

고구마(*Ipomoea batatas* (L.) Lam) 잎 분말을 첨가한 식빵의 품질 특성

†한선경 · 강천식* · 김재명 · 양정욱 · 이형운 · 황엄지 · 송연상** · 이준설 · 남상식 · 이경보

농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물연구소
*농촌진흥청 국립식량과학원 작물육종과, **국제감자연구소

Quality Characteristics of Bread Manufactured with Sweetpotato Leaf Powder

†Seon-Kyeong Han, Chon-Sik Kang*, Jae-Myeong Kim, Jung-Wook Yang, Hyeong-Un Lee, Um-Ji Hwang,
Yeon-Sang Song**, Joon-Seol Lee, Sang-Sik Nam and Kyeong-Bo Lee

Bioenergy Crop Research Institute, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Muan 58545, Korea

*Crop Breeding Research Division, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Wanju 55365, Korea

**International Potato Center, Peru

Abstract

This study was carried out to investigate the quality characteristics of bread containing sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) leaf powder (0, 2, 3, 5, and 7% of the total flour). We found that the addition of sweetpotato leaf powder decreased the pH of the dough, whereas the total titratable acidity increased and the specific volume and baking loss of bread were decreased. However, the moisture content of the bread did not show any significant differences. The L and a values of the bread inner crumb were decreased by the addition of sweetpotato leaf powder, however, the b value was increased. The 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl-radical scavenging activity, total polyphenol, lutein and β -carotene contents were increased significantly by the addition of sweetpotato leaf powder. The taste, color, flavor, chewiness and overall acceptability of bread containing 2~3% sweetpotato leaf powder were better than those of the controls. We found that the sample group with 2~3% sweetpotato leaf powder is the optimum content for making bread.

Key words: sweetpotato leaf powder, bread, quality characteristics, sensory evaluation

서 론

고구마(*Ipomoea batatas* (L.) Lam)는 열대와 온대지역에 걸쳐 광범위하게 재배되고 있으며, 세계적으로 매우 중요한 식량 작물로 여겨지고 있다. 특히 환경적응성이 강하고, 뿌리, 줄기, 잎을 모두 섭취할 수 있기 때문에 21세기의 식량, 에너지, 환경문제를 동시에 해결해 줄 수 있는 작물로 많은 관심을 받고 있다(Collins & Walter 1986; Woolfe JA 1992). 고구마는 우리나라에서도 예로부터 쌀이나 다른 곡식을 대신하는 구황식물로 널리 재배되어 식용으로 이용되었으나, 쌀의 자급이 이루어지면서 재배량이 감소하다가 2000년대 들어 건

강식품으로 알려지면서 다양한 음식의 부재료로 그 활용의 폭이 점차 넓어져 전국적으로 재배면적이 증가하고 있는 추세이다(Lee 등 2015).

고구마는 덩이뿌리를 주로 이용하는 뿌리식물이지만, 최근에는 고구마 잎과 줄기, 잎자루에 대한 영양성분 및 기능성이 밝혀지면서 그 이용성이 점차 증가하고 있다. 고구마 잎자루는 우리나라에서 오래전부터 ‘고구마순’이라고 부르며, 나물용으로 애용되어 왔다. 5~6월부터 여름철에 수확한 고구마 잎자루는 생으로 또는 살짝 데쳐서 나물로 이용하였으며, 가을에 채취한 잎자루는 건조나물로 저장해 두었다가 겨울철의 부식, 특히 정월 대보름에 오곡밥과 함께 식단에 올리는

† Corresponding author: Seon-Kyeong Han, Bioenergy Crop Research Institute, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Muan 58545, Korea. Tel: +82-61-450-0120, Fax: +82-61-453-0085, E-mail: skhan92@korea.kr

훌륭한 반찬거리로 이용되었다(RDA 2013). 고구마 잎에서는 단백질과 아미노산, 불용성 식이섬유, 철, 비타민 B₂, 비타민 C, 비타민 E, 폴리페놀 함량이 풍부하며, 15종의 안토시아닌 화합물도 발견하였다(Ishida 등 2000; Islam 등 2002). 최근에는 고구마 잎의 nitric oxide와 protein tyrosine residue nitration 억제 작용(Huang 등 2010), LDL 산화 억제(Nagai 등 2011), 항변이원성(Yoshimoto 등 2002), 항당뇨(Sakuramate 등 2004) 등의 효능이 알려지면서 그 중요성도 점점 높아져 가고 있다.

