

활성글루텐이 저항전분을 함유한 식빵의 품질 특성에 미치는 영향

김유진¹ · 이정훈¹ · 최미정² · 최두리³ · 이시경^{2*}

¹건국대학교 응용생물학과

²건국대학교 분자생명공학과

³건국대학교 농축대학원 바이오 식품공학과

Effects of Vital Wheat Gluten on Quality Characteristics of White Pan Bread Containing Resistant Starch

Yu-Jin Kim¹, Jeong-Hoon Lee¹, Mi-Jung Choi², Doo-Ri Choi³, and Si-Kyung Lee^{2*}

¹Dept. of Applied Bioscience, ²Dept. of Molecular Biotechnology, and

³Dept. of BioFood Science & Technology, Agric. Livestock Graduate School, Konkuk University, Seoul 143-701, Korea

Abstract

This study was carried out to evaluate the effect of wheat gluten on quality characteristics of white pan bread with 10% resistant starch. White pan bread was fortified with wheat gluten at levels of 2%, 4% and 6% w/w. The pH of dough and white pan bread, specific loaf volume, water activity, baking loss rate, crumb color, hardness, and sensory evaluation were analyzed for quality characteristics. The pH of processed dough and white pan bread with additional vital wheat gluten was lower than that of control, and pH increased with increasing wheat gluten content. Water activity was lower in white pan bread with added vital wheat gluten than in the control, however there were no significant differences. Specific loaf volume revealed a higher value in tests than in the control, and the products revealed a higher specific loaf volume with higher amounts of vital wheat gluten. However, the baking loss rate decreased with increasing wheat gluten content. In terms of crumb color analysis, L, a, and b values lowered with increasing wheat gluten. Hardness appeared to be lower in tests than in the control, and the test with 6% wheat gluten showed the lowest value among the products. In a sensory evaluation, the product with 4% wheat gluten revealed the highest score. As a result of this study, 4% wheat gluten is considered to be the reasonable level in preparing white pan bread with 10% resistant starch.

Key words: wheat gluten, quality characteristics, resistant starch

서 론

식생활패턴의 서구화에 따라 빵과 케이크의 소비가 날로 증가하고 있으며, 최근 식품의 소비 추세는 기능성식품이나 저열량 제품에 선호도가 급증하고 있는 실정이다. 저지방, 저칼로리, 고섬유질의 식품을 선호하게 되면서 이에 부응하는 식품개발이 중요한 과제가 되어 기능성 소재로서 저항전분의 임상적, 생리적인 연구와 식품에 활용하려는 노력이 활발히 진행되고 있다. 저항전분은 도정된 낱알이나 종자와 같이 물리적으로 효소의 접근이 어려운 RS1, 생전분이며 B형의 결정형을 갖는 입자형의 저항전분으로 바나나나 감자 전분 같은 RS2, 전분의 노화에 의해서 형성된 RS3, 그리고 화학적으로 처리된 변성전분 중 소화되지 않는 전분을 RS4 등 네 종류로 분류한다(1). 식이섬유소와 유사한 생리적 특성을 가져 부드럽고 냄새가 온화하며 입자가 작고 수분흡수력이 낮아 가공 식품에 이용 시 품질을 개선할 수 있어(2),

비전분 다당류보다 많이 첨가할 수 있다. 저항전분은 대장의 건강에 도움을 주는 단쇄지방산의 생성으로 대장암의 억제 효과 및 prebiotic fiber 역할을 하는 것으로 알려져 있으며, 불용성 식이섬유의 변통을 개선하고 변비를 줄이는 효과가 있는 것으로 보고되어 있다(3,4). 특히 저항전분은 소장에서 소화되지 않아 글리세믹 인덱스(glycemic index)가 낮으며 이로 인하여 혈당을 낮추는 중요한 역할을 담당하여 당뇨병 환자나 비만 치료 또는 예방에도 도움을 주고 있다. 이러한 기능을 가진 저항전분을 빵 제조에 첨가하여 기능성 빵을 개발하려 하고 있으나 전분을 첨가하면 밀가루의 단백질 함량이 적어져(5) 빵의 부피가 작아지고 식감이 저하되며 향이 약해지는 단점이 있다(6).

