

헤미셀룰라아제 첨가가 현미 식이섬유 식빵의 품질에 미치는 영향

염경훈¹ · 빙동주¹ · 김문용² · 전순실¹

¹순천대학교 식품영양학과

²SPC 식품생명공학연구소

Effects of Hemicellulase on White Bread Added with Brown Rice Fiber

Kyung-Hun Yeom¹, Dong-Joo Bing¹, Mun-Yong Kim², and Soon-Sil Chun¹

¹Department of Food & Nutrition, Suncheon National University

²Research Institute of Food and Biotechnology, SPC

ABSTRACT White bread added with brown rice fiber was prepared by addition of 0.005, 0.010, 0.015, and 0.020% hemicellulase. Effects on product quality and sensory evaluation were examined. There were no significant differences in pH of dough before the 1st fermentation among the experiments. Dough made by addition of hemicellulase had a significantly higher pH after the 1st fermentation compared to the control group, whereas pH of bread had reverse effects. Fermentation power of dough expansion increased as incubation time increased. Addition of hemicellulase to samples significantly increased specific volume, baking loss, and water activity compared to the control sample. Moisture content was the lowest upon addition of 0.020% hemicellulase. For color, lightness was the highest in the control bread samples, greenness of the 0.015% addition sample was the lowest and yellowness of the 0.005% addition sample was the highest. For textural characteristics, hardness, gumminess, and chewiness were maximum in the control group. Cohesiveness and springiness were not significantly different between the samples. In the sensory evaluation, color, flavor, bran flavor, bitterness, astringency, and coarseness were not significantly different among the samples. Softness and overall acceptability were highest at the 0.020% addition level but lowest at the 0.010% level. The results indicate that addition of 0.020% hemicellulase to brown rice fiber white bread is optimal for quality and provides products with reasonably high overall acceptability.

Key words: white bread, hemicellulase, sensory evaluation

서 론

최근 현대인의 건강에 관한 관심이 높아지고 식이섬유의 기능성 및 생리적 중요성이 대두하면서 곡류, 두류, 과채류로부터 추출한 식이섬유를 이용한 고식이섬유 보강식품이 급진적인 속도로 증가하고 있으며, 빵, 쿠키, 스낵 등의 baked products, ready-to-eat cereal, 육가공, 음료 등에 다양하게 적용되고 있다. 현미 식이섬유는 미강에서 지방과 단백질을 추출하고 남은 부산물로부터 얻어지며, 식이섬유, 무기질, 단백질 및 유용성분 등이 다량 함유되어 있어 기능성 식품의 소재로 건강 증진에 이바지할 수 있다. 현미 식이섬유는 인체 내 소화효소로는 분해될 수 없는 비소화성 물질인 cellulose, hemicelluloses(arabinoxylans), 리그닌 등 주로 불용성 식이섬유로 구성되어 있으며, 보수력, 무기질

및 지질과의 결합력, 발효성, 점도 상승 등의 특성이 있고, 섭취 시 흡수율이 강하여 음식물의 부피를 증가시켜 포만감을 줄 뿐만 아니라 장의 운동을 좋게 하고 변의 장에서의 이동시간을 감소시켜 변비를 해소하는 데 매우 효과적이다 (1). 현재까지 미강을 이용한 가공식품의 품질 특성에 관한 국내 연구로는 간장(2), 바게트(3), 가래떡(4-7), 식빵(8-11), 쿠키(12,13), 머핀(14), 튀김가루(15), 유화형 소시지(16), 분쇄돈육(17), 파운드케이크(18), 반건조 돈육포(19), 프랑크프루터 소시지(20), 순대(21), 분쇄형 돈육제품(22), 저지방 떡갈비(23), 유화형 소시지(24), 떡갈비(25), 돈육 유화물(26), 돈육 소시지(27), 요구르트(28), 생국수(29) 등이 있으나 제빵에 관한 연구는 아직 미비한 실정이다.

밀가루에는 아밀라아제(amylase), 프로테아제(protease) 등 다양한 효소들이 존재하지만, 그 활성이 미약하여 보통 추가적으로 효소제를 첨가함으로써 반죽의 가공성과 최종 빵 제품의 품질을 향상한다. 전통적으로 전분을 가수분해하는 효소뿐만 아니라 비전분성 다당류를 분해하는 효소 및 지질과 글루텐을 변형시키는 효소 등이 사용되고 있다. 이들은 반죽의 개량제나 강화제, 빵 속 연화제, 효모 또는 잔존효

Received 19 November 2015; Accepted 16 December 2015

Corresponding author: Soon-Sil Chun, Department of Food & Nutrition, Suncheon National University, Suncheon, Jeonnam 57922, Korea