하지만 지금까지 국내에서 고구마를 이용한 가공 및 기능성 연구는 고구마 음료, 스펀지 케이크, 식빵, 머핀, 설기떡(Kim JS 1995; Ahn GJ 2010; Lee & Park 2011; Park 등 2012; Kim & Lee 2013) 등과 같이 고구마 괴근(덩이뿌리)을 이용하여 가공식품을 개발하고, 그 기능성을 평가하는 연구가 주를 이루고 있다. 최근에는 국내에서도 고구마 품종별 잎과 잎자루의 성분특성과 항산화 활성에 대한 연구(Meishan 등 2012)가 진행되면서 점차 지상부에 대한 관심이 증가하고 있으나, 고구마 잎은 연중 여러 번에 걸쳐 수확을 할 수 있는 이점에도 불구하고, 김치를 담거나, 찌거나, 데쳐 씹이나 나물로 이용하는 등 극히 소량만 이용되고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 국내에서 육성한 고구마 품종인 ‘올미’의 잎을 분말화하여 밀가루에 일정 비율을 첨가하여 식빵을 만들고, 제빵 및 품질 특성을 파악하여 고구마 가공산업의 새로운 식품소재로서 그 활용방안을 모색하기 위한 기초자료로 이용하고자 수행하게 되었다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 고구마 잎은 농촌진흥청에서 육성한 ‘올미’(*Ipomoea batatas* (L.) Lam) 품종으로 2014년 3월 중순에 유리하우스에 삼식한 후 5월 하순에 수확하여 흙과 먼지를 제거하고, 물로 깨끗이 씻은 다음 동결건조 후 분쇄(70 mesh)하여 냉장보관하면서 시료로 사용하였다. 밀가루는 강력분(Q1, Asan, Korea), 이스트(Saf Instant Yeast Red, Societe Industrielle Lesaffre, France), 설탕은 백설탕(Samyang Co., Seoul, Korea), 소금은 정제염(Daesang, Muan, Korea)을 사용하였다.

2. 식빵의 제조

고구마 잎 분말의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 배합비는 Table 1과 같다. 고구마 잎 분말은 밀가루의 2, 3, 5 및 7% 비율로 첨가하였으며, 기타 첨가물의 조성 및 제조방법은 Ko 등(2013)의 방법에 따라 직접반죽법(optimized straight dough method)으로 제조하였다. 제조방법은 체에 친 밀가루에 모든 재료를 반죽기(LW-2003A, Seoul, Korea)에 넣고 저속에서 2

Table 1. Ingredients composition of bread containing different concentration of sweetpotato leaf powder

Ingredients (g)	Sweetpotato leaf powder(%)				
	Control	2 ¹⁾	3 ¹⁾	5 ¹⁾	7 ¹⁾
Wheat flour	300	294	291	285	279
Sweetpotato leaf powder	0	6	9	15	21
Yeast	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
Salt	5	5	5	5	5
Sugar	18	18	18	18	18
Water	195	195	195	195	195

¹⁾ Added with sweetpotato leaf powder 2%, 3%, 5%, 7%

분, 중속에서 8분, 저속에서 1분 동안 반죽하였다. 완성된 반죽은 발효기(DS-541, Dasol scientific, Hwaseong, Korea)에서 60분간 1차 발효(온도 32°C, 습도 80%)한 뒤, 120 g씩 세 덩어리로 분할하고 둥글리기 하여 실온(25°C)에서 15분간 중간 발효하였다. 반죽의 가스를 뺀 뒤 성형하고, 성형틀(20 × 8.5 × 9 cm)에 넣어 70분간 2차 발효(온도 32°C, 습도 80%)를 하였다. 2차 발효가 끝난 후 180°C로 예열된 오븐(MP948GT, LG, Seoul, Korea)에서 20분 동안 구운 후 실온에서 1시간 식힌 다음 실험의 시료로 이용하였다.

3. 반죽과 식빵의 pH와 총 산도

고구마 잎 분말을 첨가한 반죽과 식빵의 pH는 시료 10 g을 증류수 100 mL에 넣어 혼합한 다음, 3,000 rpm에서 20분간 원심분리 하였다. 분리된 상층액을 pH meter(ORION 3 STAR, Thermo electron, Boston, USA)로 측정하였고, 총 산도는 Association of Cereal Research(Arbeitsgemeinschaft 1994)의 방법에 따라 0.1 N NaOH로 pH 8.5까지 적정한 후 소모된 0.1 N NaOH 양을 mL 수로 나타내었다.

4. 반죽 특성

고구마 잎 분말을 첨가한 밀가루의 반죽 특성은 믹소그래프를 이용하였으며, 10 g mixograph(National Manufacturing Co., Lincoln, NE, USA)를 이용하여 반죽에 필요한 최적 가수량과 반죽 높이가 최고에 도달하는 반죽시간을 측정하였다.

5. 식빵의 수분 함량

고구마 잎 분말을 첨가한 식빵의 수분 함량은 첨가량별로 시료 2 g을 취하여 수분측정기(FD-720, Kett engineering, Tokyo, Japan)를 이용하여 3회 반복 측정 후, 그 평균값으로 나타내었다.

6. 색도 측정

고구마 잎 분말을 첨가한 식빵의 표면과 내부의 색도는 색차계(CM-508d, Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 L, a, b 값을 각각 3회 측정하여 그 평균값으로 나타내었다.

7. 표면 관찰

식빵의 표면 관찰은 디지털 카메라(D200, Nikon, Tokyo, Japan)를 이용하여 식빵을 제조한 후 한 시간 방냉시키고, 1 cm의 두께로 자른 후 식빵의 내부를 시료와 카메라의 거리, 지면에서 카메라의 높이는 동일하게 유지하며 촬영하였다.

8. 비용적과 굽기 손실률

고구마 식빵의 부피는 유채씨를 이용하여 종자치환법으로 측정 후 비용적(mL/g)으로 나타내었고, 굽기 손실 측정은 굽기 전의 중량과 구운 후의 중량 차이로 굽기 손실률(%)을 계산하였다.