빵의 부피를 증가시키기 위하여 활성글루텐을 첨가하는데, 활성글루텐은 밀전분 생산 시 발생하는 부산물로 물에 불용성 단백질이다. 주로 gliadin과 glutenin으로 구성되어 있으며 gliadin은 분자량이 30,000~80,000 Da이고, glutenin

*Corresponding author. E-mail: lesikyung@konkuk.ac.kr
Phone: 82-2-450-3759, Fax: 82-2-450-3726

은 수백만 Da이다(7). 생산량이 많고 가격이 저렴하여 제빵 이외에 시리얼, 애완동물 사료, 육가공 등에 이용하고 있다(8). 글루텐은 그 자체보다는 효소로 분해하여 여러 가지 펩타이드를 만들어 이용하고 있다. 그러나 이렇게 제조된 제품은 물에 불용이고 분산성이 좋지 않은 단점을 가지고 있다(9). 글루텐의 gliadin은 알코올에 용해하나 glutenin은 불용인데, 제빵에서 중요한 역할을 하는 것은 glutenin이다(10). 글루텐 함량이 낮은 밀가루로 빵을 만들면 효모가 발생하는 이산화탄소 포집력이 저하되어 부피가 큰 양질의 빵을 만들 수 없어 gluten-free 제품에는 점탄성을 갖는 hydrocolloid(11)나 효소, 콩단백, 계란흰자 등을 이용하고 있다(12).

본 연구는 체내에서 prebiotics로 작용하는 저항전분을 이용한 빵을 제조하는데 나타나는 적은 부피, 향 부족, 식감 저하 등의 단점을 보완하고자 밀가루에서 추출한 활성글루텐을 일정량 첨가하여 제품에 미치는 영향으로 pH, 비용적, 수분활성도, 굽기손실, 조직감, crumb 색도, 관능검사 등을 분석하여 저항전분이 첨가된 기능성 빵 제조에 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

밀가루(강력 1등급, 대한제분, 인천, 한국), 저항전분(DS-RStar 80, 난소화성 전분, RS4, 대상(주), 군산, 한국), 활성글루텐(삼원상사, 대구, 한국), 효모(Lapari sienne, DSM Bakery Ingredients, Felixstowe, UK), 설탕(계일제당, 인천, 한국), 쇼트닝(삼양사, 서울, 한국), 탈지분유(서울우유, 안산, 한국), 반죽개량제(S-500, Puratos Korea, Seoul, Korea), 소금((주)한주, 울산, 한국) 등을 사용하였다.

실험방법

식빵의 제조: 저항전분을 10% 첨가한 식빵을 대조구로 하여 활성글루텐 2%, 4%, 6% 첨가하여 식빵을 제조하였다. 식빵은 AACC 10-10b(13)의 방법을 수정하여 직접법(straight dough method)으로 제조하였고, 제조 시 배합물은 Table 1과 같으며 활성글루텐의 사용량에 따라 물 양을 조절하였다. 쇼트닝을 제외한 모든 재료를 한꺼번에 믹싱볼에 넣고 저속 3분, 중속 2분 동안 혼합 후 쇼트닝을 투입하고 저속 3분, 중속 15분간 믹싱하여 반죽을 제조하였다. 반죽온도는 27°C가 되도록 하였고, 온도 27°C, 상대습도 75%의 1차 발효실(Fresh proofer, Daeyung Bakery Machinery Co. Ltd., Seoul, Korea)에서 60분간 발효시켰다. 발효한 반죽을 무게 540 g씩 분할하여 등글리기 한 후 실온에서 15분간 중간 발효시켰다. 반죽을 정형하여 식빵 틀(21×9×8.5 cm)에 넣고, 온도 40°C, 상대 습도 85%의 2차 발효실에서 50분간 발효하여, 온도 180°C의 데크오븐(FDO-7104, Electric Deck Oven, Daeyung Bakery Machinery Co. Ltd.)에서 30분간 구워 2시간 실온에서 냉각시켰다.

