

헤미셀룰레이즈 첨가가 자색고구마 식빵의 품질에 미치는 영향

김연옥 · 김문용* · 빙동주 · 윤은주** · 이영주*** · †전순실

순천대학교 식품영양학과, *밀다원, **동아대학교 식품영양학과, ***전남대학교 영양식품학과

Effects of Hemicellulase on Purple Sweet Potato Bread

Yeon-Ok Kim, Mun-Yong Kim*, Dong-Joo Bing, Eun-Ju Yoon**, Young-Ju Lee*** and †Soon-Sil Chun

Dept. of Food & Nutrition, Suncheon National University, Jeonnam 540-742, Korea

*MLDAWON Co., Sejong 339-837, Korea

**Dept. of Food Science and Nutrition, Dong-A University, Busan 604-714, Korea

***Division of Food Science and Aqualife Medicine, Chonnam National University, Jeonnam 540-742, Korea

Abstract

In this study, purple sweet potato bread was prepared by the addition of 0.005%, 0.010%, 0.015% and 0.020% hemicellulase. Its effect on product quality and consumer evaluation were examined. The results showed that the dough pH and total titratable acidity were not significantly different between samples. In the fermentation power of dough expansion, a 0.015% addition sample was the highest between the samples. The bread pH decreased significantly as hemicellulase was increased, whereas. Bread total titratable acidity was significantly decreased. The addition of hemicellulase samples were significantly higher in specific volume and baking loss than the control sample. The moisture content was not significantly different between samples. In colors, the lightness of the control sample was the highest, the redness of the 0.020% addition sample was the lowest while the yellowness of the control was the lowest. The hardness and the fracturability decreased significantly as hemicellulase was increased. The resilience indicated reverse effects. In consumer evaluation, the color and softness were not significantly different between samples. And the hemicellulase addition of samples was higher in flavor than that of the control sample. The overall acceptability was the highest at 5.67 with a 0.010% addition sample. According to these results, the addition of 0.010% hemicellulase in purple sweet potato bread would be the optimum level.

Key words: white bread, sweet potato powder, hemicellulase, fermentation power, sensory evaluation

서 론

고구마(*Ipomoea batatas*. L(Lam))는 중앙아메리카 또는 파푸아뉴기니, 오세아니아가 원산지로서 알려져 있으며, 아시아와 아프리카 지역에서 95% 이상 생산되어, 단위 면적당 수확량이 높은 경제 작물이다(Ravindran 등; Woolfe 1992). 고구마는 단백질, 지방, 식이섬유, 칼슘, 인, 철 등이 풍부하며, 비타민 A의 전구체인 β -carotene의 함량이 100 mg% 내외로 매일 100 g만 섭취해도 일일 요구량을 충족시킬 수 있다(Oh & Hong

2008). 그 중 적자색을 띠는 자색고구마는 비타민, 무기질 및 식이 섬유 등이 풍부하고, 항산화, 신경퇴행성 질환, 안과, 순환계 장애, 염증성 질환에 효과가 있다(Cheon 등 2012; Kwak 등 2010). 또한 수용성 색소인 anthocyanin을 다량 함유하고 있으며, 다른 anthocyanin 색소보다 열과 광선에 안정하여(Jang KS 1995), 과자와 아이스크림 제조 시 식품 소재로 사용되고 있다. 현재까지 자색고구마에 관한 연구로는 민속주(Han 등 2002), 요구르트(Chun 등 2000; Lee 등 1999), 영양성분에 관한 연구(Choi 등 2000; Kim & Ryu 1995; Lee 등 2007a), 생리

† Corresponding author: Soon-Sil Chun, Dept. of Food & Nutrition, Suncheon National University, Jeonnam 540-742, Korea. Tel: +82-61-750-3654, E-mail: css@scnu.ac.kr

활성에 관한 연구(Lee 등 2007b; Song 등 2005), 베이커리에 관한 연구(Kim 등 2010; Kim & Joo 2010), anthocyanin 색소의 안정성에 관한 연구(Lee & Rhim 1997; Rhim & Lee 2002), anthocyanin 색소의 추출에 관한 연구(Lee 등 2000; Rhim 등 2001; Shin & Shin 2007) 등이 있다.

최근 식생활의 서구화로 빵의 소비가 증가되고 있으며, 특히 식빵은 열량이 높고 달지 않고 부드러운 한국인의 주식인 밥의 대용식품으로 자리잡아가고 있다. 현대인의 건강 기능성 식품에 대한 관심과 수요가 증대되고 부재료를 첨가한 식빵이 개발되고 있으며, 옥수수 섬유질(Lee & Ryu 2013), 산사가루(Song 등 2012), 양배추 가루(Joo 등 2012), 스피루리나(Kang 등 2011), 감과피 분말(Shin 등 2011), 홍국 발효액종(Kim 등 2011), 들깨잎 분말(Choi SH. 2011) 등 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 부재료의 첨가는 반죽이 단단해지고 최종 제품의 부피 감소 등 가공 적성과 품질에 부정적인 영향을 미친다. 이를 개선하기 위해 α -amylase, xylanase, β -glucanase, hemicellulase 등의 탄수화물효소(carbohydrases)를 단독 또는 혼합효소로 첨가하는 연구가 보고되고 있다. 이중 hemicellulase는 petosan을 가수분해하여 물 결합능력을 감소시켜 반죽 수분 흡수율이 저하되어 반죽이 부드럽게 되고(Haseborg & Himmelstein 1988; McCleary 등 1986), 반죽 안정성과 유연성 그리고 가스 포집 능력을 향상시켜 빵의 구조형성, volume 증가 및 crumb의 강도를 낮춘다고 한다(Collins 등 2006; Krishnarau & Hosene 1994; Rouau 등 1994). 따라서 본 연구에서는 자색고구마 분말 15%를 대체한 식빵의 반죽성과 부피 개선을 위하여 헤미셀룰레이즈 0.005%, 0.010%, 0.015%, 0.020%(w/w) 비율로 첨가하였으며, 이의 반죽 특성과 식빵 제품에 미치는 영향을 조사하여 헤미셀룰레이즈의 최적 첨가량을 구명하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