9. 생리활성 측정

고구마 식빵의 생리활성을 측정하기 위하여 동결건조한 식빵 10 g에 ethanol을 90 mL 가하여 150 rpm으로 진탕시키면서 24시간 동안 추출 후 여과(Whatman No. 4, Sigma-Aldrich, Maidstone, England)한 용액을 사용하였다. 항산화 활성은 Abe 등(2000)의 방법에 따라 측정하였다. 일정한 농도로 희석한 시료 100 μ L에 DPPH ethanol 용액 900 μ L를 가하여 vortex mixer로 가볍게 혼합한 다음, 암소에서 30분간 반응시켜 spectrophotometer(Cary 100, Varian, Walnut Creek, CA, USA)를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하고, 다음의 계산식, 항산화 활성(%) = (1 - 실험구의 흡광도/대조구의 흡광도) \times 100에 의하여 활성을 산출하였다. 총 폴리페놀 함량은 Singleton 등(1965)의 방법을 변형하여 사용하였다. 일정 농도로 희석한 시료액 100 μ L에 900 μ L의 증류수와 2 N Folin-Ciocalteu 시약 500 μ L를 가한 후 20% Na_2CO_3 2.5 mL를 가하여 상온에서 20분 방치 후 735 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도는 chromogenic acid(Sigma Chemical Co., USA)를 이용하여 검량선을 작성한 후 총 폴리페놀 함량은 시료 100 g 중의 mg chromogenic acid(mg/100 g)로 나타내었다. 실험은 3회 반복하여 평균값과 표준편차로 나타내었다.

10. 루테인 및 베타카로틴의 분석

고구마 식빵의 루테인과 베타카로틴 분석을 위한 시료의 전처리에는 Park LY(2015)의 방법으로, 고구마 잎 분말 식빵을 동결건조한 후 균질화된 시료 0.1 g을 50 mL conical tube에 취하여 에탄올 20 mL를 가한 다음, 항온수조(80 $^{\circ}$ C)에서 15분간 추출 후 얼음 보관상자에 옮겨 신속하게 냉각 후 80% KOH 용액 5 mL를 가하여 항온수조(80 $^{\circ}$ C)에서 10분간 비누화 반응

Table 2. Analytical conditions for analysis of breads with UPLC

Parameter	Analytical condition
Column	Waters Acquity UPLC column (2.1 \times 100 mm, 1.8 mm, Waters, USA)
Flow rate	0.2 mL/min
Injection volume	2 μ L
Mobile phase	MeOH : ACN : Tetrahydrofuran (0.01% ascorbic acid) = 75 : 20 : 5
Column temperature	40 $^{\circ}$ C
Detector	PDA(450 nm)

을 실시하고 냉각하였다. 냉각 후 반응이 정지된 tube에 증류수 5 mL 및 hexane 5 mL를 넣은 후 원심분리(1,800 rpm, 4 $^{\circ}$ C) 후 상층액을 취하고, 진공원심분리기(Genevac EZ-2 Evaporating System)로 추출액의 hexan을 제거하고 MeOH:TBME(1:1, v/v, HPLC grade) 1 mL를 넣어 sonication하여 완전히 녹인 다음, syringe filter(PTFE, 0.45 μ m)를 이용하여 여과한 후 분석에 이용하였다. 루테인과 베타카로틴의 정량은 UPLC(E2695, Waters, USA)를 이용하였다. 분석조건은 Table 2와 같다.

11. 관능평가

고구마 잎의 첨가량을 달리하여 제조한 빵의 관능평가는 바이오에너지작물연구소 직원 16명을 대상으로 본 연구의 취지와 관능검사와 관련된 교육을 실시한 후, 갓 구워낸 식빵을 실온에서 1시간 동안 방냉시킨 후 시료의 중간부분을 일정하게 잘라 관능평가를 실시하였다. 소비자 기호도의 평가 항목은 맛, 색, 향미, 조직감, 종합적 기호도로서 9점 척도법으로 실시하였는데, 대단히 좋다 9점, 좋다 7점, 좋지도 싫지도 않다 5점, 싫다 3점, 대단히 싫다 1점으로 나타내었다.

12. 통계 분석

모든 실험은 SAS(Statistical Analysis System, Ver. 8.01) package를 이용하여 $P < 0.05$ 수준에서 Duncan의 다중범위 검정으로 시료간의 유의성을 검정하였고, 데이터는 3반복의 평균값으로 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 식빵의 pH와 총 산도

고구마 잎 분말의 첨가하여 제조한 반죽과 식빵의 pH와 산도의 변화는 Table 3에 나타내었다. 고구마 잎 분말을 첨가한 빵 반죽의 pH는 5.43~5.45의 범위로 대조구 5.55에 비해 다소 낮았으나, 첨가량의 증가에 따라서는 유의한 차이를 나

Table 3. pH and total titratable acidity of doughs and bread containing different concentration of sweetpotato leaf powder

	Treatment ¹⁾				
	Control	2	3	5	7
Dough pH	5.55±0.03 ²⁾	5.45±0.02 ^b	5.43±0.03 ^b	5.45±0.01 ^b	5.43±0.02 ^b
Dough TTA ³⁾ (mL)	1.27±0.11 ^b	1.70±0.10 ^a	1.80±0.00 ^a	1.77±0.06 ^a	1.80±0.20 ^a
Bread pH	6.00±0.02 ^a	5.90±0.01 ^b	5.80±0.04 ^b	5.78±0.01 ^b	5.75±0.02 ^b
Bread TTA(mL)	0.2±0.00 ^c	0.30±0.01 ^b	0.30±0.01 ^b	0.40±0.01 ^a	0.40±0.01 ^a

¹⁾ Treatment is the same as Table 1.