E-mail: css@scnu.ac.kr, Phone: +82-61-750-3654

소 강화제, 빵의 풍미 증진 및 노화방지에 의한 유통기한 연장의 효과가 있는 것으로 알려졌다. 또한 알파아밀라아제(α -amylase), 자일라나아제(xylanase), 헤미셀룰라아제(hemicellulase), 글루코오스산화효소(glucose oxidase), 리파아제(lipase) 등 효소를 단독 또는 혼합적으로 사용함으로써 빵의 품질에 상승적인 효과를 줄 수 있다는 연구가 보고되고 있다. 최근 미강 등의 식이섬유나 통밀을 첨가한 빵이 많이 개발되고는 있으나 제빵성이 좋지 않아 빵의 부피가 축소되는 문제점이 있다. 이 문제점을 해결하려는 방안으로 헤미셀룰라아제를 고식이섬유빵을 만들 때 첨가하게 되면 반죽의 질을 향상하고 부피를 증가시킬 수 있다. 헤미셀룰라아제는 헤미셀룰로오스(아라비노자일란)의 가수분해 반응을 촉매하는 효소로 처음에는 크게 분해하는 헤미셀룰라아제가 작용하여 dextrins 정도로 아라비노자일란의 분자를 짧게 하며, 또 다른 헤미셀룰라아제가 작용하여 올리고당이나 5탄당(xylose, arabinose)을 생성한다. 헤미셀룰라아제는 빵 반죽의 끈적거림을 감소시키고 빵의 부피와 내상을 향상시키며, 저장수명을 증가시켜 노화를 감소시킬 수 있는 연구 등에 많이 이용되고 있다(30). 현재까지 헤미셀룰라아제를 첨가한 가공식품의 품질 특성에 관한 국내 연구로는 자색고구마 식빵(31), 보리알차 식빵(32), 백련차 식빵(33), 밀가루(34), 쌀빵(35), 감 주스(36) 등이 있다.

따라서 본 연구에서는 현미 식이섬유를 3% 대체한 식빵의 반죽성과 부피 개선을 위하여 헤미셀룰라아제를 0.005, 0.010, 0.015, 0.020%(w/w) 비율로 첨가하였으며, 이의 반죽 특성과 식빵 제품에 미치는 영향을 조사하여 헤미셀룰라아제의 최적 첨가량을 구명하였다.

재료 및 방법

실험재료

현미 식이섬유(베이다황CJ, Harbin, China), 밀가루(강력분, 씨제이제일제당, 양산, 한국), 버터(롯데우유버터화이트, 롯데, 천안, 한국), 드라이 이스트(instant yeast, La Parisienne, Paris, France), 소금(꽃소금, 샘표식품주식회사, 서

울, 한국), 설탕(백설하얀설탕, 씨제이제일제당, 인천, 한국) 및 식물성 크림(뉴밀키엑스트라, 희창유업, 양산, 한국), 헤미셀룰라아제(Pentopan 500 BG, Novozyme, Bagsvaerd, Denmark)를 실험재료로 사용하였다.

식빵의 제조

헤미셀룰라아제 첨가량을 달리한 현미 식이섬유 식빵의 배합비는 Table 1에 나타내었으며, 식빵은 AACC 10-10.03(37)을 약간 변형하여 pup loaf 직접반죽법(optimized straight-dough bread-making method)으로 제조하였다. 헤미셀룰라아제는 0.005, 0.010, 0.015, 0.020%(w/w)의 비율로 첨가하였으며, 제조 공정은 강력분을 체에 내린 후 버터를 제외한 모든 재료를 반죽기(N50(ML104642), HO-BART, Troy, OH, USA)에 넣어 1단에서 3분, 2단에서 1분간 반죽한 다음 버터를 반죽기에 넣고 1단에서 2분, 3단에서 2분, 2단에서 1분간 반죽하였다. 반죽의 최종온도는 $27 \pm 1^\circ\text{C}$ 로 하였다. 완성된 반죽은 발효기(SMDG-36, Daehung Machinery Co., Gyeonggi, Korea)에서 48분 동안 1차 발효(온도 32°C , 상대습도 80%)를 한 후, 120 g씩 분할하여 둥글리기하고 실온(20°C)에서 15분간 중간발효를 하였다. 중간발효가 끝난 후 가스빼기를 하고 성형하여 틀에 넣어 발효기에서 70분간 2차 발효(온도 32°C , 상대습도 80%)를 한 다음 윗불 180°C , 아랫불 190°C 로 예열된 오븐(Deck Oven, Shinshin Machinery Co., Busan, Korea)에서 18분 동안 구웠다. 완성된 식빵은 실온(20°C)에서 1시간 동안 냉각시킨 후 본 실험의 시료로 사용하였다.

밀가루 및 현미 식이섬유의 이화학적 특성 분석

밀가루와 현미 식이섬유의 수분, 조회분, 조지방은 식품 영양실험핸드북(38)에 따라 분석하였고, 조단백질은 단백질 분석기(FP 528 Nitrogen/Protein Determinator, Leco Co., St. Joseph, MI, USA)를 이용하여 분석하였으며, 백도는 백도계(C-100-3 Whiteness Meter, Kett Electric Laboratory, Tokyo, Japan), 입도는 입도 분석기(LS 13 320 Laser Diffraction Particle Size Analyser, Beckman

Table 1. Formula for brown rice fiber white breads with hemicellulase

Ingredients (g)	Hemicellulase (%)				
	0	0.005	0.010	0.015	0.020
Wheat flour ¹⁾	291	291	291	291	291
Brown rice fiber ²⁾	8.04	8.04	8.04	8.04	8.04
Butter	15	15	15	15	15
Instant yeast	6	6	6	6	6
Salt	5	5	5	5	5
Vegetable cream powder	9	9	9	9	9
Sugar	18	18	18	18	18
Water	195.96	195.96	195.96	195.96	195.96
Hemicellulase	0	0.015	0.030	0.045	0.060

¹⁾Moisture content of wheat flour: 13.59%.

²⁾Moisture content of brown rice fiber: 3.22%.

Coulter, Brea, CA, USA)를 이용하여 분석하였다. 밀가루의 습부 글루텐은 글루텐 분석기(Glutomatic 2200, Perten Instruments, Huddinge, Sweden)을 이용하여 AACC 38-12.02 방법(37)에 따라 분석하고, 현미 식이섬유의 총식이 섬유 함량은 식품영양실험핸드북(39)에 따라 분석하였다.