밀가루(강력밀가루 1등, 삼양밀맥스, 서울, 한국), 자색고구마 분말(땅끝유색고구마가루, 땅끝식품영농조합법인, 해남, 한국), 이스트(instant yeast, La Parisienne, Paris, France), 소금(꽃소금, 샘표식품주식회사, 서울, 한국), 설탕(큐원-가는정 백당, 삼양사, 서울, 한국), 쇼트닝(베셀쇼트닝-free, 롯데삼강, 서울, 한국) 및 식물성 크림(뉴밀키엑스트라, 희창유업, 양산, 한국), Hemicellulase(Müuhlenchemie, Ahrensburg, Germany)를 본 실험의 재료로 사용하였다.

2. 식빵의 제조

헤미셀룰레이즈의 첨가량을 달리한 자색고구마 식빵의 배합비는 Table 1에 나타내었으며, 식빵은 직접반죽법(optimized straight-dough method)으로 제조하였다. 헤미셀룰레이즈는 밀가루 건물당 0.005, 0.010, 0.015, 0.020%(w/w)의 비율로 첨가하였고, 수분 함량을 동일하게 조정하였다. 제조 공정은 강력분을 체에 친 후, 쇼트닝을 제외한 모든 재료를 반죽기(N50 (ML104642), HOBART, Troy, USA)에 넣어 1단에서 3분, 2단에서 2분 동안 반죽한 후 쇼트닝을 투입하고, 1단에서 1분, 2단에서 10분간 반죽하였다. 반죽의 최종온도는 27±1°C가 되도록 하였다. 완성된 반죽은 발효기(SMDG-36, Daehung Machinery Co., Kyonggi-Do, Kwangju, Korea)에서 60분 동안 1차 발효하고(온도 32°C, 상대습도 80%), 120 g으로 분할하여 둥글리기 하고, 실온(20°C)에서 20분간 중간발효를 하였다. 가스빼기를 한 후 성형하여 틀에 넣고 발효기에서 80분간 2차 발효(온도 32°C, 상대습도 80%)를 한 다음 윗불 190°C, 아랫불 200°C로 예열된 오븐(Deck Oven, Shinshin Machinery Co., Busan, Korea)

Table 1. Formula for purple sweet potato white breads with hemicellulase

Ingredients	Hemicellulase				
	0(%)	0.005(%)	0.010(%)	0.015(%)	0.020(%)
Wheat flour ¹⁾ (g)	255	255	255	255	255
Shortening(g)	15	15	15	15	15
Instant yeast(g)	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
Salt(g)	5	5	5	5	5
Vegetable cream powder(g)	9	9	9	9	9
Sugar(g)	18	18	18	18	18
Water(g)	195.9	195.9	195.9	195.9	195.9
Purple sweet potato powder ²⁾ (g)	41.1	41.1	41.1	41.1	41.1
Hemicellulase(g)	0	0.015	0.030	0.045	0.060

¹⁾ Moisture content of wheat flour=14.00%. ²⁾ Moisture content of purple sweet potato powder=6.1%.

에서 20분 동안 구웠다. 구운 식빵은 실온(20°C)에서 1시간 동안 냉각시킨 후, 본 실험의 시료로 사용하였다.

3. 일반성분 분석

밀가루와 자색고구마 분말의 수분 함량은 상압가열건조법, 조회분은 직접회화법으로 분석하였고, 조지방과 조단백질은 원소분석기(EA1110, Thermo Quest, Milan, Italy)를 이용하여 분석하였다. 탄수화물은 시료 전체 무게(%)에서 수분, 조회분, 조지방, 조단백질을 뺀 나머지 값을 %로 표시하였다.

4. 반죽의 pH와 총 산도

식빵 반죽의 pH는 시료 10 g을 방수형 Pen-type pH meter (PH-03, Proem, Seoul, Korea)로 측정하였고, 총 산도는 Association of Cereal Research(Arbeitsgemeinschaft 1994)의 실험방법에 따라 0.1 N NaOH로 pH 8.5까지 적정한 후, 소모된 0.1 N NaOH의 양을 ml 수로 나타내었다.

5. 반죽의 발효 팽창력

식빵 반죽의 발효 팽창력은 He & Hosoney(1991)의 방법을 변형하여 사용하였다. 믹싱이 끝난 반죽 25 g을 취해 50 ml의 메스실린더에 넣은 후 상부의 표면을 평평하게 눌렀다. 그리고 1차 발효 조건인 온도 32°C, 상대습도 80%의 발효기(SMDG-36, Daehung Machinery Co., Seoul, Korea)에서 60분간 발효하면서 15분 간격으로 측정할 결과를 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{Fermentation power of dough expansion(\%)} = \frac{(\text{1차 발효 후의 부피} - \text{1차 발효 전의 부피})}{\text{1차 발효 전의 부피}} \times 100$$

6. 식빵의 pH와 총 산도

식빵의 pH와 총 산도는 시료 10 g을 식빵 반죽과 동일한 방법으로 측정하였다.