²⁾ Value are mean±S.D., means with different superscripts in the row are significantly different($p<0.05$).

³⁾ TTA: Total titratable acidity

타내지 않았다. 이는 완성된 식빵의 pH에서도 비슷한 경향이 었다. 반죽의 총 산도는 1.70~1.80 mL의 범위로 대조구 1.27 mL보다 높았으나, 첨가량의 증가에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다. Kim 등(2002)은 반죽의 pH가 5.0~5.5일 때 가스 보유력이 우수하여 빵의 부피가 증가하고, pH가 5.0 이하에서는 반죽의 가스 보유력이 낮아진다고 보고하였는데, 본 시험의 경우 고구마 잎을 첨가한 반죽의 pH는 5.43~5.45로 식빵을 제조하기 위한 적정범위라고 사료된다.

2. 반죽 특성

고구마 잎 분말을 첨가한 식빵의 반죽 특성을 알아보기 위해 믹소그램을 실시한 결과, 믹소그램 결과는 Fig. 1과 같았으며, 그 특성치는 Table 4에 나타내었다.

고구마 잎을 7% 첨가한 반죽의 믹소그램은 대조구인 밀가루와 비슷한 패턴을 보였으며, 대조구인 밀가루와 고구마 잎 분말 2% 첨가물의 수분흡수량은 65.0%, 3%와 5% 첨가는 66.5%로 같았고, 7% 첨가는 67.5%로 가장 높아 고구마 잎 분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 수분 흡수량이 증가하는 원인은 고구마 가루에 함유된 식이섬유의 강한 수분흡착력과 관련이 있다고 사료되는데, 밀가루에 식용피의 혼합비율이 높을수록 수분흡수율이 낮아졌다는 보고(Lee 등 2012)와는 반대의 경향을 나타내었다. 반죽시간은 고구마 잎 분말의 첨가에 따라 짧아지는 경향을 보였으나, 유의적인 차이는 보이지 않았다. 이는 메조와 차조분말을 연질 밀가루와 혼합하여 반죽시간을 조사한 결과, 첨가량이 증가할수록 반죽시간이 짧아진다는 연구(Moon & Suh

Table 4. Mixograph of bread dough containing different concentration of sweetpotato leaf powder

Treatment ¹⁾	Water absorption (%)	Mixing time (min)	Mixing tolerance (mm)
Control	65.0±0.1 ^{cl)}	3.30±0.01 ^a	10.0±0.3 ^c
2	65.0±0.2 ^b	3.05±0.02 ^b	10.5±0.5 ^c
3	66.5±0.1 ^b	3.03±0.01 ^b	10.0±0.2 ^c
5	66.5±0.1 ^b	3.08±0.04 ^b	12.0±0.3 ^b
7	67.5±0.3 ^a	3.30±0.01 ^a	13.5±0.1 ^a

¹⁾ Treatment is the same as Table 1.

²⁾ Value are mean±S.D., means with different superscripts in the row are significantly different($p<0.05$).

1994)와는 비슷한 경향이였다. 반죽의 안정도는 대조구가 10.0 mm로 가장 낮았고, 2~3% 첨가가 10.0~10.2 mm, 5~7% 12.0~13.5 mm로 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향이였다. 이 수치는 반죽의 안정도를 나타내는 것으로 낮게 나타나면 안정도가 높은 것으로 대조구가 가장 높고, 고구마 잎을 첨가할수록 낮아지는 것으로 나타났다.

3. 식빵의 수분 함량

고구마 잎을 동결건조한 후 대체량을 달리하여 제조한 식빵의 수분 함량을 측정된 결과(Table 5), 대조군은 37.2%, 2% 첨가는 36.2%, 3% 첨가는 37.3%, 5% 첨가는 37.7%, 7% 첨가는 36.6%로 잎 분말의 첨가량이 증가하여도 수분 함량은 큰 차이를 보이지 않았다.

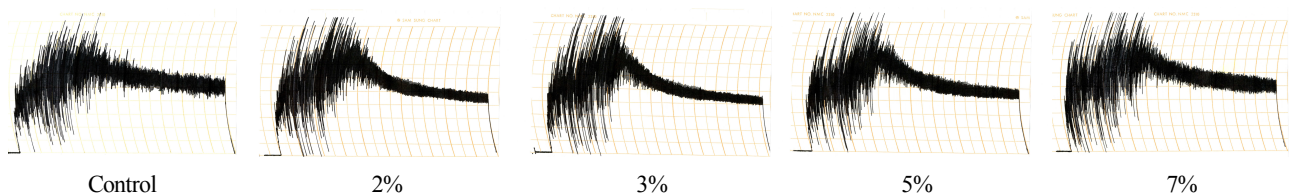
**Fig. 1. Mixographs of bread dough containing different concentration of sweetpotato leaf powder.**

Table 5. Moisture contents of bread containing different concentration of sweetpotato leaf powder

	Treatment ¹⁾				
	Control	2	3	5	7
Moisture content(%)	37.2±0.41 ^{a2)}	36.2±1.18 ^a	37.3±0.89 ^a	37.7±0.21 ^a	36.6±1.33 ^a

¹⁾ Treatment is the same as Table 1.

