력분 중량 100 g 기준 0%, 5%, 10%, 15% 및 20% 수준으로 첨가하였고,

재료 배합 비율은 Table 1과 같다. 파운드케이크는 AACC (AACC International 2000)에 따라 Creaming method에 의해 Fig. 1과 같이 제조하였다. 즉, 버터는 볼(Bowl)에 넣어 반죽기(Chef classic KM400, Kenwood, Havant, England)를 이용해 4단에서 1분간 크림화하였다. 크림화한 버터에 설탕을 넣고 5단에서 2분간 혼합한 후, 달걀을 5단에서 30초 간격으로 4번 나누어 넣었다. 박력분, 테프 분말, 베이킹파우더, 소금을 넣고, 1단에서 30초간 혼합하여 반죽을 완성하였고, 227×75×50 mm 크기 종이 틀에 반죽을 625 g씩 각각 담아서 180°C로 예열한 오븐(Zipel DE68-04072D, Samsung, Seoul, Korea)에서 40분간 구워 25°C에서 2시간 방냉 후 시료로 사용하였다.

3. 반죽의 비중, 굽기 손실률, 반죽 수율 측정

파운드케이크 반죽의 비중(specific gravity)은 AACC (AACC International 2000)에 따라 반죽 완성 후 무게를 측정하였으며, 아래 공식에 따라 계산하였다. 굽기 손실률(baking loss), 반죽 수율(batter yield)은 완성된 반죽 무게와 구운 후 25°C에서 2시간 방냉 후의 파운드케이크 무게를 각각 3회 반복 측정 후 아래 공식에 따라 계산한 후 평균값을 구하였다.

Specific gravity =

$$\text{Weight of cake batter} / \text{Weight of water}$$

Baking loss (%) =

$$[(\text{Weight of cake batter} - \text{Weight of cake}) / \text{Weight of cake batter}] \times 100$$

Table 1. Formulas for pound cakes with different amounts of teff flour

Ingredients (g)	Control ¹⁾	TF5	TF10	TF15	TF20
Wheat flour	200	190	180	170	160
Teff flour	0	10	20	30	40
Butter	150	150	150	150	150
Whole egg	150	150	150	150	150
Sugar	150	150	150	150	150
Salt	1	1	1	1	1
Baking powder	4	4	4	4	4

¹⁾ Control : No teff flour added.

TF5 : 5 g teff flour per 100 g flour.

TF10 : 10 g teff flour per 100 g flour.

TF15 : 15 g teff flour per 100 g flour.

TF20 : 20 g teff flour per 100 g flour.

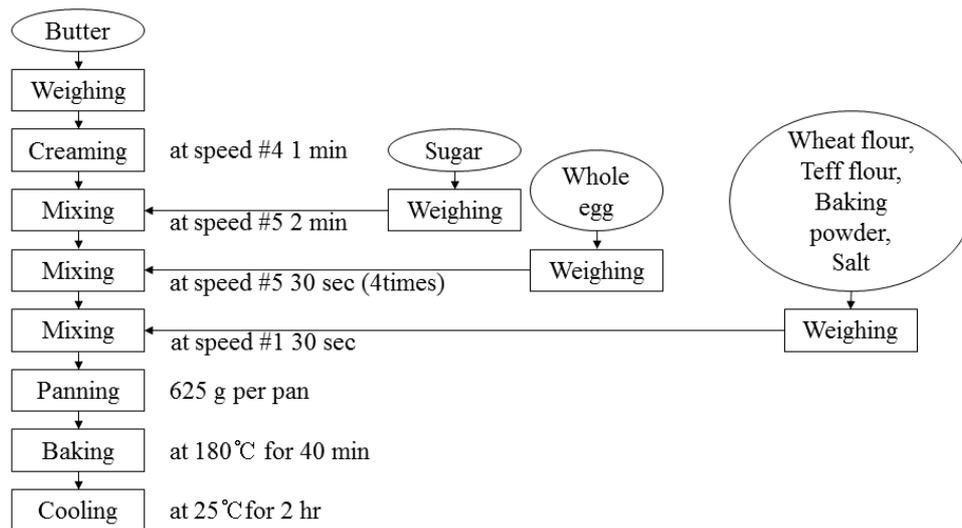


Fig. 1. Manufacturing process for pound cake added with teff flour.

$$\text{Batter yield (\%)} = \frac{\text{weight of cake}}{\text{weight of cake batter}} \times 100$$

4. 수분함량 측정

수분함량 측정은 파운드케이크 Crumb 10 g을 취하여 Moisture analyzer(MB35, OHAUS, Zurich, Switzerland)를 이용해 105°C에서 시료의 무게가 변하지 않을 때까지 각 3회 반복 측정 후 평균값을 구하였다.