Table 1. Formulas for white pan bread with resistant starch and different quantity of vital wheat gluten (Unit: g)

Ingredients	Control	Test		
		VWG ¹⁾ 2%	VWG 4%	VWG 6%
Bread flour	900	900	900	900
Resistant starch 4	100	100	100	100
Vital wheat gluten	-	20	40	60
Water	640	660	680	700
Instant dry yeast	12	12	12	12
Sucrose	60	60	60	60
Salt	20	20	20	20
Shortening	40	40	40	40
Dough improver	15	15	15	15
Total	1,787	1,827	1,867	1,907

¹⁾Vital wheat gluten.

반죽 및 제품의 pH 측정: 반죽 및 제품의 pH는 반죽 혼합 후, 1차 발효 후, 2차 발효 후, 제품 냉각 후에 측정하였다. 시료 10 g을 증류수 100 mL에 용해한 후 pH meter(pH Meter 440, Corning Co. Ltd., Hayward, CA, USA)를 이용하여 5회 측정하여 자료로 하였다.

수분활성도 측정: 활성글루텐 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 수분활성도는 시료를 25°C에 보존하면서 24시간 이후부터 2일 간격으로 7일간 수분활성도 측정기(BT-RS1, Rotronic ag, Bassersdorf, Switzerland)로 측정하였다. 식빵의 내부를 믹서기로 균일하게 갈아 측정기의 cell에 채운 후 미리 25°C로 조절하여 놓은 측정기의 chamber에 cell을 삽입하여 수분활성도 값이 변하지 않을 때까지 시료별로 5개씩 측정하여 자료로 하였다.

비용적 측정: 활성글루텐 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 비용적은 먼저 종가치환법으로 식빵의 부피를 측정(14)한 후 분할 중량으로 나누어 구하였다. 시료별로 5개씩 측정하여 자료로 하였다.

굽기손실 측정: 활성글루텐 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 굽기손실은 굽기 전 반죽의 중량을 측정하고, 구운 후에 식빵의 중량을 측정하여 그 차이를 반죽의 중량으로 나누어 구하였다(15). 시료별로 5개씩 측정하여 자료로 하였다.

Crumb 색도 측정: 활성글루텐 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 crumb 색도 변화는 color reader(CR-10, Korea Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan)로 측정하였다. 식빵의 crumb 부위를 가로, 세로, 높이 각각 20 mm, 20 mm, 10 mm 크기로 잘라 준비하여 Hunter 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness) 등을 측정하였다. 이때 표준 백색판의 값으로 L: 77.1, a: +2.1, b: +2.2인 calibration plate를 사용하였으며 각각의 시료를 5개씩 측정하여 자료로 하였다.

조직감 측정: 활성글루텐 첨가량을 달리하여 제조한 식빵을 25°C에 보존하면서 24시간 이후부터 2일 간격으로 7일간의 조직감 평가를 위하여 경도 변화를 Texture Analyser(TA-XT2, Stable micro systems Co., Surrey, England)로

측정하였다. 측정조건은 adaptor 지름 110 mm 원형 probe, table speed 100 mm/min, chart speed 60 mm/min, load cell range 1 kg, critical area 314 mm², % deformation 25 등이었다. 각 시료를 10개씩 측정하여 오차범위가 큰 상하 값은 제외하고 자료로 하였다.