7. 비용적과 굽기 손실률

식빵의 부피는 유채씨를 이용하여 volumeter로 측정할 후 비용적(ml/g)으로 나타내었고, 굽기 손실 측정은 굽기 전의 중량과 구운 후의 중량 차이로 굽기 손실률(%)을 계산하였다.

8. 수분 함량

식빵 내부의 수분 함량은 시료 2 g을 수분측정기(MB45, Ohaus, Greifensee, Switzerland)를 이용하여 측정하였다.

9. 색도

식빵의 색도는 식빵의 crumb를 취하여, 직경 2 cm, 높이 1

cm의 cell에 넣고 색차계(Chroma Meter, CR-200b, Minolta, Osaka, Japan)를 사용하여 L(명도), a(+적색도/-녹색도), +b(황색도) 값으로 나타내었다. 이 때 사용된 표준색판은 L=97.10, a=+0.13, b=+1.88이었다. 실험에 사용된 밀가루의 색도는 L=73.04, a=-1.17, b=+7.73이었고, 자색고구마 분말의 색도는 L=44.18, a=+11.85, b=+5.20이었다.

10. 외부 표면 관찰

식빵의 외부 표면 관찰은 디지털 카메라(7.2 Mega Pixels Digital Camera EX-Z750, Casio Computer Co., Tokyo, Japan)로 식빵의 외관을 검은 배경에서 플래시가 터지지 않게 촬영하였다.

11. 조직감

식빵 내부의 조직감은 시료를 2 cm의 높이로 자른 후 texture analyzer(Model TA-XT2i, Stable Micro Systems, Godalming, England)를 이용하여 100 mm compression plate를 장착하고, 시료를 2회 연속적으로 침입시켰을 때 얻어지는 force-time curve로부터 견고성(hardness), 부서짐성(fracturability), 복원성(resilience)을 측정하였으며, 이때의 분석 조건은 Table 2와 같았다.

12. 관능검사

관능검사는 순천대학교 식품영양학과 학생 100명을 대상으로 9점 척도법을 이용하여 동일 설문지로 평가하였다. 이때 소비자 기호도의 평가 항목은 색(color), 향미(flavor), 부드러움(softness) 및 종합적인 기호도(overall acceptability)로서 대단히 좋아한다 : 9점, 좋지도 싫지도 않다 : 5점, 대단히 싫어한다 : 1점으로 나타내었고, 특성강도의 평가항목은 고구마 향(sweet potato flavor), 단맛(sweetness), 떫은맛(astringency),

Table 2. Operation condition of texture analyzer for purple sweet potato white breads with hemicellulase

Mode	Measure force in compression
Option	TPA
Sample size	4×4×2 cm
Load cell	25 kg
Pre-test speed	2.0 mm/s
Test speed	1.0 mm/s
Post-test speed	1.0 mm/s
Distance	30%
Time	3 sec
Trigger type	Auto-10 g
Data acquisition rate	200 pps
Probe and product data	100 mm compression plate

점착성(gumminess) 및 이취(off-flavor)를 아주 심하다(extreme) : 9점, 전혀 없다(none) : 1점으로 나타내었다. 시료의 준비 및 제시는 1인분을 15 g으로 정하여 흰 플라스틱 접시에 담아서 제공하였다. 선별된 패널은 나이·성별 등을 기록하고, 각 시료는 물컵, 시료를 벨는 컵과 정수기에서 받은 물을 시료 사이에 제공하였다.

13. 통계처리

모든 실험 결과는 SPSS 프로그램(SPSS 12.0 for windows, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)으로 분산분석(ANOVA)을 하였고, 각 측정 평균값 간의 유의성은 $p < 0.05$ 수준으로 Duncan의 다중범위시험법으로 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 일반성분

밀가루의 일반성분은 수분 14.00%, 조회분 0.43%, 조지방 0.96%, 조단백질 12.43%, 조탄수화물 72.18%로 나타났고, 자색고구마 분말의 일반성분은 수분 6.10%, 조회분 1.82%, 조지방 1.05%, 조단백질 6.97%, 조탄수화물 84.06%이었다.

2. 반죽의 pH와 총 산도

헤미셀룰레이즈의 첨가량을 달리하여 제조한 자색고구마 식빵 반죽의 pH와 총 산도는 Table 3에 나타내었다. pH는 대조군과 헤미셀룰레이즈 첨가군들 모두 5.81로 시료들 간에

유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$). 반죽의 pH는 이스트의 활성도를 예측하는 지표로, Kim 등(2002)은 반죽의 pH가 5.0~5.5 일 때 CO₂ 보유력이 가장 우수하였으며, Cauvail SP(2003)은 pH가 낮을수록 CO₂ 발생량이 증가하나, 반죽의 안정성은 감소한다고 하였다. 총 산도는 대조군이 4.40 ml이었고, 헤미셀룰레이즈 첨가군들은 4.37~4.40 ml이었으며, 시료들 간에 유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$). 이는 첨가되는 헤미셀룰레이즈량이 소량이므로 pH와 총 산도에 영향을 미치지 않은 것으로 사료되었다.