5. pH 측정

pH 측정은 파운드케이크 Crumb 10 g과 증류수 90 mL를 혼합하여 Homogenizer(Unidrive 1000 D, CAT M.Zipperer GmbH, Staufen, Germany)로 1분간 균질화한 후, pH meter (SP-701, Sontex Instruments Co., Ltd, Taipei, Taiwan)를 이용하여 3회 반복 측정 후 평균값을 구하였다.

6. 색도 측정 및 외관 촬영

색도 측정은 파운드케이크 Crumb를 Colorimeter(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 색차)은 아래 공식에 따라 계산하여 평균값을 구하였다. 이때 표준 백색판의 색 좌표는 $L=94.63$, $a=0.37$, $b=2.03$ 이었다.

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

7. 조직감 측정

조직감 측정은 Park(2008)의 방법을 응용하였다. 파운드케이크 Crumb를 20×20×20 mm 크기로 잘라 Rheometer(Compac-100II, Sun Scientific, Tokyo, Japan)를 이용하여 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness) 및 씹힘성(chewiness)을 측정하였다. 조건 설정은 No. 1 probe (Φ20 mm)를 이용하고, 압축, 진입 거리 10 mm, 테이블 속도 120 mm/min, 최대 응력 10 kg, 시료와 어댑터 거리 5.00 mm로 설정하여 two bite compression test를 3회 반복 측정 후 평균값을 구하였다.

8. 저장 중 노화 특성 및 노화 억제 효과 측정

저장 중 노화 특성은 Park 등(2008)이 측정한 경도 변화에 따른 방법을 응용하였다. 파운드케이크 Crumb를 20×20×20 mm 크기로 잘라 30°C에 보관하면서 0, 5, 10, 15 및 20일 동안 Rheometer(Compac-100II, Sun Scientific, Tokyo, Japan)를 이용하여 경도(hardness)를 측정하였다. 테프 분말을 첨가한 파운드케이크의 노화 억제 효과를 분석하기 위해 Song 등(2016)의 Avrami 방정식을 이용하여 Avrami 지수(n), 속도상수(k), 시간상수($1/k$)를 구하고, 시료들의 노화속도를 비교하였다.

$$\log[-\ln(EL - Et) / (EL - E_0)] = \log k + n \log t$$

e^{-kt^n} : 일정 시간 후 결정화되지 않은 부분

E_L : 이론적으로 도달할 수 있는 최고 경도(30°C에서 20일간 저장한 경도)

E_t : t 시간 후의 경도

E_0 : 초기의 경도

k : 속도상수(rate constant)

n : Avrami 지수(결정화 단계에 따라 1~4 값)

9. 소비자 기호도 조사

소비자 기호도 조사는 대학원생 30명을 대상으로 실시하였으며, 외관(appearance), 향미(flavor), 단맛(sweetness), 촉촉함(moistness), 씹힘성(chewiness) 및 전반적인 기호도(overall acceptability)에 대해 7점 척도법(7은 매우 좋음, 4는 보통, 1은 매우 나쁨)으로 평가하였다. 세 자리 난수표를 이용하여 시료 번호를 표시하여 제공하였고, 시료의 잔향 및 잔미를 없애기 위해 물로 입안을 헹군 후 각각의 시료를 평가하게 하였다.

10. 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. 반죽의 비중, 굽기 손실률, 반죽 수율

테프 분말을 첨가한 파운드케이크 반죽의 비중, 굽기 손실률, 반죽 수율은 Table 2와 같다. 반죽의 비중은 케이크의 품질 특성에 영향을 주는데, 비중이 높으면 조밀한 기공과 치밀한 조직으로 무겁고 부피가 작아지며, 비중이 낮으면 기공이 열려 거친 조직이 형성되어 부피가 커지게 된다(Shin 2015). 테프 분말을 첨가한 파운드케이크 반죽의 비중은 0.54로 시료 간 유의적인 차이가 없었으며($p < 0.05$), 이는 발아 현미(Yun 등 2015), 미강 분말(Kyeung 등 2010)을 첨가한 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 반면, 홍국 분말(Song 등 2016)을 첨가한 경우, 비중이 증가하는 경향을 나타내어 본 연구결과와 상반되었다.