반죽과 식빵의 pH 측정

반죽과 식빵의 pH는 시료 10 g을 증류수 100 mL에 넣어 혼합한 다음 3,000 rpm에서 20분간 원심분리 하였다. 분리된 상층액을 pH Meter(pH-200L, Istek, Seoul, Korea)로 측정하였다.

반죽의 발효 팽창력 측정

식빵 반죽의 발효 팽창력은 혼합이 끝난 반죽 25 g을 취해 100 mL의 메스실린더에 넣은 후 상부의 표면을 평평하게 하였다. 그리고 1차 발효 조건인 온도 32°C, 상대습도 80%의 발효기(SMDG-36, Daehung Machinery Co.)에서 48분간 발효하면서 12분 간격으로 측정된 결과를 다음 식으로 계산하였다.

Fermentation power of dough expansion (%) = [(volume after first fermentation - volume before first fermentation) / volume before first fermentation] × 100

비용적과 굽기 손실률 측정

식빵의 부피는 종자치환법을 사용하였다. 유채 씨를 이용하여 volumeter로 측정된 후 비용적(mL/g)으로 나타내었고, 굽기 손실 측정은 굽기 전의 중량과 구운 후의 중량 차이로 굽기 손실률(%)을 계산하였다.

수분 함량 측정

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

수분활성도 측정

식빵 내부의 수분활성도는 시료 2 g을 수분활성도 측정기(HP23-AW, Rotronic, Bassersdorf, Switzerland)에 넣어 측정하였다.

색도 측정

식빵의 색도는 식빵의 crumb을 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. 이때 사용된 표준색판은 L=97.10, a=+0.13, b=+1.88이었다.

조직감 측정

식빵의 조직감은 완성된 식빵을 1시간 방랭한 후 4×4×2 cm로 자른 다음 texture analyzer(Model TA-XT2i, Sta-

Table 2. Operation condition of texture analyzer for brown rice bier 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 s
Trigger type	Auto-1 g
Data acquisition rate	200 pps
Probe and product data	100 mm compression plate

ble Micro Systems, Godalming, UK)를 이용하여 100 mm compression plate를 장착하고 시료를 2회 연속적으로 압착시켰을 때 나타난 force-time curve로부터 견고성(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 점착성(gumminess), 씹힘성(chewiness) 및 복원성(resilience)을 측정하였으며, 이때의 분석 조건은 Table 2에 나타내었다.

관능검사

관능검사는 순천대학교 식품영양학과 학생 40명을 대상으로 9점 척도법을 이용하여 동일 설문지로 평가하였다. 이때 소비자 기호도의 평가 항목은 색(color), 향미(flavor), 부드러움(softness) 및 종합적인 기호도(overall acceptability)로 대단히 좋아한다 9점, 좋지도 싫지도 않다 5점, 대단히 싫어한다 1점으로 나타내었고, 특성 강도의 평가 항목은 쌀겨향(bran flavor), 쓴맛(bitterness), 뚝은맛(astringency), 거친 정도(coarseness)를 아주 심하다(extreme) 9점, 전혀 없다(none) 1점으로 나타내었다. 시료의 준비 및 제시는 1인분을 15 g으로 정하여 흰 플라스틱 접시에 담아서 제공하였다. 선별된 패널의 나이·성별 등을 기록하고, 각 시료는 물컵, 시료를 빨는 컵과 정수기에서 받은 물을 시료 사이에 제공하였다.

통계처리

모든 실험 결과는 SPSS 프로그램(SPSS 12.0 for windows, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였으며, 각 측정 평균값 간의 유의성은 $P < 0.05$ 수준으로 Duncan의 다중범위 시험법을 사용하여 검증하였다.

결과 및 고찰

밀가루 및 현미 식이섬유의 이화학적 특성

밀가루의 이화학적 특성은 수분 13.59%, 회분 0.43%, 단백질 12.10%, 손상 전분 6.20%, 습부 글루텐 32.1%, 백

도 81.6, 평균 입도 71.05 μm 였으며, 현미 식이섬유의 수분은 3.22%, 회분 15.13%, 단백질 9.58%, 지방 0.67%, 탄수화물 71.40%, 식이섬유 43.85%, 백도 43.7, 평균 입도 52.21 μm 였다.

반죽과 식빵의 pH

헤미셀룰라아제를 첨가한 현미 식이섬유 식빵 반죽의 pH는 Table 3에 나타내었다. 1차 발효 전 반죽의 pH는 대조군이 5.66이었고 헤미셀룰라아제 첨가군들은 5.66~5.70이었으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 간에 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 이는 헤미셀룰라아제의 양이 아주 극소량으로 식빵 반죽의 pH에 거의 영향을 미치지 않는 것으로 사료되었다. 1차 발효 후 반죽의 pH는 대조군이 5.56으로 가장 낮았고 헤미셀룰라아제 첨가군들은 5.59~5.68이었으며, 헤미셀룰라아제 첨가군들이 대조군보다 유의적으로 높았다($P<0.05$). 이는 Kim 등(40)의 반죽 pH가 5.0~5.5일 때 가스 보유력이 가장 우수한 연구 보고와 유사한 값을 보였다. 반죽의 pH는 이스트의 활성도를 예측하는 지표로 pH가 산성일 때 이스트의 활성이 최대가 되고, 낮을수록 탄산가스의 발생량은 많아지나 pH 4.0 이하에서는 적어진다. 이스트의 발효는 제빵에 있어서 중요한 과정이고 발효 속도는 첨가한 원료의 pH 및 삼투압, 완충작용에 의해 좌우된다(41). Cauvain(42)은 반죽의 가스 안정성은 pH가 높을수록 크며, pH가 낮은 경우에는 가스 발생력이 많아져 팽창력은 증가하지만 안정성은 감소한다고 하였다. 식빵의 pH는 대조군이 5.71로 가장 높았고 헤미셀룰라아제 첨가군들은 5.60~5.68이었으며, 대조군보다 헤미셀룰라아제 첨가군들이 유의적으로 낮았다($P<0.05$). 이는 Kim 등(33)의 헤미셀룰라아제 첨가량이 많아질수록 젖산균의 발효가 더 활발하

게 진행되어 젖산과 초산 등의 유기산 생성이 더 많아졌기 때문이라는 연구 결과와 유사하였다.