관능검사

제조된 빵의 관능검사는 대학 및 대학원생 남녀 20명을 대상으로 본 실험의 목적과 평가방법에 대하여 교육시킨 후 외관(appearance), 색상(color), 향미(flavor), 조직감(texture), 맛(taste), 종합적 기호도(overall acceptability)에 대하여 5단계 채점법으로 매우 좋다(5점), 좋다(4점), 그저 그렇다(3점), 나쁘다(2점), 매우 나쁘다(1점)로 평가하였다. 개인별로 평가표에 점수를 작성하도록 하여 최상위와 최하위를 제외하고 자료로 하였다.

통계분석

각 항목에 대하여 3회 반복 실험하였고 결과는 평균값±표준편차(mean±SD)로 나타냈다. 통계분석은 statistical analysis system(SAS)(16)을 사용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였고, 시료 간의 유의성 검증은 p<0.05 수준으로 던컨의 다중 범위시험법(Duncan's multiple range test)을 이용하였다.

결과 및 고찰

pH 측정

밀가루에 저항전분 10% 첨가 후 활성글루텐의 첨가량을 달리하여 제조한 반죽과 식빵의 pH를 측정한 결과는 Table 2와 같다. 대조구에 비하여 활성글루텐을 첨가한 시험구의 pH가 반죽, 발효 공정과 식빵에서 높게 나타났다. 이는 활성글루텐 첨가로 반죽의 단백질 함량이 증가하여 단백질의 완충작용에 기인하며, 또한 단백질의 함량이 많으면 효모에 의한 발효가 지연되는 것에 기인하는 것으로 생각된다(17). Tanaka와 Matsumoto(18)는 반죽 후 pH는 원료의 종류와 함량에 따라 5.85~6.02이고 2차 발효 후에는 5.50까지 내려간다고 보고하여 본 실험과 유사한 경향을 보였다. Galal 등(19)도 스펀지법으로 샌프란시스코 사워 도(sour dough)를 이용한 프랑스빵 제조 공정에서 본종 반죽 5시간 발효 후의

Table 2. pH of bread doughs and white pan bread containing resistant starch 10% and different quantity of vital wheat gluten

Treatment	pH value			
	Dough	1st fermentation	2nd fermentation	Bread
Control ¹⁾	5.95±0.01 ^{b3)}	5.53±0.01 ^b	5.33±0.01 ^b	5.42±0.02 ^b
VWG ²⁾ 2%	6.00±0.01 ^b	5.61±0.02 ^a	5.35±0.03 ^b	5.70±0.01 ^a
VWG 4%	6.05±0.01 ^b	5.68±0.01 ^a	5.40±0.01 ^a	5.79±0.01 ^a
VWG 6%	6.12±0.02 ^a	5.73±0.01 ^a	5.43±0.01 ^a	5.81±0.01 ^a

¹⁾Control=Bread flour 900 g+Resistant starch 100 g.

²⁾Vital wheat gluten.

³⁾Values are mean±SD, n=3.

^{a,b}Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's range test (p<0.05).

pH가 3.85에서 굽기 후에는 3.90으로 증가하였다고 보고하였는데, 이는 본 연구 결과에서 굽기 후의 pH가 2차 발효 후보다 높아지는 것과 같은 결과이었다. Kim(20)도 빵의 제조 공정에 따른 반죽의 pH 변화에 관한 연구에서 곰팡이와 세균에서 분리한 amylase와 맥아 분말을 첨가할 경우 1차발효, 중간 발효, 2차 발효까지는 pH가 감소하다 굽기 후에는 다소 증가하였다고 하였다.