굽기 손실률은 대조군이 5.92%로 가장 높았고, TF20이 5.27%로 가장 낮았으며, 5.27~5.92%로 테프 분말 첨가량이 증가할수록 굽기 손실률이 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$). 이는 쌀가루 분말을 첨가한 당귀 파운드 케이크(An & Park 2012)와 유사한 경향을 나타내었다. 케이크의 굽기 손실은 반죽을 구울 때 열에 의하여 조직이 팽창하면서 기공이 열려 수분이 빠져나가 발생하고(An 등 2010), 글루텐이 없는 분말을 첨가한 경우, 조직의 팽창이 억제되어 수분 증발이 잘 되지 않아 굽기 손실률이 감소하게 된다고 알려져 있다(Shin 2015). 이에 따라 테프 분말 첨가량이 증가할수록 굽기 손실률이 유의적으로 감소하는 이유는 테프 분말의 글루텐이 없는 특성 때문인 것으로 판단된다.

반죽 수율은 TF 20이 94.73%로 가장 높았고, 대조군이 94.08%로 가장 낮았으며, 그 범위는 94.08~94.73%로 테프 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$). 이는 반죽 수율이 96.33~96.56%로 증가하는 홍국 분말(Song 등 2016)을 첨가한 연구결과와 일치하였으며, 미강 분말(Kyeung 등 2010)을 첨가한 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 이와 같은 결과는 글루텐이 없는 테프 분말의 첨가량이 증가할수록 굽는 과정 중 조직의 팽창이 억제되고, 수분 증발이 잘 되지 않는 특성과 박력분(대조군의 수분함량 21.32%)과 비교하여 테프 분말(첨가군의 수분함량 22.31~23.68%)의 수분 흡수력의 차이가 반죽 수율을 높인 것으로 판단된다.

2. 수분함량

테프 분말을 첨가한 파운드케이크의 수분 함량은 Table 3과 같다. 수분함량은 TF20이 23.68%로 가장 높았고, 대조군이 21.32%로 가장 낮았으며, 테프 분말 첨가군의 경우 22.31~23.68%로 테프 분말 첨가량이 증가할수록 수분함량이 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 이는 쌀가루 분말을 첨가한 당귀 파운드케이크(An & Park 2012)와 유사한 경향을 나타내었다. 수분은 질감에 영향을 가장 많이 미치는 요인으로 수분함량이 높을수록 촉촉하고 부드러운 케이크가 되며(Ahn

Table 2. Specific gravity, baking loss, and batter yield of pound cakes with different amounts of teff flour

Properties	Control	TF5	TF10	TF15	TF20
Specific gravity	0.54±0.00 ^{1)NS}	0.54±0.00	0.54±0.00	0.54±0.00	0.54±0.00
Baking loss (%)	5.92±0.00 ²⁾	5.84±0.01 ^b	5.48±0.01 ^d	5.65±0.01 ^c	5.27±0.00 ^c
Batter yield (%)	94.08±0.00 ^c	94.15±0.01 ^d	94.52±0.01 ^b	94.35±0.01 ^c	94.73±0.00 ^a

¹⁾ Values are mean±standard deviation.

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

^{NS} Not significant.

Table 3. Moisture content and pH of pound cakes with different amounts of teff flour

Properties	Control	TF5	TF10	TF15	TF20
Moisture (%)	21.32±0.70 ^{1) <sup>2)</sup>}	22.47±0.13 ^{abc}	22.31±1.18 ^{bc}	22.93±0.52 ^{ab}	23.68±0.47 ^a
pH	7.65±0.07 ^{NS}	7.66±0.01	7.67±0.01	7.67±0.08	7.61±0.05

¹⁾ Values are mean±standard deviation.

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

^{NS} Not significant.

& Song 1999), 저장성과 팽창성에 중요한 인자이다(Kim 1994). 또한 케이크의 수분 함량은 첨가된 분말의 섬유질의 함량이 높으면 섬유질의 수분 흡착 작용으로 인해 높아지게 된다(Yoon 등 2007). 테프 분말은 100 g당 식이섬유 함량이 3 g으로 박력분이 100 g당 식이섬유 함량이 2 g인 것과 비교하여 테프 분말의 식이섬유 함량이 박력분보다 높다는 Gebremariam 등(2014)의 연구 결과가 있고, 테프 분말 파운드케이크의 높은 수분함량은 테프 분말에 다량 존재하는 섬유질에 의한 수분 흡착 작용 때문인 것으로 판단된다.