3. 반죽 발효 팽창력

헤미셀룰레이즈의 첨가량을 달리하여 제조한 자색고구마 식빵 반죽의 발효 팽창력은 Table 4에 나타내었다. 발효 시간에 따른 발효 팽창력은 대조군과 헤미셀룰레이즈 첨가군들 모두 발효 시간이 길어질수록 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 헤미셀룰레이즈 첨가량에 따른 발효 팽창력은 15분과 30분에서는 시료들 간에 유의적인 차이가 없었고($p < 0.05$), 45분에는 헤미셀룰레이즈 0.015% 첨가군이 62.12%로 가장 높았으며, 나머지 첨가군들은 57.58~60.61%로 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p < 0.05$). 60분에서는 또한 0.015% 첨가군이 98.48%로 가장 높은 값을 나타내었으며, 대조군이 90.91%로 가장 낮은 값을 나타냈다($p < 0.05$).

4. 식빵의 pH와 총 산도

헤미셀룰레이즈의 첨가량을 달리하여 제조한 자색고구마

Table 3. pH and total titratable acidity of purple sweet potato doughs with hemicellulase

	Hemicellulase				
	0(%)	0.005(%)	0.010(%)	0.015(%)	0.020(%)
pH	5.81±0.01 ^{NS2)}	5.81±0.01	5.81±0.01	5.81±0.01	5.81±0.01
TTA ¹⁾ (ml)	4.40±0.10 ^{NS}	4.37±0.06	4.40±0.10	4.37±0.06	4.40±0.10

Values are mean±standard deviation(n=3). Means with the same superscripts in the row are significantly different($p < 0.05$).

¹⁾ TTA=Total titratable acidity. ²⁾ Not significant.

Table 4. Fermentation power of dough expansion of purple sweet potato white breads with hemicellulase

Hemicellulase	Incubation time(min)			
	15	30	45	60
0(%)	^{3)2)NS} 9.09±0.00 ^{d1)}	^{NS} 28.79±2.63 ^c	^B 54.55±4.55 ^b	^B 90.91±4.55 ^a
0.005(%)	^{NS} 10.61±2.63 ^d	^{NS} 30.30±2.63 ^c	^{AB} 57.58±2.62 ^b	^{AB} 93.94±2.62 ^a
0.010(%)	^{NS} 10.61±2.63 ^d	^{NS} 33.33±2.62 ^c	^{AB} 60.61±2.63 ^b	^{AB} 96.97±2.63 ^a
0.015(%)	^{NS} 10.61±2.63 ^d	^{NS} 34.85±2.62 ^c	^A 62.12±2.63 ^b	^A 98.48±2.63 ^a
0.020(%)	^{NS} 10.61±2.63 ^d	^{NS} 31.82±4.55 ^c	^{AB} 59.09±4.55 ^b	^{AB} 95.45±4.55 ^a

Values are mean±standard deviation(n=3). ¹⁾ Means with different small character superscripts in each row are significantly different($p < 0.05$).

²⁾ Means with different large character superscripts in each column are significantly different($p < 0.05$). ³⁾ Not significant

Table 5. pH and total titratable acidity of purple sweet potato white breads with hemicellulase

	Hemicellulase				
	0(%)	0.005(%)	0.010(%)	0.015(%)	0.020(%)
pH	5.45±0.00 ^{NS}	5.44±0.01	5.43±0.01	5.42±0.01	5.42±0.02
TTA(ml)	5.00±0.10 ^b	5.07±0.06 ^{ab}	5.17±0.06 ^a	5.17±0.06 ^a	5.20±0.10 ^a

Values are mean±standard deviation(n=3). Means with the same superscripts in the row are significantly different($p<0.05$).

식빵의 pH와 총 산도는 Table 5에 나타내었다. pH는 대조군이 5.45로 가장 높았고, 헤미셀룰레이즈 첨가군들은 5.42~5.44이었으나, 대조군과 헤미셀룰레이즈 첨가군들은 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p<0.05$). 이는 Kim 등(2008)의 연구와 유사한 실험결과를 나타냈으며, 이는 헤미셀룰레이즈에 의해 젖산과 초산 등의 유기산이 생성되었기 때문이라 보고하였다. 총 산도는 헤미셀룰레이즈 0.010, 0.015, 0.020 % 첨가에서는 유의적인 차이는 없었으나, 대조군과는 유의적인 차이를 나타내었다($p<0.05$).

5. 비용적과 굽기 손실률

헤미셀룰레이즈의 첨가량을 달리하여 제조한 자색고구마 식빵의 비용적(specific volume)과 굽기 손실률(baking loss)은 Table 6에 나타내었다. 비용적(specific volume)은 대조군이 3.52 ml/g으로 가장 낮았고, 헤미셀룰레이즈 0.015% 첨가군은 3.90 ml/g으로 유의적으로 가장 높은 값을 나타냈다. 굽기 손실률(baking loss)은 대조군이 12.63%로 가장 낮았으며 첨가량이 높아질수록 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). Kim & Ryu (1997)와 Lee & Park(2011)의 연구 모두 자색고구마 첨가량이 증가할수록 식빵의 부피가 감소하는 결과를 나타냈었고, 식

빵의 부피는 반죽 상태, glutenin과 gliadin 함량, 수분흡수율, 발효 정도에 영향을 받으며, 자색고구마 첨가에 따른 전분의 증가와 글루텐 함량 감소로 가스 보유력이 낮아져 부피가 감소한다고 하였다. 본 실험은 헤미셀룰레이즈 첨가에 따라 식빵의 부피가 증가한다는 선행연구의 결과와 유사하여(Haseborg & Himmelstein 1988; Kim 등 2008; Yeom 등 2010), 자색고구마 이외에 기능성 부재료 첨가 시 감소하는 식빵의 부피를 개선할 수 있을 것이라 사료되었다. 또한 Maat 등(1992)은 효소가 단독으로 쓰일 때보다 α -amylase와 xylanase가 복합적으로 쓰일 때 제빵성이 향상되고, Dagdelen & Gocmen(2007)은 glucose oxidase와 헤미셀룰레이즈의 조합이 비용적과 crumb 구조를 향상시키는데 적합하다고 하였다.