수분활성도 측정

밀가루에 저항전분 10% 첨가 후 활성글루텐의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 수분활성도를 측정한 결과는 Table 3과 같다. 저장 1일에 대조구의 수분활성도가 0.97인데 비하여 활성글루텐을 첨가한 시험구들은 0.96과 0.95로 나타나 유의적 차이가 없었으나(p<0.05) 저장기간이 경과함에 따라 대조구 및 시험구 모두 수분활성도가 낮아졌으며, 활성글루텐 6%를 첨가한 시험구에서 가장 낮았다. Pühr와 D'Appolonia(21)는 세 종류의 경질적색축색으로 제분한 밀가루를 이용하여 직접법으로 제조한 빵을 2시간, 2일, 4일간 저장하면서 수분활성도를 측정하여 비교한 결과 2일 후부터 감소하였고, 4일 저장하는 동안에 0.995~0.975 범위로 변화가 적었다고 보고하였는데, 이는 본 연구의 결과와 유사하였다. Czuchajowska와 Pomeranz(22)는 같은 빵의 껍질(crust), 옆면, 밑면, 내부(crumb)의 각 부위별로 1시간, 85시간, 170시간 후에 수분활성도를 측정하여 비교한 결과 빵 내부(crumb)의 수분활성도는 85시간 후에 미세하게 증가하였으나 170시간 후에는 미세하게 감소하였다고 하였다. 한편,

Table 3. Effects of vital wheat gluten on water activity of white pan bread containing resistant starch 10%

Storage period (days)	Temp. (°C)	Water Activity			
		Control ¹⁾	VWG ²⁾ 2%	VWG 4%	VWG 6%
1	20.4	0.97±0.01 ^{a3)}	0.96±0.01 ^a	0.96±0.02 ^a	0.95±0.01 ^a
3	20.7	0.94±0.02 ^a	0.93±0.03 ^a	0.93±0.01 ^a	0.91±0.01 ^b
5	20.2	0.89±0.01 ^a	0.90±0.02 ^a	0.88±0.01 ^b	0.87±0.01 ^b
7	20.3	0.87±0.01 ^a	0.87±0.01 ^a	0.86±0.00 ^a	0.84±0.02 ^b

¹⁾Control=Bread flour 900 g+Resistant starch 100 g. ²⁾Vital wheat gluten.

³⁾Values are mean±SD, n=3.

^{a,b}Means with the same letter in a row are not significantly different by Duncan's range test (p<0.05).

Table 4. Specific loaf volume (SLV) of white pan bread containing resistant starch 10% and different quantity of vital wheat gluten

Samples	SLV
Control ¹⁾	3.10±0.02 ^{d3)}
VWG ²⁾ 2%	3.31±0.01 ^c
VWG 4%	3.54±0.04 ^b
VWG 6%	3.72±0.05 ^a

¹⁾Control=Bread flour 900 g+Resistant starch 100 g.

²⁾Vital wheat gluten.

³⁾Values are mean±SD, n=3.

^{a-d)}Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's range test (p<0.05).

Kim(20)은 곰팡이, 세균, 맥아에서 각각 분리한 amylase를 첨가하여 제조한 빵의 수분활성도는 저장 기간이 경과함에 따라 낮아지는 경향을 보였다고 하였다. Czuchajowska 등(23)도 빵 반죽의 흡수율과 굽기시간에 따른 수분활성도를 측정하여 비교한 결과 흡수율이 낮을수록, 굽기시간이 길수록 수분활성도는 낮아지는 경향을 보였다고 하였다. Lazari-dou 등(11)은 수분활성도와 내부의 견고한 정도는 저장성에 큰 영향을 미치는데, 신선한 빵의 수분활성도는 0.92~0.93 이고 8일 지난 빵은 0.91~0.94라고 하였다. 수분활성도가 낮으면 전분의 결정화가 느려 노화가 지연되는 것으로 알려져 있다(24).