3. pH

테프 분말을 첨가한 파운드케이크의 pH 측정 결과는 Table 3과 같다. pH는 Crust 색과 부피에 영향을 주며, pH가 낮으면 Crust 색이 연하게 되고 부피를 감소시키는 것으로 알려져 있다(Lee 등 2015). 파운드케이크의 pH는 7.61~7.67로 시료 간 유의적인 차이가 없었다($p<0.05$). 대조군과 테프 분말 첨가군 간의 pH 차이가 나타나지 않는 가장 큰 이유는 박력분과 테프 분말의 pH 차이가 6.00과 6.14로 차이가 거의 없기 때문인 것으로 판단되며, 이는 곡물을 시료로 이용한 홍콩 분말(Song 등 2016)을 첨가한 연구결과(pH 8.57~8.60)와 일치하였고, 미강 분말(Kyeung 등 2010)을 첨가한 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다.

4. 색도 측정 및 외관 촬영

테프 분말을 첨가한 파운드케이크의 색도 측정 결과는

Table 4와 같다. L값은 대조군이 67.50으로 가장 높았고, TF-20이 46.99로 가장 낮았으며, 테프 분말 첨가량이 증가할수록 67.50~46.99로 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). a값은 TF20이 0.89로 가장 높았고, 대조군이 -3.87로 가장 낮았으며, 테프 분말 첨가량이 증가할수록 -3.87~0.89로 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). b값은 대조군이 22.61로 가장 높았고, TF-20이 14.45로 가장 낮았으며, 22.61~14.45로 테프 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 또한 ΔE 값은 34.32~49.24로 테프 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 이는 원재료인 박력분(L값 92.46, a값 -0.74, b값 8.17)과 테프 분말(L값 64.03, a값 3.12, b값 9.03)의 색 차이와 구워지는 과정에서 갈색화 반응과 pH의 영향 때문으로 판단된다(Lee 등 2015).

테프 분말을 첨가한 파운드케이크의 외관은 Fig. 2와 같다. 테프 분말 첨가량이 증가할수록 갈색 빛이 점차 증가하여 밝은 색에서 진한 색으로 변화하였으며, 높이가 감소하며, 옆으로 퍼지는 것을 육안으로 확인할 수 있었다. 이는 글루텐이 없는 테프 분말 첨가로 인해 망상구조가 약화되어 조직의 팽창이 억제된다는 보고가 있으며(Shin 2015), 테프 분말을 첨가할수록 파운드케이크의 높이가 감소하고, 옆으로 퍼진 원인은 테프 분말의 글루텐이 없는 특성 때문인 것으로 판단된다.

5. 조직감

테프 분말을 첨가한 파운드케이크의 경도(hardness), 탄력

Table 4. Color values of pound cakes with different amounts of teff flour

Color values	Control	TF5	TF10	TF15	TF20
L	67.50±0.28 ^{1) a2)}	59.36±1.30 ^b	53.32±1.19 ^c	50.20±1.37 ^d	46.99±1.91 ^e
a	-3.87±0.13 ^c	-1.88±0.18 ^d	-0.48±0.30 ^c	0.30±0.10 ^b	0.89±0.12 ^a
b	22.61±0.63 ^a	19.26±0.79 ^b	17.07±0.71 ^c	15.66±0.47 ^d	14.45±0.67 ^e
ΔE	34.32±0.60 ^c	39.33±1.11 ^d	43.98±0.93 ^c	46.48±1.27 ^b	49.24±1.70 ^a

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

¹⁾ Values are mean±standard deviation.

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

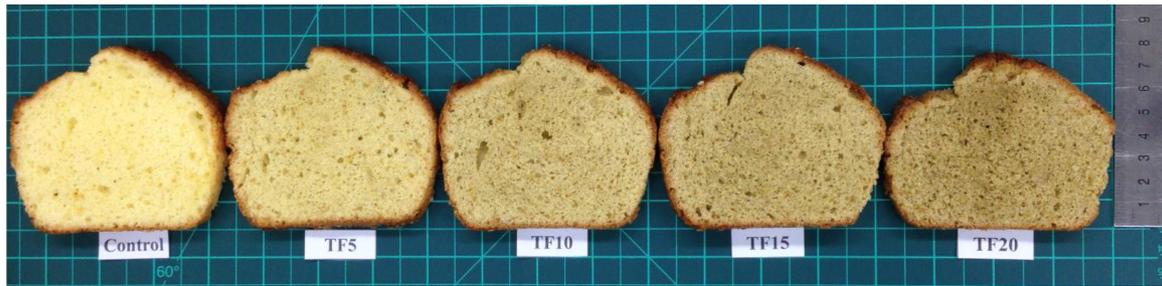


Fig. 2. Photograph of pound cakes with different amounts of teff flour.