6. 수분 함량

헤미셀룰레이즈의 첨가량을 달리하여 제조한 자색고구마 식빵의 수분 함량은 Table 7에 나타내었다. 수분 함량은 대조군이 41.87%이었고, 헤미셀룰레이즈 첨가군들은 41.75~41.88%이었으며, 시료들 간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p<0.05$). Kim 등(2008)은 빵 제조 시 헤미셀룰레이즈를 첨가하면 pentosan이 가수 분해되어 반죽의 물 흡수력이 낮아져,

Table 6. Specific volume and baking loss of purple sweet potato white breads with hemicellulase

Hemicellulase	Bread weight(g)	Bread volume(ml)	Specific volume(ml/g)	Baking loss(%)
0(%)	104.84±1.09 ^a	368.75±10.90 ^b	3.52±0.11 ^b	12.63±0.91 ^d
0.005(%)	103.96±0.70 ^b	372.92±15.59 ^b	3.59±0.15 ^b	13.37±0.58 ^c
0.010(%)	103.81±1.03 ^{bc}	395.17±12.19 ^a	3.81±0.13 ^a	13.49±0.86 ^{bc}
0.015(%)	102.98±0.38 ^d	401.33±26.70 ^a	3.90±0.27 ^a	14.19±0.31 ^a
0.020(%)	103.19±0.57 ^{cd}	394.17±18.81 ^a	3.82±0.17 ^a	14.01±0.47 ^{ab}

Values are mean±standard deviation(n=12). Means with the same superscripts in the column are significantly different($p<0.05$).

Table 7. Moisture content of purple sweet potato white breads with hemicellulase

	Hemicellulase				
	0(%)	0.005(%)	0.010(%)	0.015(%)	0.020(%)
Moisture content(%)	41.87±0.30 ^{NS1)}	41.81±0.25	41.75±0.18	41.81±0.12	41.88±0.14

Values are mean±standard deviation(n=15). Means with the same superscripts in the row are significantly different($p<0.05$).

1) Not significant.

식빵의 수분 함량이 낮아진다고 보고하였다.

7. 색도

헤미셀룰레이즈의 첨가량을 달리하여 제조한 자색고구마 식빵의 색도는 Table 8에 나타내었다. 명도를 나타내는 L값은 대조군이 33.13으로 가장 높았고, 헤미셀룰레이즈 첨가군들은 32.02~33.06이었으며, 대조군보다 헤미셀룰레이즈 첨가군들이 유의적으로 낮았다($p<0.05$). 적색도를 나타내는 a값은 대조군이 8.37이었고, 헤미셀룰레이즈 첨가군들은 8.13~8.44이었으며, 0.005% 첨가군을 제외하고 대조군보다 헤미셀룰레이즈 첨가군들이 유의적으로 낮았다($p<0.05$). 그리고 황색

도를 나타내는 b값은 대조군이 7.14로 가장 낮았고, 헤미셀룰레이즈 첨가군들은 7.34~7.86이었으며, 헤미셀룰레이즈 첨가군들이 대조군보다 다소 높은 값을 나타냈다($p<0.05$).

8. 외부 표면 관찰

헤미셀룰레이즈의 첨가량을 달리하여 제조한 자색고구마 식빵의 외부 표면 관찰은 Fig. 1에 나타내었다. 외부색은 시료들 간에 큰 차이가 없었으며, 헤미셀룰레이즈 첨가군들이 대조군보다 volume과 높이가 대체적으로 높았다.

9. 조직감

헤미셀룰레이즈의 첨가량을 달리하여 제조한 자색고구마 식빵의 조직감은 Table 9에 나타내었다. 견고성(hardness)은 대조군이 57.67 g으로 가장 높았고, 0.005% 첨가군 49.62 g, 0.010% 첨가군 40.40 g, 0.015% 첨가군 36.96 g, 0.020% 첨가군 33.85 g으로 헤미셀룰레이즈 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 부서짐성(fracturability)은 대조군이 10.39 g으로 가장 높았고, 헤미셀룰레이즈 첨가군들은 10.07~10.27 g이었으며, 헤미셀룰레이즈 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 복원성(resilience)은 대조군이 1.85이었고, 헤미셀룰레이즈 첨가군들은 1.80~2.00이었으며, 0.005% 첨가군을 제외하고 헤미셀룰레이즈 첨가군들이 대조군보다 유의적으로 높았다($p<0.05$). 식빵의 견고성에 영향을 미치는 요

Table 8. Color of purple sweet potato white breads with hemicellulase

Hemicellulase	L	a	b
0(%)	33.13±0.43 ^a	8.37±0.27 ^a	7.14±0.91 ^b
0.005(%)	32.73±0.31 ^b	8.44±0.14 ^a	7.71±0.44 ^a
0.010(%)	33.06±0.44 ^a	8.32±0.20 ^{ab}	7.86±0.36 ^a
0.015(%)	32.34±0.32 ^c	8.22±0.21 ^{bc}	7.71±0.25 ^a
0.020(%)	32.02±0.32 ^d	8.13±0.23 ^c	7.34±0.33 ^b

Values are mean±standard deviation (n=36).

Means with the same superscripts in the column are significantly different ($p<0.05$).



Fig. 1. External surface appearance of purple sweet potato white breads with hemicellulase.