반죽의 발효 팽창력

헤미셀룰라아제를 첨가한 현미 식이섬유 식빵 반죽의 발효 팽창력은 Table 4에 나타내었다. 발효 시간에 따른 반죽의 발효 팽창력은 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 모두 발효 시간이 길어질수록 유의적으로 증가하였다($P<0.05$). 헤미셀룰라아제 첨가량에 따른 발효 팽창력은 15분, 30분 및 60분에서 시료 간에 유의적인 차이가 없었으며($P>0.05$), 45분에는 헤미셀룰라아제 0.005% 첨가군이 81.33%로 가장 높았고 0.010% 첨가군이 65.33%로 가장 낮았다($P<0.05$). 이는 Yeom 등(32)과 Kim 등(33)의 헤미셀룰라아제 첨가에 따른 식빵의 발효 팽창력은 유의적인 차이가 없었다는 연구 결과와 유사하였다.

비용적 및 굽기 손실률

헤미셀룰라아제를 첨가한 현미 식이섬유 식빵의 비용적 과 굽기 손실률은 Table 5에 나타내었다. 비용적은 대조군이 4.96 mL/g으로 가장 낮았고 헤미셀룰라아제 첨가군들은 5.20~5.44 mL/g이었으며, 헤미셀룰라아제 첨가군들이 대조군보다 유의적으로 높았다($P<0.05$). Choi(8)는 현미 식이섬유를 첨가했을 때 식빵의 부피, 즉 비용적이 감소하는 결과를 나타냈었고, 이는 현미 식이섬유 첨가에 따른 글루텐 함량 감소와 불용성 식이섬유 증가로 가스 보유력이 낮아져 부피가 감소한다고 하였다. 본 실험에서는 헤미셀룰라아제 첨가로 식빵의 부피가 증가하였다는 선행연구 결과와 유사하여(31-33), 현미 식이섬유 이외의 기능성 부재료 첨가 시 식빵의 부피 감소를 개선할 수 있을 것으로 사료되었다. 굽

Table 3. pH of brown rice fiber white bread doughs and breads with hemicellulase

	Hemicellulase (%)				
	0	0.005	0.010	0.015	0.020
Doughs	5.66±0.13 ^{dNS1)}	5.66±0.23	5.66±0.07	5.70±0.03	5.68±0.05
After first fermented doughs	5.56±0.04 ^c	5.60±0.04 ^b	5.59±0.03 ^{bc}	5.68±0.05 ^a	5.65±0.02 ^a
Breads	5.71±0.07 ^a	5.60±0.03 ^c	5.64±0.07 ^{bc}	5.61±0.03 ^c	5.68±0.04 ^{ab}

Mean±SD (n=9).

Means with different small letters (a-c) within in each row are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾NS: not significant.

Table 4. Fermentation power of dough expansion of brown rice fiber white breads with hemicellulase

Hemicellulase (%)	Incubation time (min)			
	15	30	45	60
0	4.00±0.00 ^{dNS1)}	30.67±8.33 ^{cNS}	69.33±4.62 ^{bAB}	116.00±14.42 ^{aNS}
0.005	2.67±2.31 ^d	40.00±6.93 ^c	81.33±12.86 ^{bA}	129.33±6.11 ^a
0.010	6.67±4.62 ^d	34.67±6.11 ^c	65.33±10.07 ^{bB}	118.67±14.05 ^a
0.015	4.00±0.00 ^d	30.67±6.11 ^c	66.67±2.31 ^{bAB}	120.00±10.58 ^a
0.020	4.00±0.00 ^d	37.33±2.31 ^c	78.67±4.62 ^{bAB}	125.33±10.07 ^a

Mean±SD (n=3).

Means with different small letters (a-d) in each row are significantly different ($P<0.05$).

Means with different capital letters (A,B) in each column are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾NS: not significant.

Table 5. Specific volume and baking loss of brown rice fiber white breads with hemicellulase

Hemicellulase (%)	Bread weight (g)	Bread volume (mL)	Specific volume (mL/g)	Baking loss (%)
0	103.80±1.61 ^a	513.33±63.87 ^b	4.96±0.68 ^b	13.50±1.35 ^b
0.005	102.74±0.87 ^b	558.33±60.28 ^a	5.44±0.59 ^a	14.39±0.72 ^a
0.010	103.03±0.42 ^{ab}	546.67±29.34 ^{ab}	5.31±0.30 ^{ab}	14.15±0.35 ^{ab}
0.015	103.29±0.72 ^{ab}	536.67±36.27 ^{ab}	5.20±0.37 ^{ab}	13.92±0.60 ^{ab}
0.020	102.66±0.42 ^b	555.00±30.60 ^a	5.41±0.31 ^a	14.45±0.35 ^a

Mean±SD (n=12).

Means with different small letters (a,b) in each column are significantly different ($P<0.05$).