성(springiness), 응집성(cohesiveness) 및 씹힘성(chewiness) 등 4가지 항목의 조직감 측정 결과는 Table 5와 같다. 경도는 TF20가 180.60 g/cm^2 로 가장 낮았고, 테프 분말 첨가량이 증가할수록 경도가 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다 ($p < 0.05$). 이는 쌀가루 당귀 분말(An & Park 2012), 미강 분말(Kyeong 등 2010), 옥수수 전분(Kim & Jang 2005)을 첨가한 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 경도는 수분 함량, 제품 기공의 발달 정도에 영향을 받는데(Shin 2015), 수분이 많고 기공 발달이 좋으면 부드러운 케이크가 된다. 또한 케이크의 경도는 전분의 노화와 밀접한 관련이 있으며, 케이크에 첨가된 분말 속 섬유소의 높은 수분 보유력이 전분의 노화를 지연시킨다(Sych 등 1987). 테프 분말을 첨가한 파운드케이크의 경도 변화 원인은 테프 식이섬유의 수분 보유력으로 인한 케이크 내 수분 함량 증가 때문으로 판단된다. 탄력성은 TF20이 85.37%로 가장 낮았고, TF20을 제외한 시료 간 유의적인 차이는 없었다($p < 0.05$). 이는 미강(Kyeong 등 2010)을 첨가한 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 케이크의 탄력성은 기공형성 상태에 영향을 받는데, 기공의 크기가 커서 부피가 커지면 탄력성이 증가하고, 기공이 작아 부피가 줄어들면 탄력성이 감소하게 된다(Shin 2015). TF20의 탄력성이 가장 낮게 나타난 것은 글루텐이 없는 테프 분말이 기공 형성을 방해하여 탄력성이 감소한 것으로 판단된다. 응집성은 62.43~64.58%로 시료 간 유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$). 이는 쌀가루 당귀 분말(An & Park 2012)을 첨

가한 실험 결과와 유사하였다. 씹힘성은 경도와 상관관계가 깊은데(Shin 2015), TF20이 172.17 g 으로 가장 낮았고, 테프 분말 첨가량이 증가할수록 씹힘성이 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$). 이는 쌀가루 당귀 분말(An & Park 2012), 미강 분말(Kyeong 등 2010), 옥수수 전분(Kim & Jang 2005)분말을 첨가한 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 본 실험의 조직감 측정결과, 글루텐이 없는 분말을 첨가한 것과 전반적으로 비슷한 양상을 나타냈는데, 이는 글루텐의 감소와 연관이 있는 것으로 판단된다.

6. 저장 중 노화 특성 및 노화 억제 효과

테프 분말을 첨가한 파운드케이크의 저장 기간별 경도 측정 결과는 Fig. 3과 같다. 대조군과 첨가군 모두 저장 기간에 따라 경도가 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 대조군이 저장 기간 10일이 지나면서 경도 변화가 급격하게 발생한 반면, 첨가군은 변화 정도가 완만하였다. 저장 기간 15일에는 대조군이 $21,430.00 \text{ g/cm}^2$ 로 가장 높았으며, TF20이 $1,678.00 \text{ g/cm}^2$ 로 가장 낮았다. 저장기간 20일에는 대조군이 $26,123.33 \text{ g/cm}^2$ 로 가장 높았고, TF20이 $4,110.67 \text{ g/cm}^2$ 로 가장 낮았다. 테프 분말을 첨가한 파운드케이크의 노화 속도 결과는 Table 6과 같다. Avrami 지수(n)는 대조군이 3.5987로 가장 높았고, TF20이 1.2144로 가장 낮았다. Avrami 지수(n)는 결정체 형성 시간과 속도가 복합된 결정화 형태를 나타내주는 값이며, 1~4 사이의 값이 나온다. 1~2 값은 결정핵 발생 분포가 일

Table 5. Texture properties of pound cakes with different amounts of teff flour

Texture properties	Control	TF5	TF10	TF15	TF20
Hardness (g/cm^2)	273.13±18.81 ^{1)c2)}	378.23±26.39 ^a	318.00±8.39 ^b	223.80±30.96 ^d	180.60±17.64 ^c
Springiness (%)	88.30±1.50 ^a	88.81±0.18 ^a	88.77±0.38 ^a	87.91±0.62 ^a	85.37±1.41 ^b
Cohesiveness (%)	63.22±1.44 ^{NS}	62.89±0.18	62.43±1.12	64.58±1.24	63.03±1.02
Chewiness (g)	279.31±33.94 ^{ab}	338.28±47.39 ^a	329.87±3.32 ^{ab}	262.02±59.93 ^b	172.17±9.66 ^c

¹⁾ Values are mean±standard deviation.