비용적 측정

밀가루에 저항전분 10% 첨가 후 활성글루텐의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 비용적을 측정된 결과는 Table 4와 같다. 대조구에 비해 활성글루텐을 첨가한 시험구들의 제품 비용적이 증가하였고 첨가량이 많을수록 비용적은 증가하는 경향을 보였다. Kim과 Lee(25)는 활성글루텐 14% 첨가 시 제품의 비용적이 2.98±0.16이었고, 17% 첨가 시에는 3.23±0.12로 대조구에 비해 비용적이 증가하여 활성글루텐이 부피개선에 효과가 있다고 하여 본 실험의 결과와 유사하였다. 빵의 부피는 단백질 함량, glutenin과 gliadin의 비율이 중요하며 그 이외에 밀가루에 함유된 전분, 극성지질과 가스 팽창제 등에 의해 영향을 받는다고 Uthayakumaran 등(26)은 보고하였고, Wieser(27)는 글루텐이 제빵에서 반죽의 흡수율, 응집성, 점도, 탄력성 등에 영향을 주어 품질을 결정하는데 중요한 역할을 한다고 하였다. 본 실험에서 활성글루텐의 첨가는 저항전분 첨가로 인해 반죽내의 적어진 글루텐을 보충하여 단백질 함량을 증가시키는 효과로 비용적이 증가하였으며 이는 제품의 경도에도 영향을 줄 것으로 생각된다. Kim과 Kim(15)은 활성글루텐을 첨가하면 탄력 있는 반죽 형성으로 효모가 발생하는 이산화탄소를 보다 많이 포집하여 빵의 부피가 커지기 때문에 비용적이 증가하였다고 하였다. 또한 Onyango 등(28)은 글루텐이 적거나 부족한 밀가루로 만든 빵은 부피가 작고 껍질과 내상이 견고하고 조밀하며 노화가 빠르게 진행된다고 하였다.

Table 5. Effects of vital wheat gluten on baking loss of white pan bread containing resistant starch 10%

Samples	Baking loss
Control ¹⁾	8.58±0.17 ^{a3)}
VWG ²⁾ 2%	8.32±0.29 ^b
VWG 4%	8.27±0.12 ^b
VWG 6%	8.10±0.22 ^b

¹⁾Control=Bread flour 900 g+Resistant starch 100 g.

²⁾Vital wheat gluten.

³⁾Values are mean±SD, n=3.

^{a,b)}Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's range test (p<0.05).

굽기 손실을 측정

밀가루에 저항전분 10% 첨가 후 활성글루텐의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 굽기 손실률을 측정된 결과는 Table 5와 같다. 활성글루텐을 첨가하지 않은 대조구의 굽기 손실률이 8.58%인데 비하여 활성글루텐을 첨가한 시험구들의 굽기 손실률이 낮았고 첨가량이 많을수록 손실률이 더 낮아지는 경향을 보였으며 대조구와 유의적인 차이가 있었다(p<0.05). Lee 등(29)은 활성글루텐 첨가 시 굽기 손실률이 감소하는 경향을 나타냈다고 하였고, Kim과 Kim(15)도 식빵 제조 시 솔잎 추출물을 첨가한 후 활성글루텐을 첨가하면 굽기손실이 적어졌다고 하여 본 실험 결과와 일치하였다. Kim 등(30)은 굽기 손실은 발효산물 중 휘발성 물질이 굽기 중 열에 의해 휘발하면서 수분도 같이 증발하기 때문이라고 하였다. 굽기 손실은 빵을 굽는 과정 중 발효로 생성된 이산화탄소의 팽창, 전분의 호화, 빵 내부의 탄력성 형성 등으로 발생하는 자연적 현상으로 보통 중량 100 g에서 4.7~6.3 g의 손실이 발생한다고 하였다(31).

Crumb 색도 측정

밀가루에 저항전분 10% 첨가 후 활성글루텐의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 색도를 측정된 결과는 Table 6과 같다. 명도인 L 값은 대조구의 70.4에 비하여 활성글루텐을 첨가한 시험구들이 낮았고 첨가량이 많을수록 더욱 낮아져 6% 첨가 시 47.8이었다. 적색도인 a 값은 대조구가 1.0이었으나 활성글루텐을 2~6% 첨가한 시험구들은 0.9~0.7로 나타나 첨가량이 많을수록 낮아졌으며, 2% 첨가구는 대조구

Table 6. Color values of white pan bread containing resistant starch 10% and different quantity of vital wheat gluten

Samples	Crumb color		
	L	a	b
Control ¹⁾	70.4±0.4 ^{a3)}	1.0±0.1 ^a	27.0±0.4 ^a
VWG ²⁾ 2%	55.7±0.2 ^b	0.9±0.1 ^a	24.3±0.4 ^b
VWG 4%	52.3±0.8 ^c	0.8±0.3 ^b	21.5±0.3 ^c
VWG 6%	47.8±0.9 ^d	0.7±0.1 ^b	17.3±0.2 ^d

¹⁾Control=Bread flour 900 g+Resistant starch 100 g.