Table 9. Textural characteristics of purple sweet potato white breads with hemicellulase

	Hemicellulase				
	0(%)	0.005(%)	0.010(%)	0.015(%)	0.020(%)
Hardness(g)	57.67±6.66 ^a	49.62±4.57 ^b	40.40±4.64 ^c	36.96±8.28 ^{cd}	33.85±4.37 ^d
Fracturability(g)	10.39±0.14 ^a	10.27±0.10 ^b	10.17±0.10 ^c	10.11±0.16 ^{cd}	10.07±0.08 ^d
Resilience	1.85±0.29 ^{bc}	1.80±0.34 ^c	1.95±0.03 ^{ab}	1.99±0.06 ^a	2.00±0.04 ^a

Values are mean±standard deviation(n=18). Means with the same superscripts in the row are significantly different($p<0.05$).

인으로는 첨가되는 부재료에 영향을 받으며, 수분 함량, 기공의 조밀도 및 부피의 발달 정도 등이 있다(Sarah 등 2005). 본 실험에서는 헤미셀룰레이즈 첨가로 부피 증가와 기공이 확대되어 견고성이 감소된 것으로 사료되었다. 또한 Haseborg & Himmelstein(1988)의 연구에서 헤미셀룰레이즈 첨가는 crumb의 조직감을 더 부드럽게 하며 노화를 지연시킨다고 보고하였다.

10. 관능검사

헤미셀룰레이즈의 첨가량을 달리하여 제조한 자색고구마 식빵의 소비자 기호도 검사 결과는 Table 10에 나타내었다. 색(color)은 대조군이 5.79이었고, 헤미셀룰레이즈 첨가군들은 5.70~5.96으로 실험군들 간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p < 0.05$). 향미(flavor)는 대조군이 4.81로 가장 낮았고, 헤미셀룰레이즈 첨가군들은 5.01~5.36으로 대조군보다 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 부드러움(softness)은 실험군들 간에 유의적인 차이를 나타내지 않았으나($p < 0.05$), 0.010% 첨가군이 5.87로 가장 높은 값을 나타냈다. 종합적인 기호도(overall acceptability)는 헤미셀룰레이즈 0.010%와 0.005% 첨가군이 각각 5.67, 5.64로 높았고, 두 실험군들은 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p < 0.05$). Lee SY(2008)와 An 등(2008)의 연구에서 관능검사 평가 시, 부드러움에 대한 평가가 가장 높았을 때 종합적인 기호도 또한 가장 높은 점수를 나타내었고, 본 실험에서도 부드러움이 통계적으로 유의한 차이를 나타내지

않았으나($p < 0.05$), 0.010% 첨가군이 부드러움과 종합적인 기호도에서 가장 큰 점수를 나타내었다. 헤미셀룰레이즈의 첨가량을 달리하여 제조한 자색고구마 식빵의 특성 강도 검사 결과는 Table 11에 나타내었다. 고구마향(sweet potato flavor)은 대조군이 4.30으로 가장 낮았고, 헤미셀룰레이즈 첨가군들은 4.89~5.64이었으며, 헤미셀룰레이즈 첨가량이 높아질수록 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 단맛(sweetness)은 대조군이 3.30으로 가장 낮았고, 헤미셀룰레이즈 첨가군들은 3.80~4.05이었으며, 헤미셀룰레이즈 첨가군들이 대조군보다 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 떫은맛(astringency)은 대조군이 3.12이었고, 헤미셀룰레이즈 첨가군들은 2.96~3.45로 실험군들 간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p < 0.05$). 점착성(gumminess)은 대조군이 4.57이었고, 헤미셀룰레이즈 첨가군들은 4.54~5.05로 실험군들 간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p < 0.05$). 이취(off-flavor)는 실험군들 간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p < 0.05$).

이상의 실험 결과에서 반죽의 발효 팽창력, 식빵의 비용적, 조직감, 소비자 기호도 및 특성강도 등의 품질 특성을 고려할 때, 헤미셀룰레이즈 0.010%가 최적 첨가량으로 결정되었다.

요 약

헤미셀룰레이즈를 0.005%, 0.010%, 0.015%, 0.020%를 첨

Table 10. Consumer acceptance of purple sweet potato white breads with hemicellulase

	Hemicellulase				
	0(%)	0.005(%)	0.010(%)	0.015(%)	0.020(%)
Color	5.79±1.11 ^{NS1)}	5.79±1.13	5.96±1.07	5.73±1.28	5.70±1.27
Flavor	4.81±1.41 ^b	5.24±1.30 ^{ab}	5.36±1.30 ^a	5.01±1.51 ^{ab}	5.08±1.48 ^{ab}
Softness	5.64±1.64 ^{NS}	5.82±1.31	5.87±1.25	5.43±1.63	5.46±1.65
Overall acceptability	5.32±1.41 ^{ab}	5.64±1.19 ^a	5.67±1.20 ^a	5.19±1.45 ^b	5.22±1.41 ^b

Values are mean±standard deviation(n=100). Means with the same superscripts in the row are significantly different($p < 0.05$).

1) Not significant.