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

^{NS} Not significant.

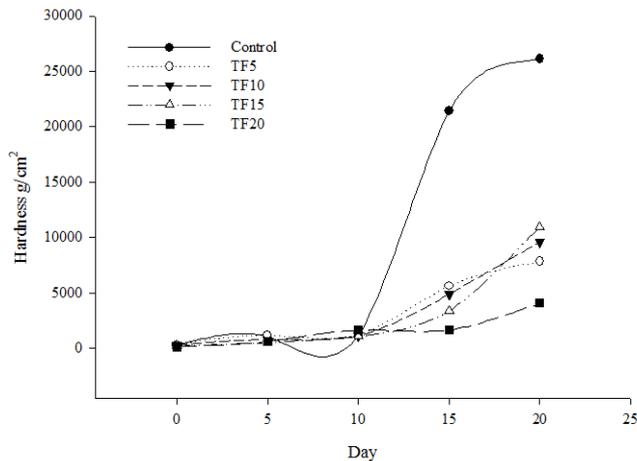


Fig. 3. Changes in hardness of pound cakes with different amounts of teff flour for 20 days.

정하고, 1 또는 2차원적인 성장을 나타낸다(Korea Food Research Institute 1997). 3~4 값은 결정핵 발생이 산발적이고, 3차원적인 성장과 결정립을 형성하면서 완전한 포화가 이루어질 때까지 결정화가 진행됨을 나타낸다(Kim 1991). 속도상수(k)는 대조군이 0.1673으로 가장 높았고, TF20이 0.0353으로 가장 낮았으며, 시간상수($1/k$)는 TF20이 28.3286으로 가장 높았고, 대조군이 5.9772로 가장 낮았다. 시료 간 속도상

수(k)와 시간상수($1/k$)를 고려하면 대조군보다 테프 첨가군이 낮은 속도로 노화가 진행되었음을 알 수 있다. 이는 테프가 밀보다 노화에 높은 저항성을 가지고 있다는 Bultosa(2016)의 연구결과와 일치하였으며, 홍국 분말(Song 등 2016)을 첨가한 홍국 분말 15% 첨가한 시료의 시간상수($1/k$) 값이 200.00으로 나타난 연구결과와 유사하였다. 감귤 분말(Park 등 2008)을 첨가한 경우 노화가 촉진되며, 본 연구결과와 상반된 결과를 나타내었다. 제빵 제품의 노화도는 수분함량과 관련이 있으며 테프 분말 속 섬유소의 높은 수분 보유력이 테프 파운드케이크의 수분 함량을 높여 전분의 노화를 지연시킨 것으로 판단된다.

7. 소비자 기호도 조사

테프 분말을 첨가한 파운드케이크의 외관(appearance), 향미(flavor), 단맛(sweetness), 촉촉함(moistness), 씹힘성(chewiness) 및 전반적인 기호도(overall acceptability) 등 6가지 항목의 소비자 기호도 조사의 결과는 Table 7과 같다. 외관 4.65~5.52, 단맛 4.48~5.13, 촉촉함 4.26~5.22, 씹힘성 4.78~5.09로 4항목에서 시료 간 유의적인 차이는 없었다($p < 0.05$). 향미는 대조군 4.43, TF5 5.09, TF10 5.35, TF15 5.48, TF20 5.26으로 대조군이 가장 낮은 점수를 받았으며, 테프 분말 첨가군이 높은 점수를 받았다. 이는 테프 고유의 고소한 견과

Table 6. Avrami equation analysis of pound cakes with different amounts of teff flour

Avrami equation analysis	Control	TF5	TF10	TF15	TF20
Avrami exponent (n) ¹⁾	3.5987	2.1337	2.2891	2.2733	1.2144
Rate constant (k) ²⁾	0.1673	0.1101	0.0624	0.0522	0.0353
Time constant ($1/k$)	5.9772	9.0826	16.0256	19.1570	28.3286

¹⁾ Values obtained from the slope of the plot $\log [-\ln (E_L - E_t) / (E_L - E_0)]$ vs $\log t$.