²⁾ Value are mean±S.D., means with different superscripts in the row are significantly different($p<0.05$).

4. 색도 측정

식빵의 표면과 내부의 색도는 Table 6에 나타내었다, 식빵 표면의 L값은 대조구가 57.3으로 가장 높게 나타났고, 고구마 잎 분말이 증가할수록 47.2~36.3으로 나타나 유의적으로 감소하였다. a값은 대조군이 11.4로 가장 높았고, 고구마 잎 분말 대체군들은 6.4~4.6으로 유의적으로 감소하였다. b값은 대조구와 2%, 3% 첨가는 유의적으로 차이를 보이지 않았으나, 5% 이상 첨가 시 감소함을 알 수 있었다. 식빵 내부의 L값과 a값은 식빵 표면의 값과 비슷한 경향을 보여 고구마 잎 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다. 그러나 b값은 대조군이 10.9로 가장 낮게 나타났고, 고구마 잎 분말 대체군들은 20.3~25.3으로 고구마 잎 분말의 첨가가 증가할수록 유의적으로 증가하였다. 실험에 사용된 밀가루 색도는 L=93.46, a=0.28, b=7.95이었고, 고구마 잎 분말의 색도는 L=53.26, a=-6.48, b=14.42로 고구마 잎 분말 자체 색의 영향을 받은 것으로 사료된다. 이는 어성초 분말의 첨가량이 증가할수록 식빵 내부의 L값과 a값은 감소하였고, b값은 증가한다고 보고한 Park LY(2015)의 보고와 유사하였다.

Table 6. Color value of bread containing different concentration of sweetpotato leaf powder

Sample	Treatment ¹⁾	L ²⁾	a ²⁾	b ²⁾
Top crust	Control	57.3±3.9 ^{a3)}	11.4±0.6 ^a	28.4±1.8 ^a
	2	47.2±1.5 ^b	6.4±0.7 ^b	28.4±1.3 ^a
	3	44.1±2.5 ^b	5.2±0.5 ^c	26.0±2.4 ^a
	5	40.1±2.6 ^{bc}	5.4±0.7 ^c	24.1±1.1 ^b
	7	36.3±0.1 ^c	4.6±0.4 ^d	18.7±0.1 ^c
Internal	Control	60.5±2.2 ^a	1.6±0.3 ^a	10.9±0.3 ^c
	2	44.5±1.4 ^b	1.3±0.1 ^b	20.3±0.6 ^b
	3	37.7±2.6 ^c	0.9±0.4 ^b	27.6±1.3 ^a
	5	35.8±3.0 ^c	0.1±0.0 ^c	28.7±2.2 ^a
	7	29.8±2.6 ^d	-0.5±0.1 ^d	29.3±1.9 ^a

¹⁾ Treatment is the same as Table 1.

²⁾ L(lightness), a(redness), b(yellowness)

³⁾ Value are mean±S.D., means with different superscripts in the row are significantly different($p<0.05$).

5. 표면 관찰

고구마 잎 분말의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 표면은 Fig. 2와 같다. 식빵의 내부 색상은 잎 분말의 첨가량이 증가할수록 어두워지면서 진한 녹색으로 변화함을 알 수 있었다. 이는 고구마 잎의 클로로필 색소에 의한 것으로 생각되며, 첨가량이 많아질수록 식빵의 비용적도 점점 감소하여 부피가 줄어들고 있음을 알 수 있었다. 빵 내부의 상태는 대조구는 기공이 미세하고 치밀하나, 고구마 잎 분말의 첨가량이 증가할수록 기공이 크고 거칠어진 것을 볼 수 있는데, 이는 고구마 잎 분말의 첨가량이 증가함에 따라 상대적으로 감소하여 반죽의 신전성이 약화되었기 때문으로 사료된다.

6. 비용적과 굽기 손실률

고구마 잎 분말을 첨가한 식빵의 무게, 부피, 비용적 및 굽기 손실률을 측정된 결과는 Table 7에 나타내었다. 식빵의 무게는 고구마 잎의 첨가에 따라 5%까지는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 7% 첨가 시 식빵의 무게가 457 g으로 가장 높았다. 식빵의 부피는 고구마 잎 분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였으며, 5% 이상의 첨가 시 비용적도 가장 낮음을 알 수 있었다. 식빵의 부피는 밀가루의 gliadine 과 glutenin의 비율, gluten의 양과 질, 부재료의 종류와 첨가량 등의 영향을 받으며(Lee 등 2009), gluten의 탄력성과 점성 성질은 그물망을 형성하고, 팽창된 수증기를 보유하여 부피를 형성하며(Jung 등 1999), 초기의 반죽 팽창력이 높아도 가스 보유력이 약하게 되면 빵의 부피는 감소한다(Mathewon PR 2002)고 하였는데, 본 실험에서 비용적은 대조구가 3.86 mL/g으로

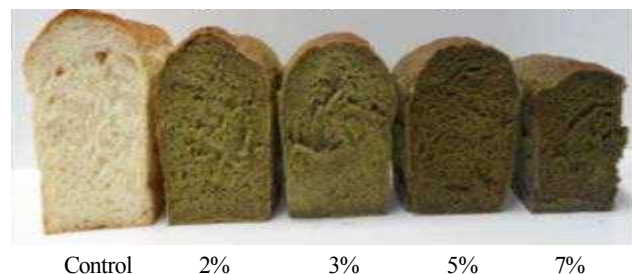
**Fig. 2. Crumb of bread containing different concentration of sweetpotato leaf powder.**