Table 11. Characteristic intensity of purple sweet potato white breads with hemicellulase

	Hemicellulase				
	0(%)	0.005(%)	0.010(%)	0.015(%)	0.020(%)
Sweet potato flavor	4.30±2.18 ^c	4.89±1.74 ^b	5.18±1.64 ^{ab}	5.35±1.83 ^{ab}	5.64±1.75 ^a
Sweetness	3.30±1.80 ^b	3.80±1.63 ^{ab}	4.05±1.68 ^a	4.01±1.85 ^a	3.98±1.83 ^a
Astringency	3.12±1.75 ^{NS1)}	2.99±1.65	2.96±1.73	3.37±1.83	3.45±1.82
Gumminess	4.57±1.45 ^{NS}	4.54±1.54	4.67±1.56	5.05±1.72	4.81±1.81
Off-flavor	3.87±2.01 ^{NS}	3.42±1.76	3.43±1.76	3.85±1.89	3.76±2.03

Values are mean±standard deviation(n=100). Means with the same superscripts in the row are significantly different($p < 0.05$).

1) Not significant.

가한 자색고구마 제조한 식빵의 품질 특성과 관능검사를 실시하였다. 반죽의 pH와 총 산도는 시료들 간에 유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$). 발효 시간에 따른 발효 팽창력은 발효 시간이 길어질수록 유의적으로 증가하였고($p < 0.05$), 헤미셀룰레이즈 첨가량에 따른 발효 팽창력은 45분과 60분에서는 헤미셀룰레이즈 0.015% 첨가군이 가장 높았으며, 대조군이 가장 낮게 나타났다($p < 0.05$). 식빵의 pH는 대조군보다 헤미셀룰레이즈 첨가군들이 유의적인 차이가 없었으며($p < 0.05$), 총 산도는 헤미셀룰레이즈 첨가군들이 대조군보다 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 비용적과 굵기 손실률은 헤미셀룰레이즈 첨가군들이 대조군보다 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 수분 함량은 시료들 간에 유의적인 차이가 없었으며($p < 0.05$). 명도는 대조군보다 헤미셀룰레이즈 첨가군들이 유의적으로 낮았으며($p < 0.05$), 적색도는 0.005% 첨가군을 제외하고, 대조군보다 헤미셀룰레이즈 첨가군들이 유의적으로 낮았다($p < 0.05$). 황색도는 헤미셀룰레이즈 첨가군들이 대조군보다 다소 높았다($p < 0.05$). 견고성과 부서짐성은 헤미셀룰레이즈 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였으며($p < 0.05$), 복원성은 0.005% 첨가군을 제외하고, 헤미셀룰레이즈 첨가군들이 대조군보다 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 소비자 기호도 검사는 색과 부드러움은 실험군들 간에 유의적인 차이를 나타내지 않았으며($p < 0.05$), 향미는 헤미셀룰레이즈 첨가군들이 대조군보다 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 종합적인 기호도는 헤미셀룰레이즈 0.010% 첨가군이 5.67로 가장 높은 값을 나타냈다. 이상의 실험에서 헤미셀룰레이즈 0.010% 첨가가 자색고구마 식빵의 부피를 개선하는데 최적 첨가량으로 확인되었다.

References

- Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e.V.(Association of cereal research). 1994. Standard-Methoden für Getreide, Mehl und Brot. 7th ed. pp. 283-287. Verlag Moritz Schäfer. Detmold. Germany
- Autioa K, Härkönen H, Parkkonen T, Frigård T, Poutanen K, Siika-aho M, Åman P. 1996. Effects of purified endo- β -xylanase and endo- β -glucanase on the structural and baking characteristics of rye doughs. *LWT-Food Sci Technol* 29: 18-27
- Cheon SH, Hwang SJ, Eun JB. 2012. Quality characteristics of puffed snacks (*ppeongtuigi*) with purple sweet potato flours using different puffing conditions. *Korean J Food Sci Technol* 44:28-33
- Choi CR, Rhim JW, Park YK. 2000. Physicochemical properties of purple-fleshed sweet potato starch. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29:1-5
- Choi SH. 2011. Quality characteristics of white pan bread added with perilla leaf powder. *The Korean J Culinary Research* 17:172-180
- Chun SH, Lee SU, Shin YS, Lee KS, RU IH. 2000. Preparation of yogurt from milk added with purple sweet potato. *Korean J Food & Nutr* 13:71-77
- Collins T, Hoyoux A, Dutron A, Georis J, Genot B, Dauvrin T. 2006. Use of glycoside hydrolase family 8 xylanases in baking. *J Cereal Science* 43:79-84
- Dagdelen AF, Gocmen D. 2007. Effects of glucose oxidase, hemicellulase and ascorbic acid on dough and bread quality. *J Food Quality* 30:1009-1022
- Han KH, Lee JC, Lee GS, Kim JH, Lee JS. 2002. Manufacture and physiological functionality of Korean traditional liquor by using purple-fleshed sweet potato. *Korean J Food Sci Technol* 34:673-677
- Haseborg E, Himmelstein A. 1988. Quality problems with high-fiber breads solved by use of hemicellulase enzymes. *Cereal Foods World* 38:419-421
- He H, Hosney RC. 1991. Gas retention of different cereal flours. *Cereal Chem* 68:34-336
- Jang KS. 1995. Making use of anthocyanins in purple sweet potatoes. *Rural Life Sci* 16:26-29
- Joo NM, Kim SH, Lee HJ, Paik JE. 2012. Quality characteristics and storage stability of bread with cabbage. *Korean J Food Cookery Sci* 28:431-441
- Kang SH, Lee JY, Kim HJ, Kim HR, You BR, Kim MJ, Yang KH, Shim EK, Kim MR. 2011. Quality characteristics of pan bread with spirulina powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 21:31-37
- Kim BR, Joo NM. 2010. Optimization of brown rice cookies using purple sweet potato. *J Korean Diet Assoc* 16:341-352
- Kim KE, Kim SS, Lee YT. 2010. Physicochemical properties of flours prepared from sweet potatoes with different flesh colors. *Korean J Food Preserv* 19:833-840
- Kim SY, Ryu CH. 1995. Studies on the nutritional components of purple sweet potato (*Ipomoea batatas*). *Korean J Food Sci Technol* 27:819-825
- Kim SY, Ryu CH. 1997. Effect of certain additives on bread-making quality of wheat-purple sweet potato flours. *Korean J Soc Food Sci* 13:492-499
- Kim YE, Paik HD, Kim SY, Lee JH, Lee SK. 2011. Effects of liquid broth cultured with red Koji on the rheological