²⁾ Values obtained from the slope of the plot $\log \ln (E_L - E_t)$ vs time.

Table 7. Sensory preference scores for pound cakes with different amounts of teff flour

Sensory properties	Control	TF5	TF10	TF15	TF20
Appearance	5.52±1.24 ^{1)NS}	5.00±1.13	5.17±1.11	4.74±1.45	4.65±1.58
Flavor	4.43±1.08 ^{b2)}	5.09±1.08 ^a	5.35±1.23 ^a	5.48±0.99 ^a	5.26±1.00 ^a
Sweetness	4.48±1.20 ^{NS}	4.70±1.16	4.78±1.17	5.13±1.29	5.04±1.22
Moistness	4.26±1.14 ^{NS}	4.83±1.15	4.70±1.06	5.09±1.41	5.22±1.31
Chewiness	4.83±1.19 ^{NS}	4.96±1.02	5.09±1.31	4.78±1.20	5.09±1.41
Overall acceptability	4.39±1.16 ^b	5.30±0.93 ^a	5.30±1.02 ^a	5.39±1.31 ^a	5.30±1.26 ^a

¹⁾ Values are mean±standard deviation.

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

^{NS} Not significant.

류 향 때문으로 여겨진다(Bultosa 2016). 수분함량과 경도에 서 시료간 유의적인 차이가 있었지만, 촉촉함과 씹힘성의 경우 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이는 오디 분말(Yoo & Jeong 2012)을 첨가한 실험결과와 유사한 경향을 나타내었는데, 이러한 결과는 소비자들의 선호도 차이인 것으로 판단된다. 전반적인 기호도에서는 대조군이 4.39로 가장 낮은 점수를 받았으며, 테프 첨가군이 5.30~5.39로 높은 점수를 받았다. 이는 테프 고유의 고소한 향, 섬유질에 의한 높은 수분함량 그리고 부드러운 조직감 때문인 것으로 판단된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 박력분의 0%, 5%, 10%, 15% 및 20%를 테프 분말로 대체하여 파운드케이크를 제조하고, 테프 파운드케이크의 품질 특성과 노화 억제 효과에 대해 살펴보고자 하였다. 테프 파운드케이크의 반죽의 비중은 시료 간 유의적인 차이가 없었으며($p < 0.05$), 테프 분말의 첨가량이 증가함에 따라 굽기 손실률이 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 반죽 수율은 테프 분말 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 수분함량은 테프 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였고, 이는 조직감과 노화도에 영향을 미친 것으로 판단된다($p < 0.05$). pH는 7.61~7.67로 시료 간 유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$). 색도의 경우, a 값은 테프 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였으며, L 값과 b 값은 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). ΔE 값은 테프 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 조직감 측정결과, TF20이 180.60 g/cm²로 가장 낮은 경도 값을 나타내었고, 탄력성은 85.37%로 가장 낮은 값을 나타내었다. 응집성과 씹힘성은 시료 간 유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$). Avrami 지수(n)는 대조군이 3.5987로 가장 높았으며, TF20이 1.2144로 가장 낮았다. 노화 속도는 대조군의 속도상수(k) 값이 0.1673, 시간상수($1/k$) 값이 5.9772로 가장 빨랐으며, TF20의 속도상수(k) 값이 0.0353, 시간상수($1/k$) 값이 28.3286으로 가장 느렸다. 소비자 기호도 조사 결과, 테프 분말을 첨가한 파운드케이크가 대조군과 비교하여 향미와 전반적인 기호도에서 높은 점수를 나타내었다. 이상의 결과로 미루어 볼 때, 테프 분말 20%의 첨가가 파운드케이크의 품질 특성, 노화 억제 효과 및 관능적 특성을 향상시키기에 적합한 것으로 판단되며, 향후 테프 고유의 특징을 살릴 수 있는 다양한 레시피 개발에 관한 연구가 더욱 필요할 것으로 여겨진다.