Table 7. Specific volume and baking loss of bread containing different concentration of sweetpotato leaf powder

Treatment ¹⁾	Bread weight(g)	Bread volumn(mL)	Specific volumn(mL/g)	Baking loss(%)
Control	444.53±3.32 ^{b2)}	1,717.46±12.19 ^a	3.86±0.04 ^a	11.0 ±1.06 ^a
2	448.58±3.57 ^b	1,149.75±36.16 ^b	2.57±0.15 ^b	9.87±0.36 ^b
3	448.64±2.73 ^b	1,069.01±22.35 ^c	2.38±0.05 ^c	10.45±0.71 ^b
5	437.73±8.82 ^b	780.06±24.81 ^d	1.79±0.08 ^d	8.42±0.77 ^c
7	457.01±8.21 ^a	769.50±18.52 ^d	1.68±0.11 ^d	8.80±0.02 ^c

¹⁾ Treatment is the same as Table 1.

²⁾ Value are mean±S.D., means with different superscripts in the row are significantly different($p<0.05$).

가장 높고, 2, 3, 5, 7%의 첨가는 2.57~1.68 mL/g으로 나타나 고구마 잎 분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다. 이는 고구마 잎 분말을 첨가한 식빵의 부피가 대조구에 비해 감소하고, 비용적이 낮아진 것은 gluten 희석에 의한 gluten 발달 저하 및 빵 반죽의 가스 보유력의 감소(Park 등 2015) 등에 의한 것으로 사료된다. 신안 섬초(Ko 등 2013), 어성초 분말(Park 등 2015)을 첨가한 식빵을 제조 시에도 이들 첨가물 양이 증가할수록 부피가 감소하여 본 시험과 비슷한 결과를 나타내었다. 빵의 부피와 비용적이 증가한다는 것은 제품의 수율 증가의 가능성을 시사한다(Roels 등 1993)고 하였는데, 본 실험에서는 고구마 잎 분말의 3% 이상을 첨가하는 것은 제품의 수율과 외관에도 부정적 영향을 미칠 것으로 사료된다. 굽기 손실률은 대조구가 11.0%로 가장 높았고, 5% 첨가가 8.42%로 가장 낮았으며, 7% 첨가는 8.8%로 5%와 유의적인 차이는 보이지 않아, 고구마 잎 분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 보였다. 제빵 과정 중의 굽기 손실은 휘발성 물질 및 수분이 굽는 과정 중 증발 잠열에 의해 휘발하면서 나타나는 현상으로 굽기 손실률의 증가는 호화와 껍질의 착색 정도를 좋게 한다(Roels 등 1993).

7. 항산화 활성 및 총 폴리페놀 함량

고구마 잎 분말의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 항산화 활성과 총 폴리페놀 함량은 Table 8과 같다. DPPH 라디칼 소거능과 총 폴리페놀 함량은 대조구보다 고구마 잎 분말의 첨가량이 증가할수록 높아져 활성이 높아짐을 알 수 있었고, 총 폴리페놀 함량도 고구마 잎 분말의 첨가에 의해 증가함을 알 수 있었다. 이는 비트 잎을 첨가한 설기떡의 연구와도 일치(Yoo & Ko 2014)하였는데, 이는 고구마 잎에서 많은 폴리페놀 화합물이 함유되어 있다는 보고와 같이 폴리페놀 화합물의 다양한 기능성을 고려할 때 고구마 잎은 건강 기능성 식품소재로서 이용이 가능함을 시사해주고 있다.

8. 루테인 및 베타카로틴 함량

고구마 잎 분말의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 카로

Table 8. DPPH radical-scavenging activity and total polyphenol content of bread containing different concentration of sweetpotato leaf powder

Treatment ¹⁾	DPPH radical-scavenging activity(%, DM)	Total polyphenol content (mg/100 g, DM)
Control	5.3±1.6 ^{d2)}	10.7±1.0 ^c
2	34.0±1.3 ^c	38.7±2.5 ^d
3	40.8±1.2 ^b	48.4±2.1 ^c
5	53.5±2.7 ^a	80.3±4.6 ^b
7	54.6±0.6 ^a	116.3±6.8 ^a

¹⁾ Treatment is the same as Table 1.

²⁾ Value are mean±S.D., means with different superscripts in the row are significantly different($p<0.05$).

티노이드 성분은 Table 9와 같다. 루테인과 베타카로틴 함량 모두 대조구에서는 거의 함유되어 있지 않았으나, 고구마 잎 분말의 첨가량이 증가할수록 함량이 높아져 일반 식빵에서 보다 기능 성분이 향상된 식빵 제조가 가능함을 알 수 있었다. 루테인은 사람의 눈에 들어 있는 생리활성 물질로서, 빛이 흡수될 때 활성산소 등으로부터 세포를 보호하는 기능과 안구세포의 분열에 중요한 역할을 담당하며, 베타카로틴은 사람의 간 등에 함유된 카로틴으로 항산화제로서 활성이 강하다고 알려져 있다(Kim 등 2003).