- properties of white pan bread dough. *Korean J Food Sci Technol* 43:235-239
- Kim YS, Chun SS, Tae JS, Kim RY. 2002. Effects of lotus root powder on the quality of dough. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18:573-578
- Kim YS, Kim MY, Chun SS. 2008. Quality characteristics of *Nelumbo nucifera* G. tea white bread with hemicellulase. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37:297-1300
- Krishnarau L, Hosene RC. 1994. Enzymes increase loaf volume of bread supplemented with starch tailings and insoluble pentosans. *J Food Sci* 59:1251-1254
- Kwak JH, Choi GN, Park JH, Kim JH, Jeong HR, Jeong CH, Heo HJ. 2010. Antioxidant and neuronal cell protective effect of purple sweet potato extract. *J Agr Life Sci* 44:57-66
- Lee JC, Lee KS, Lee JK, Han KH, Oh MJ. 1999. Preparation and characteristics of curd Yogurt from milk added with purple sweet potato. *Korean J Postharvest Sci Technol* 6:442-447
- Lee JS, Ahn YS, Chung MN, Kim HS. 2007b. Biological activity of varieties, isolation and purification of antioxidants components in sweet potato. *Korean J Breed Sci* 39:296-301
- Lee JS, Ahn YS, Kim HS, Chung MN, Boo HO. 2007a. Proximate composition and minerals, phenolics, anthocyanins pigment characteristics on the parts of sweetpotato. *Korean J Intl Agr* 19:196-204
- Lee JW, Lee HH, Rhim JW, Jo JS. 2000. Determination of the conditions for anthocyanin extraction from purple-fleshed sweet potato. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29:790-795
- Lee KC, Ryu GH. 2013. Quality characteristics of bread supplemented with extruded corn fiber. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:1290-1295
- Lee LS, Rhim JW. 1997. Thermal kinetics of color changes of purple sweet potato anthocyanin pigment. *Korean J Food Sci Technol* 29:497-501
- Lee SM, Park GS. 2011. Quality characteristics of bread with various concentrations of purple sweet potato. *Korean J Food Cookery Sci* 27:1-16
- Mathewsom PR. 2000. Enzymatic activity during bread baking. *Cereal Foods World* 45:98-101
- Matt J, Roza M, Verbakel J, Stam H, Santos da Silva MJ, Bosse M, Egmond MR, Hangemans MLD, Gorcom RFMV, Hessing JGM, van der Hondel CAMJJ, Rotterdam CV. 1992. Xylanases and their application in bakery. In: Xylans and Xylanases. (Visser J, Beldman G, Kusters-van Someren MA, Vorangen AGJ, eds). pp. 349-360. Elsevier Science. Amsterdam. The Netherlands
- McCleary BV, Gibson TS, Allen H, Gams TC. 1986. Enzymic hydrolysis and industrial importance of barley β -glucans and wheat flour pentosans. *Starch/Starke* 38:422-437
- Oh HE, Hong JS. 2008. Quality characteristics of *sulgidduk* added with fresh sweet potato. *Korean J Food Cookery Sci* 24:501-510
- Ravindran V, Ravindran G, Sivakanesan R, Rajaguru SB. 1995. Biochemical and nutritional assessment of tubers from 16 cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *J Agric Food Chem* 43:2646-2651
- Rhim JW, Lee JW, Jo JS, Yeo KM. 2001. Pilot plant scale extraction and concentration of purple-fleshed sweet potato anthocyanin pigment. *Korean J Food Sci Technol* 33:808-811
- Rhim JW, Lee JW. 2002. Photostability of anthocyanin extracted from purple-fleshed sweet potato. *Korean J Food Sci Technol* 34:346-349
- Rouau X, El-Hayek ML, Moreau D. 1994. Effect of an enzyme preparation containing pentosanases on the bread-making quality of flour in relation to changes in pentosan properties. *J Cereal Sci* 19:259-272
- Shin DS, Park HY, Kim MH, Han GJ. 2011. Quality characteristics of bread with persimmon peel powder. *Korean J Food Cookery Sci* 27:589-597
- Shin JK, Shin HH. 2007. Effect of high voltage pulsed electric fields on extraction of purple sweet potato pigment. *Korean J Food Preserv* 14:165-169
- Song J, Chung MN, Kim JT, Chi HY, Son JR. 2005. Quality characteristics and antioxidative activities in various cultivars of sweet potato. *Korean J Crop Sci* 50:141-146
- Song TH, Choi HS, Kim YS, Woo IA. 2012. Study on sensory and mechanical characteristics of white bread containing different levels of Korean and Chinese *Sansa* (*Crataegus pinatifida* Bunge) powder. *Korea J Food Culture* 27:391-399
- Woolfe JA. 1992. Sweet potato-past and present: An untapped food resource. Cambridge University Press. Cambridge. UK
- Yeom KH, Kim MY, Chun SS. 2010. Quality characteristics of barley leaves tea white bread with hemicellulase. *Korean J Food Nurt* 23:178-185