REFERENCES

AACC International (2000) Approved Method of the Ameri-

- can Association of Cereal Chemists. 10th ed. AACC International Saint Paul. MN. USA.
- Abebe Y, Bogale A, Hambidge M, Stoecker BJ, Bailey K, Gibson RS (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 Compos Ana* 20(3-4): 161-168.
- Ahn JM, Song YS (1999) Physico-chemical and sensory characteristics of cakes added sea mustard and sea tangle powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 23(3): 534-541.
- An SH (2014) Quality characteristics of pound cake added with dropwort powder. *Korean J Food Cook Sci* 30(3): 239-248.
- An SH, Pakr GS (2012) Quality characteristics of pound cake containing *Angelica gigas* Nakai with various levels of rice flour. *Korean J Food Cook Sci* 28(6): 763-772.
- An HK, Hong GJ, Lee EJ (2010) Properties of sponge cake with added saltwort (*Salicornia herbacea* L.). *J Korean Soc Food Cult* 25(1): 47-53.
- Bultosa G (2016) Teff: overview. 1. In: Encyclopedia of food grains (second edition). Wrigley C, Corke H, Seetharaman K, Faubion J. ELSEVIER, Amsterdam, Nederland. pp 209-220.
- Chung HS, Lim JA, Lee JH (2014) Quality and antioxidant properties of pound cakes supplemented with flaxseed powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43(12): 1959-1963.
- 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(1): 75-82.
- 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(11): 2881-2895.
- 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(2): 239-247.
- Han SH, Kim BS (2015) Functional bakery impact on the degree of motivation to purchase consumer attitudes and buying intention - focused on Busan. *Culi Sci & Hos Res* 21(6): 331-340.
- Kim CK, Myoung HS (1991) Crystallization kinetics of polypropylene in the presence of a nucleating agent. *Polymer*

- (Korea) 15(3): 235-241.
- Kim CS (1994) The role of ingredients and thermal setting in high - ratio layer cake systems. J Korean Soc Food Sci Nutr 23(3): 520-529.
- Kim JS, Kang KJ (1998) Effect of lauminaria addition on the shelf-life and texture of bread. Korean J Food & Nutr 11: 556-560.
- Kim MJ, Jang MS (2005) Quality characteristics of sponge cakes with addition of corn starch. Korean J Food & Nutr 34(9): 1427-1433.
- Korea Food Research Institute (1997) Development of automated single equipment for rice cake production. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong, Korea. pp 45-46.
- Kyeung HJ, Kang WW, Kwak EJ (2010) The quality characteristics of pound cake prepared with rice bran powder. Korean J Food Preserv 17(2): 250-255.
- Lee SY, Jeong HC, Yoo SS (2015) Quality characteristics of pound cake with cranberry powder. J Korean Soc Food Cult 30(6): 750-756.
- 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(11): 2881-2895.
- Miller R (2016) Cakes: types of cakes. In Encyclopedia of Food and Health. Benjamin Caballero, Paul M. Finglas, Fidel Toldrá. ELSEVIER, Amsterdam, Nederland: pp 579-582.
- Park GH, Lee JH (2014) The quality and antioxidant properties of pound cakes containing licorice powder. Korean J Food Sci Technol 46(1): 56-60.
- Park ID (2008) Effects of *Cucurbita maxima* Duchesne puree on quality characteristics of pound and sponge cakes. J Korean Soc Food Cult 23(6): 748-754.
- Park YS, Shin S, Shin GM (2008) Quality characteristics of pound cake with citrus mandarin powder during storage. J East Asian Soc Dietary Life 18(6): 1022-1031.
- Shin GM (2015) Quality characteristics of *Lycii fructus* powder added sponge cake. Culi Sci & Hos Res 21(6): 63-75.
- Song KY, Kim JH, O HB, Zhang YY, Kim YS (2016) Quality characteristics and retarding retrogradation of sponge cakes containing red yeast rice (*Monascus nuruk*) flour. Culi Sci & Hos Res 22(3): 11-21.
- Sych J, Castaigne F, Lacroix C (1987) Effect of initial moisture and storage relative humidity on textural changes of layer cakes during storage. J Food Sci 52(6): 1604-1610.
- Yoon SB, Hwang SY, Chun DS, Kong SK, Kang KO (2007) An investigation of the characteristics of sponge cake with ginseng powder. Korean J Food Nutr 20(1): 20-26.
- Yoo SS, Jeong HC (2012) Quality characteristics of pound cake with added mulberry fruit powder. J East Asian Soc Dietary Life 22(2): 239-245.
- Yun HR, Kim JM, Shin MS (2015) Quality and storage characteristics of gluten-free rice pound cakes with different ratios of germinated brown rice flour. Korean J Food Cook Sci 31(6): 781-790.

Date Received	Sep. 1, 2016
Date Revised	Feb. 6, 2017
Date Accepted	Feb. 7, 2017