Table 9. Lutein and β -carotene contents of bread containing different concentration of sweetpotato leaf powder

Treatment ¹⁾	Lutein content (mg/100 g, DM)	β -carotene content (mg/100 g, DM)
Control	0.06±0.01 ^{e2)}	0.05±0.01 ^c
2	0.36±0.04 ^d	1.74±0.07 ^d
3	0.72±0.06 ^c	3.01±0.08 ^c
5	1.48±0.01 ^b	8.64±0.10 ^b
7	1.86±0.04 ^a	10.98±0.12 ^a

¹⁾ Treatment is the same as Table 1.

²⁾ Value are mean±S.D., means with different superscripts in the row are significantly different($p<0.05$).

9. 관능평가

고구마 잎 분말을 첨가하여 제조한 식빵의 관능평가 결과는 Table 10과 같다. 대조구를 5를 두고 평가하였을 때 맛은 2%, 3% 첨가 시 6.19, 5.69로 높았고, 5%와 7% 첨가 시 대조구보다 낮은 점수를 얻었다. 내부의 색깔과 조직감에 있어서도 잎 분말의 첨가량이 증가할수록 평가 점수는 낮았으며, 향기는 대조구보다 모두 낮은 점수를 얻었는데, 이는 고구마 잎의 특유한 향이 식빵에 부정적인 영향을 미친 것으로 사료된다. 입안에서의 씹힘성과 종합적인 기호도는 대조구에 비해 2%와 3% 첨가 시 6.44, 5.63으로 높은 값을 얻었다. 본 실험에서는 고구마 잎 분말을 3% 이내의 첨가 시 제빵 특성 및 식빵 자체의 품질에 큰 영향을 미치지 않으면서도 적절한 기호도를 유지하였고, 상품성 있는 식빵의 제조가 가능함을 알 수 있었다.

따라서 본 실험의 결과, 항산화 활성을 지닌 폴리페놀류와 루테인 및 베타카로틴과 같은 카로티노이드 성분이 다량 함유되어 있는 고구마 잎을 3% 이하로 첨가하여 식빵을 제조할 때, 상품성이 높으면서 현대인의 입맛과 기호에 맞는 영양 식 및 간식용 식빵의 제조가 가능함을 알 수 있었다. 또한, 별도의 색소나 향료를 첨가하지 않고도 천연의 자연식품 그대로 먹음직스러운 색상의 식빵을 만들 수 있었다. 더구나 사료로서 극히 일부분만 이용되고, 수확 과정에서 버려지던 고구마 잎을 활용함에 의하여 농가의 소득 창출도 기대할 수 있다.

요 약

수확과정에서 버려지고 있는 고구마 잎을 이용한 기능성 식품소재로서 활용가능성을 검토하고자, 밀가루 중량 대비 고구마 잎 분말을 2, 3, 5, 7%의 비율로 첨가하여 식빵을 제조하고, 반죽 및 제빵 특성, 생리활성 및 기능성분 등을 조사하였다. 반죽의 수분흡수량은 7% 첨가 시 가장 높았고, 반죽시간은 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 반죽의 저항도는 2~3% 첨가할 때가 가장 안정적이었다. 식빵의 수분 함량은 첨가량이 증가하여도 큰 차이를 보이지 않았고, 식빵의 내부

색은 첨가량이 증가할수록 L값과 a값은 감소하였으나, b값은 증가하였다. 식빵의 부피와 비용적 및 굽기 손실률은 첨가량이 증가할수록 감소하였으나, 항산화 활성과 총 폴리페놀, 루테인 및 베타카로틴 함량은 증가하였다. 관능평가의 결과, 고구마 잎 분말의 2~3% 첨가 시 맛과 색깔, 조직감, 입안에서의 씹힘성과 종합적인 기호도에서 가장 우수한 값을 얻었다. 이상의 결과에서 고구마 잎 분말의 2~3% 첨가 시, 제빵 적성과 기능성, 상품성이 우수한 식빵을 제조할 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ011332 012015)의 지원에 의해 이루어진 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

References

- Abe N, Nemato A, Tsuchiya Y, Hojo H, Hirota A. 2000. Studies of the 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical scavenging mechanism for a 2-pyrone compound. *Biosci Biotech Biochem* 64:306-333
- Ahn GJ. 2010. Quality characteristics of *sulgidduk* prepared with amount of purple sweet-potato powder. *The Korean Journal of Culinary Research* 16:127-136
- Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e.V. (Association of cereal research). 1994. Standard-Methoden fuer Getreide, Mehl und Brot. 7th ed. pp 283-287. Verlag Moritz Schaafer, Detmold, Germany
- Collins WW, Walter WM. 1986. Fresh roots for human consumption. In *Sweet Potato Products : A Natural Resources for the Tropics*. J.C. Bouwkamp (ed.). pp. 154-173. CRC Press, Boca Ration, FL. USA
- Huang MH, Chu HL, Juang LJ, Wang BS. 2010. Inhibitory effects of sweet potato leaves on nitric oxide production and protein nitration. *Food Chem* 121:480-486

Table 10. Sensory evaluation of bread containing different concentration of sweetpotato leaf powder

Treatment ¹⁾	Taste	Color	Chewiness	Flavor	Overall acceptability
Control	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
2	6.19±0.31	6.56±0.17	5.94±0.45	4.94±0.04	6.44±0.08
3	5.69±0.14	5.56±0.08	5.38±0.09	4.81±0.11	5.63±0.18
5	4.00±0.16	4.13±0.06	3.50±0.12	4.13±0.12	3.81±0.95
7	3.00±0.02	2.75±1.03	2.75±0.91	3.25±0.09	2.56±1.01

¹⁾ Treatment is the same as Table 1.