기 손실률은 대조군이 13.50%로 가장 낮았고 헤미셀룰라아제 첨가군들은 13.92~14.45%였으며, 헤미셀룰라아제 첨가군들이 대조군보다 유의적으로 높았다. 한편 Yeom 등(32)과 Kim 등(33)은 헤미셀룰라아제 첨가에 따른 식빵 반죽의 부피 증가와 오븐 팽창이 커서 부피가 크고 오븐 열과 반응하는 표면적이 커서 굽는 과정 중 수분 증발이 활발해져 굽기 손실률이 높았다고 하여 본 실험의 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

수분 함량과 수분활성도

헤미셀룰라아제를 첨가한 현미 식이섬유 식빵의 수분 함량과 수분활성도는 Table 6에 나타내었다. 수분 함량은 헤미셀룰라아제 0.020% 첨가군이 40.19%로 가장 낮았고($P<0.05$), 대조군과 헤미셀룰라아제 0.005%, 0.010%, 0.015% 첨가군들 간에는 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 수분 함량은 빵의 신선도에 영향을 주는 요인 중의 하나이며, 본 실험에서는 헤미셀룰라아제를 첨가했을 때 수분 함량이 다소 낮아져 빵의 신선도 개선 효과는 없는 것으로 생각하였다. 한편 Kim 등(33)은 빵 제조 시 헤미셀룰라아제를 첨가하면 pentosan이 가수분해 되어 반죽의 물 흡수력이 낮아져 식빵의 수분 함량이 낮아진다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사하였다. 수분활성도는 대조군이 0.908 Aw로 가장 낮았고, 헤미셀룰라아제 첨가군들은 0.913~0.918 Aw였으며, 헤미셀룰라아제 첨가군들이 대조군보다 유의적으로 높았다

($P<0.05$).

색도

헤미셀룰라아제를 첨가한 현미 식이섬유 식빵의 색도는 Table 7에 나타내었다. 명도는 대조군이 56.25였고 헤미셀룰라아제 첨가군들은 54.49~56.18이었으며, 대조군보다 헤미셀룰라아제 첨가군들이 다소 낮았다. 이러한 결과는 헤미셀룰라아제 첨가 자색고구마(31), 보리잎차(32), 백련차(33) 첨가 시 식빵의 명도가 낮았다는 연구 보고와 유사한 경향을 보였다. 녹색도는 헤미셀룰라아제 0.015% 첨가군이 -0.62로 가장 낮았고, 대조군과 헤미셀룰라아제 0.005% 첨가군은 각각 -0.81, -0.80으로 유의적으로 높았으며($P<0.05$), 두 시료 간에는 유의적인 차이가 없었다. 황색도는 헤미셀룰라아제 0.005% 첨가군이 13.65로 가장 높았고, 헤미셀룰라아제 0.020% 첨가군이 12.86으로 가장 낮았다($P<0.05$).

조직감

헤미셀룰라아제를 첨가한 현미 식이섬유 식빵의 조직감은 Table 8에 나타내었다. 견고성은 대조군이 41.30 g로 가장 높았고 헤미셀룰라아제 첨가군들은 24.94~34.70 g였으며, 대조군보다 헤미셀룰라아제 첨가군들이 유의적으로 낮았다($P<0.05$). 이러한 결과는 헤미셀룰라아제 첨가 자색고구마(31), 보리잎차(32), 백련차(33) 첨가 시 식빵의 견고

Table 6. Moisture content and water activity of brown rice fiber white breads with hemicellulase

	Hemicellulase (%)				
	0	0.005	0.010	0.015	0.020
Moisture content (%)	40.73±0.43 ^a	40.75±0.31 ^a	40.64±0.31 ^a	40.63±0.16 ^a	40.19±0.36 ^b
Water activity (Aw)	0.908±0.004 ^d	0.918±0.004 ^a	0.917±0.004 ^{ab}	0.913±0.001 ^c	0.914±0.002 ^{bc}

Mean±SD (n=9).

Means with different small letters (a-d) in each row are significantly different ($P<0.05$).

Table 7. Hunter's color of brown rice fiber white breads with hemicellulase

Hunter value	Hemicellulase (%)				
	0	0.005	0.010	0.015	0.020
L	56.25±0.33 ^a	56.18±0.44 ^a	55.95±0.72 ^a	54.93±1.75 ^b	54.49±1.72 ^b
a	-0.81±0.07 ^a	-0.80±0.08 ^a	-0.76±0.08 ^{ab}	-0.62±0.26 ^c	-0.68±0.26 ^{bc}
b	13.45±0.34 ^{ab}	13.65±1.69 ^a	13.47±0.35 ^{ab}	13.17±0.57 ^{bc}	12.86±0.66 ^c

Mean±SD (n=36).

Means with different small letters (a-c) in each row are significantly different ($P<0.05$).

Table 8. Textural characteristics of brown rice fiber white breads with hemicellulase

	Hemicellulase (%)				
	0	0.005	0.010	0.015	0.020
Hardness (g)	41.30±3.36 ^a	26.33±4.75 ^c	31.55±5.87 ^b	34.70±2.62 ^b	24.94±1.20 ^c
Cohesiveness	0.86±0.01 ^{NS1)}	0.85±0.02	0.83±0.02	0.84±0.01	0.83±0.02
Springiness	0.99±0.01 ^{NS}	1.00±0.02	1.04±0.13	1.03±0.09	1.00±0.02
Gumminess	35.53±2.98 ^a	22.41±4.17 ^c	26.31±4.60 ^b	29.11±2.16 ^b	20.82±1.07 ^c
Chewiness	35.22±3.12 ^a	22.32±4.17 ^c	27.15±4.37 ^b	29.80±2.85 ^b	20.82±1.22 ^c
Resilience	0.51±0.02 ^a	0.51±0.01 ^a	0.50±0.02 ^{ab}	0.50±0.01 ^{ab}	0.49±0.01 ^b

Mean±SD (n=9).

Means with different small letters (a-c) in each row are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾NS: not significant.

성이 낮았다는 연구 보고와 유사한 경향을 보였다. 식빵의 견고성은 첨가되는 부재료 및 첨가제에 영향을 받으며, 수분 함량, 부피의 발달 정도 및 기공의 조밀도 등이 주요 영향 인자이다(43). 응집성은 대조군이 0.86이었고 헤미셀룰라아제 첨가군들은 0.83~0.85였으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군 간에 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 탄력성은 대조군이 0.99였고 헤미셀룰라아제 첨가군들은 1.00~1.04였으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군 간에 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 점착성은 대조군이 35.53으로 가장 높았고 헤미셀룰라아제 첨가군들은 20.82~29.11이었으며, 대조군보다 헤미셀룰라아제 첨가군들이 유의적으로 낮았다($P<0.05$). 씹힘성은 대조군이 35.22로 가장 높았고 헤미셀룰라아제 첨가군들은 20.82~29.80이었으며, 대조군보다 헤미셀룰라아제 첨가군들이 유의적으로 낮았다($P<0.05$). 복원성은 헤미셀룰라아제 0.020% 첨가군이 0.49로 가장 낮았고, 대조군과 헤미셀룰라아제 0.005% 첨가군은 각각 0.51, 0.51로 유의적으로 높았으며($P<0.05$), 두 시료 간에는 유의적인 차이가 없었다.

관능검사

헤미셀룰라아제를 첨가한 현미 식이섬유 식빵의 소비자 기호도 검사 결과는 Table 9에 나타내었다. 색상은 대조군이 5.68이었고 헤미셀룰라아제 첨가군들은 5.75~5.88이었으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군 간에 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 향미는 대조군이 5.88이었고 헤미셀룰라아제 첨가군들은 5.45~5.83이었으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군 간에 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 부드러움은 헤미셀룰라아제 0.020% 첨가군이 6.78로 가장 높았고, 헤미셀룰라아제 0.010% 첨가군이 5.45로 가장 낮았다($P<0.05$). 종합적인 기호도는 헤미셀룰라아제 0.020% 첨가군이 6.30으로 가장 높았고, 헤미셀룰라아제 0.010% 첨가군이 5.60으로 가장 낮았다($P<0.05$).

헤미셀룰라아제를 첨가한 현미 식이섬유 식빵의 특성 강도 검사 결과는 Table 10에 나타내었다. 쌀겨향은 대조군이 3.63이었고 헤미셀룰라아제 첨가군들은 3.35~3.80이었으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군 간에 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 쓴맛은 대조군이 1.78이었고 헤미셀룰라

Table 9. Consumer acceptance of brown rice fiber white breads with hemicellulase

	Hemicellulase (%)				
	0	0.005	0.010	0.015	0.020
Color	5.68±1.49 ^{NS1)}	5.85±1.12	5.75±1.32	5.88±1.20	5.83±1.13
Flavor	5.88±1.52 ^{NS}	5.83±1.45	5.45±1.34	5.65±1.19	5.83±1.58
Softness	6.00±1.88 ^{bc}	5.95±1.88 ^{bc}	5.45±1.72 ^c	6.30±1.40 ^{ab}	6.78±1.23 ^a
Overall acceptability	5.78±1.48 ^{ab}	6.03±1.39 ^{ab}	5.60±1.26 ^b	5.93±1.27 ^{ab}	6.30±1.14 ^a

Mean±SD (n=40).

Means with different small letters (a-c) in each row are significantly different ($P<0.05$).

¹⁾NS: not significant.

Table 10. Characteristics intensity rating of brown rice fiber white breads with hemicellulase

	Hemicellulase (%)				
	0	0.005	0.010	0.015	0.020
Bran flavor	3.63±2.26 ^{NS1)}	3.35±1.93	3.78±1.70	3.53±1.91	3.80±1.88
Bitterness	1.78±1.07 ^{NS}	1.80±1.18	2.10±1.57	2.35±1.90	2.15±1.81
Astringency	2.05±1.57 ^{NS}	2.15±1.55	2.25±1.84	2.30±1.73	2.15±1.63
Coarseness	3.20±2.08 ^{NS}	3.15±2.15	3.28±1.80	2.70±1.84	2.70±1.74

Mean±SD (n=40).

¹⁾NS: not significant.

아제 첨가군들은 1.80~2.35였으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군 간에 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 뭍은맛은 대조군이 2.05였고 헤미셀룰라아제 첨가군들은 2.15~2.30이었으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군 간에 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$). 거친 정도는 대조군이 3.20이었고 헤미셀룰라아제 첨가군들은 2.70~3.28이었으며, 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군 간에 유의적인 차이가 없었다($P>0.05$).