- Ishida H, Suzuno H, Sugiyama N, Innami S, Tadokoro T, Maekawa A. 2000. Nutritive evaluation on chemical components of leaves, stalks and stems of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* Poir). *Food Chem* 68:359-367
- Islam MS, Yoshimoto M, Terahara N, Yamakawa O. 2002. Anthocyanin compositions in sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) leaves. *Biosci Biotechnol Biochem* 66:2483-2486
- Jung HS, Noh KH, Go MK, Song YS. 1999. Effect of leek (*Allium tuberosum*) powder on physicochemical and sensory characteristics of breads. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 113-117
- Kim JB, Ha SH, Lee JY, Kim HH, Yoon SH, Kim YH. 2003. Biological activity and analysis of carotenoids in plants. *Korean J Crop Sci* 48:72-78
- Kim JB, Ko HC, Lee JY, Ha SH, Kim JB, Kim HH, Gwag JG, Kim TS. 2009. Changes in the carotenoid content of the Korean pepper (*Capsicum annum* var. *subicho*) during ripening stages. *Korean J Intl Agri* 21:276-281
- Kim JH, Lee KJ. 2013. Antioxidative activities and gelatinization characteristics of sponge cake added with purple sweet potato. *J East Asian Soc Dietary Life* 23:750-759
- Kim JS. 1995. Preparation of sweet potato drinks and its quality characteristics. *J Korean Soc Food Sci Nur* 24:943-947
- Kim YS, Chun SS, Tae JS, Kim RY. 2002. Effect of lotus root powder on the quality of dough. *Korean J Soc Food Cook Sci* 18: 573-578
- Ko SH, Bing DJ, Chun SS. 2013. Quality characteristics of white bread manufactured with Shinan Seomcho (*Spinacia oleracea* L.) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:766-773
- Lee HU, Chyng MN, Han SK, Ahn SH, Lee JS, Yang JW, Song YS, Kim JM, Nam SS, Choi IH. 2015. Effect of subsoiling in growth and yield of sweetpotato in continuous sweetpotato cropping field. *Korean J Crop Sci* 60:47-53
- Lee JY, Lee KA, Kwak EJ. 2009. Fermentation characteristics of bread added with *Pleurotus eryngii* powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:757-765
- Lee SM, Park GS. 2011. Quality characteristics of bread with various concentrations of purple sweet potato. *Korean J Soc Food Sci* 27:1-15
- Lee YS, Yoon HS, Lee SY, Lee JK, Park CS, Seo WD, Woo SH, Song IG. 2012. Characteristics of wheat flour dough and noodles with Barnyard Millet (*Echinochloa* spp.). *Korean J Food & Nutr* 25:706-712
- Mathewon PR. 2002. Enzymatic activity during bread baking. *Cereal Foods World* 45:98-101
- Meishan L, Jang GY, Lee SH, Woo KS, Sin HM, Kim HS, Lee JS, Jeong HS. 2012. Chemical compositions and antioxidant activities of leaves and stalks from different sweet potato cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41:1656-1662
- Moon JW, Suh MJ. 1994. The effect of potato lipoxygenase on the farinograph characteristics of wheat flour dough. *J Korean Soc Food Nutr* 23:110-115
- Nagai M, Tani M, Kishimoto Y, Lizuka M, Saita E, Toyozaki M, Kamiya T, Ikeguchi M, Kondo K. 2011. Sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves suppressed oxidation of low density lipoprotein (LDL) *in vitro* and in human subjects. *J Clin Biochem Nutr* 48:203-208
- Park GS, Kim KE, Park SY. 2012. Quality characteristics of purple colored sweet potato muffins containing rice flour. *Korean J Food Preserv* 19:833-840
- Park LY. 2015. Effect of *Houttuynia cordata* Thunb. powder on the quality characteristics of bread. *Korean J Food Sci Technol* 47:75-80
- Roels SP, Cleemput G, Vandewalle X, Nys M, Delcour JA. 1993. Bread volume potential of variable quality flours with constant protein level as determined by factors governing mixing time and baking absorption levels. *Cereal Chem* 70:318-323
- Rural Development Administration. 2013. Sweetpotato. Rural Development Administration
- Sakuramate Y, Ohe H, Kusano S. 2004. Anti-diabetic effects of combination of white skinned sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) with loqua leaf extract. *J Trad Med* 21:237-240
- Singleton VL, Joseph A, Rossi J. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolibdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Viticult* 16:144-158
- Woolfe JA. 1992. Sweet potato: an untapped food resource. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- Yoo SS, Ko SH. 2014. Quality characteristics of *sulgidduk* with beet leaf powder. *Korean J Food Cook Sci* 30:119-128
- Yoshimoto M, Yahara S, Okuno S, Islam MS, Ishiguro K, Yamakawa O. 2002. Antimutagenicity of mono-, di-, and tricaffeoylquinic acid derivatives isolated from sweetpotato (*Ipomoea batatas* L.) leaf. *Biosci Biotechnol Biochem* 66: 2336-2341

Received 19 June, 2015

Revised 7 July, 2015

Accepted 11 August, 2015