요 약

헤미셀룰라아제를 0.005, 0.010, 0.015, 0.020%로 첨가하여 제조한 현미 식이섬유 식빵 반죽의 pH 및 발효 팽창력, 현미 식이섬유 식빵의 품질 특성인 pH, 비용적, 굵기 손실률, 수분 함량, 색도, 조직감 및 관능검사의 결과는 다음과 같았다. 1차 발효 전 반죽의 pH는 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군 간에 유의적인 차이가 없었으며, 1차 발효 후 반죽의 pH는 헤미셀룰라아제 첨가군들이 대조군보다 유의적으로 높았고, 식빵의 pH는 대조군보다 헤미셀룰라아제 첨가군들이 유의적으로 낮았다. 발효 시간에 따른 반죽의 발효 팽창력은 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군들 모두 발효 시간이 길어질수록 유의적으로 증가하였다. 식빵의 비용적과 굵기 손실률은 헤미셀룰라아제 첨가군들이 대조군보다 유의적으로 높았다. 식빵의 수분 함량은 헤미셀룰라아제 0.020% 첨가군이 40.19%로 가장 낮았고, 대조군과 헤미셀룰라아제 0.005%, 0.010%, 0.015% 첨가군 간에는 유의적인 차이가 없었으며, 수분활성도는 헤미셀룰라아제 첨가군들이 대조군보다 유의적으로 높았다. 식빵의 명도는 대조군보다 헤미셀룰라아제 첨가군들이 다소 낮았다. 녹색도는 헤미셀룰라아제 0.015% 첨가군이 -0.62로 가장 낮았고, 대조군과 헤미셀룰라아제 0.005% 첨가군과 대조군은 각각 -0.81, -0.80으로 유의적으로 높았으며, 두 시료 간에는 유의적인 차이가 없었다. 황색도는 헤미셀룰라아제 0.005% 첨가군이 13.65로 가장 높았고, 헤미셀룰라아제 0.020% 첨가군이 12.86으로 가장 낮았다. 식빵의 견고성, 점착성과 씹힘성은 대조군보다 헤미셀룰라아제 첨가군들이 유의적으로 낮았다. 응집성과 탄력성은 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군 간에 유의적인 차이가 없었다. 복원성은 헤미셀룰라아제 0.020% 첨가군이 0.49로 가장 낮았고, 대조군과 헤미셀룰라아제 0.005% 첨가군은 각각 0.51, 0.51로 유의적으로 높았으며, 두 시료 간에는 유의적인 차이가 없었다. 식빵의 소비자 기호도 검사 결과 색상과 향미는 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군 간에 유의적인 차이가 없었다. 부드러움은 헤미셀룰라아제 0.020% 첨가군이 6.78로 가장 높았고, 헤미셀룰라아제 0.010% 첨가군이 5.45로 가장 낮았다. 종합적인 기호도는 헤미셀룰라아제 0.020% 첨가군이 6.30으로 가장 높았고, 헤미셀룰라아제 0.010% 첨가군이 5.60으로 가장 낮았다. 식빵의 특성 강도 검사 결과 쌀겨향, 쓴맛, 뭍은맛 및

거친 정도는 대조군과 헤미셀룰라아제 첨가군 간에 유의적인 차이가 없었다. 이상의 결과를 종합해 보면 헤미셀룰라아제 0.020% 첨가는 반죽의 발효 팽창력, 식빵의 비용적, 조직감 및 소비자 기호도 등의 품질 특성을 고려할 때 현미 식이섬유 식빵의 품질 특성에 좋은 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각하였다.

REFERENCES

1. Kim YS, Ha TY, Lee SH, Lee HY. 1997. Effect of rice bran dietary fiber extract on gelatinization and retrogradation of wheat flour. *Korean J Food Sci Technol* 29: 464-469.
2. Jeong SJ, Shin MJ, Jeong SY, Yang HJ, Jeong DY. 2014. Characteristic analysis and production of short-ripened Korean traditional soy sauce added with rice bran. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 550-556.
3. Hwang GH, Yun HR, Jung HN, Choi OJ. 2014. Quality characteristics of baguette using fermented rice bran sourdough. *Korean J Food Cook Sci* 30: 307-316.
4. Choi EH. 2013. Quality characteristics of Garaedduk with defatted rice bran. *Korean J Culinary Res* 19: 130-141.
5. Kim WJ. 2013. Quality and antioxidative activity of Garaedduk prepared with stabilized rice bran and rice flours by semi-dry milling. *MS Thesis*. Chonnam National University, Gwangju, Korea. p 1-60.
6. Choi EH, Lee JH. 2010. Quality characteristics of Garaedduk with roasted rice bran. *Korean J Culinary Res* 16: 277-286.
7. Choi EH. 2009. Quality characteristics of Garaedduk with raw rice bran. *Korean J Culinary Res* 15: 94-104.
8. Choi EK. 2012. Quality characteristics of white breads with Riber 50. *MS Thesis*. Suncheon National University, Suncheon, Korea. p 1-47.
9. Park HS, Choi KM, Han GD. 2008. Changes of breadmaking characteristics with the addition of rice bran, fermented rice bran and rice bran oil. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 640-646.
10. Chang KH, Byun GI, Park SH, Kang WW. 2008. Dough properties and bread qualities of wheat flour supplemented with rice bran. *Korean J Food Preserv* 15: 209-213.
11. Kim YS, Ha TY, Lee SH, Lee HY. 1997. Properties of dietary fiber extract from rice bran and application in bread-making. *Korean J Food Sci Technol* 29: 502-508.
12. Joo SY, Choi HY. 2012. Antioxidant activity and quality characteristics of black rice bran cookies. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 182-191.
13. 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.
14. Jang KH, Kang WW, Kwak EJ. 2012. Quality characteristics of muffin added rice bran powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 22: 543-549.
15. Choi SI, Kim TJ, Park JH, Lim CS, Kim MY. 2011. Quality characteristics of frying mix added brown rice fiber. *Korean J Food Cookery Sci* 27: 671-680.
16. Choi YS, Kim HW, Song DH, Choi JH, Park J, Kim MY, Lim CS, Kim CJ. 2011. Quality characteristics and sensory properties of reduced-fat emulsion sausages with brown rice fiber. *Korean J Food Sci Ani Resour* 31: 521-529.
17. Kim HW, Choi YS, Choi JH, Han DJ, Kim HY, Hwang KE, Song DH, Kim CJ. 2011. Effects of rice bran fiber on changes in the quality characteristics of raw ground pork during chilled storage. *Korean J Food Sci Ani Resour* 31:

- 339-348.
18. Jang KH, Kang WW, Kwak EJ. 2010. The quality characteristics of pound cake prepared with rice bran powder. *Korean J Food Preserv* 17: 250-255.
 19. Kim TH, Choi YS, Choi JH, Han DJ, Kim HY, Lee MA, Shim SY, Paik HD, Kim CJ. 2010. Physicochemical properties and sensory characteristics of semi-dried pork jerky with rice bran fiber. *Korean J Food Sci Ani Resour* 30: 966-974.
 20. Heo C, Kim HW, Choi YS, Kim CJ, Paik HD. 2009. Shelf-life estimation of frankfurter sausage containing dietary fiber from rice bran using predictive modeling. *Korean J Food Sci Ani Resour* 29: 47-54.
 21. Choi YS, Choi JH, Han DJ, Kim HY, Lee MA, Kim HW, Lee CH, Paik HD, Kim CJ. 2009. Physicochemical and sensory characterization of Korean blood sausage with added rice bran fiber. *Korean J Food Sci Ani Resour* 29: 260-268.
 22. Choi YS, Choi JH, Han DJ, Kim HY, Lee MA, Kim HW, Jeong JY, Paik HD, Kim CJ. 2008. Effect of adding levels of rice bran fiber on the quality characteristics of ground pork meat product. *Korean J Food Sci Ani Resour* 28: 319-326.
 23. Choi YS, Choi JH, Han DJ, Kim HY, Lee MA, Lee ES, Jeong JY, Paik HD, Kim CJ. 2008. Effects of rice bran fiber on quality of low-fat *Tteokgalbi*. *Food Sci Biotechnol* 17: 959-964.
 24. Choi YS, Jeong JY, Choi JH, Han DJ, Kim HY, Lee MA, Kim HW, Paik HD, Kim CJ. 2008. Effects of dietary fiber from rice bran on the quality characteristics of emulsion-type sausages. *Korean J Food Sci Ani Resour* 28: 14-20.
 25. Heo C, Kim HW, Choi YS, Kim CJ, Paik HD. 2008. Application of predictive microbiology for shelf-life estimation of *Tteokgalbi* containing dietary fiber from rice bran. *Korean J Food Sci Ani Resour* 28: 232-239.
 26. Choi YS, Jeong JY, Choi JH, Han DJ, Kim HY, Lee MA, Shim SY, Paik HD, Kim CJ. 2007. Quality characteristics of meat batters containing dietary fiber extracted from rice bran. *Korean J Food Sci Ani Resour* 27: 228-234.
 27. Cho SH, Park BY, Seong PN, Lee JM, Kim DH, Ahn CN. 2006. Effect of γ -oryzanol on lipid oxidation, color, texture and sensory properties of pork sausage. *Korean J Food Sci Ani Resour* 26: 331-336.
 28. Lee HJ, Pak HO, Lee JM. 2006. Fermentation properties of yogurt added with rice bran. *Korean J Food Cookery Sci* 22: 488-494.
 29. Kim YS, Ha TY, Lee SH, Lee HY. 1997. Effect of rice bran dietary fiber on flour rheology and quality of wet noodles. *Korean J Food Sci Technol* 29: 90-95.
 30. Popper L. 2007. Flour treatment. In *Future of Flour*. Popper L, Schäfer W, Freund W, eds. Agrimedia, Bergen/Dumme, Germany. p 232-235.
 31. Kim YO, Kim MY, Bing DJ, Yoon EJ, Lee YJ, Chun SS. 2014. Effects of hemicellulase on purple sweet potato bread. *Korean J Food & Nutr* 27: 22-30.
 32. Yeom KH, Kim MY, Chun SS. 2010. Quality characteristics of barley leaves tea white bread with hemicellulase. *Korean J Food & Nutr* 23: 178-185.
 33. 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: 1294-1300.
 34. Jung DS. 2008. Quality and breadmaking properties of flour milled from wheat treated with carbohydrases. *PhD Dissertation*. Chonnam National University, Gwangju, Korea. p 1-86.
 35. Lee MH, Chang HG, Lee YT. 2008. Effects of enzymes and emulsifiers on the loaf volume and crumb hardness of rice breads. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 761-766.
 36. Chun YK, Choi HS, Cha BS, Oh HI, Kim WJ. 1997. Effect of enzymatic hydrolysis on the physicochemical properties of persimmon juice. *Korean J Food Sci Technol* 29: 198-203.
 37. AACC. 2000. *Approved methods of the american association of cereal chemists*. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA.
 38. The Korean Society of Food Science and Nutrition. 2000. *Handbook of experiments in food science and nutrition (food science)*. Hyoil Books, Seoul, Korea. p 96-128.
 39. The Korean Society of Food Science and Nutrition. 2000. *Handbook of experiments in food science and nutrition (nutrition)*. Hyoil Books, Seoul, Korea. p 167-171.
 40. 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.
 41. Min SH, Lee BR. 2008. Effect of *Astragalus membranaceus* powder on yeast bread baking quality. *J Korean Soc Food Culture* 23: 228-234.
 42. Cauvain SP. 2003. *Bread making: Improving quality*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. p 352-374.
 43. Labensky SR, Van Damme E, Martel P, Tenbergen K. 2005. *On baking: A textbook of baking and pastry fundamentals*. Pearson-Prentice Hall, Saddle River, NJ, USA. p 50-52,150.