²⁾Vital wheat gluten.

³⁾Values are mean±SD, n=3.

^{a-d)}Means with the same letter in a column are not significantly different by Duncan's range test (p<0.05).

Table 7. Hardness of white pan bread with resistant starch 10% and different quantity of vital wheat gluten

Samples	Storage time (days)			
	1	3	5	7
Control ¹⁾	100±8 ^{aC3)}	230±10 ^{aB}	300±25 ^{aB}	680±30 ^{aA}
VWG ²⁾ 2%	90±6 ^{aC}	210±12 ^{aB}	280±16 ^{aB}	400±20 ^{bA}
VWG 4%	60±6 ^{bD}	180±10 ^{bC}	240±12 ^{aB}	330±10 ^{cA}
VWG 6%	60±4 ^{bC}	150±6 ^{cB}	170±14 ^{bB}	230±12 ^{dA}

¹⁾Control=Bread flour 900 g+Resistant starch 100 g.

²⁾Vital wheat gluten.

³⁾Values are mean±SD, n=3.

Means with the same letter in a row (A-D) and a column (a-d) are not significantly different by Duncan's range test (p<0.05).

와 유의적인 차이가 없었다(p<0.05). 황색도인 b 값은 대조구가 27.0이었고, 활성글루텐을 2~6% 첨가한 시험구들은 각각 24.3, 21.5, 17.3으로 첨가량이 많을수록 황색도 값이 낮아졌으며 대조구와 시험구간에 유의적 차이가 있었다(p<0.05). 이상의 실험에서 대조구에 비하여 활성글루텐 첨가량이 많을수록 L, a, b 값 모두 낮아지는 것으로 나타났다. Chung과 Kim(32)은 활성글루텐과 수용성 gum이 메밀빵 특성에 미치는 효과에 관한 연구에서 활성글루텐 첨가 시 crumb의 L과 b 값이 감소하였다고 하여 본 실험의 결과와 일치하였다.

조직감 측정

밀가루에 저항전분 10% 첨가 후 활성글루텐의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 조직감을 평가하기 위하여 경도를 측정된 결과는 Table 7과 같다. 저장 1일에 대조구가 100±10 g/cm²에 비하여 활성글루텐을 첨가한 시험구들의 경도는 낮았다. 활성글루텐의 첨가량이 많을수록 그 값은 더 낮아졌으며 유의적 차이가 있어(p<0.05), 활성글루텐이 제품의 부드러움에 영향을 주는 것으로 나타났다. 이는 활성글루텐을 첨가하였을 때 제품의 비용적이 증가된 것에 기인하는 것으로 생각된다. 저장기간의 경과에 따른 경도 변화에서 대조구는 저장 1일에 100±8 g/cm², 저장 5일에 300±25 g/cm², 저장 7일에 680±30 g/cm²로 저장기간이 경과할수록 값의 증가폭이 컸으나 활성글루텐을 첨가한 시험구들은 증가폭이 대조구보다 낮았고, 특히 첨가량이 많을수록 경도 값이 낮아져 유의적 차이가 있었다(p<0.05). 이는 Esteller 등(33)이 젖은 글루텐 3%와 냉동건조 한 글루텐을 각각 3, 6%를 첨가하여 제조한 햄버거번을 10일간 저장하면서 Texture Analyzer로 견고성(firmness)을 측정된 결과 저장기간이 경과함에 따라 대조구의 견고성 값이 가장 높았고, 젖은 글루텐을 첨가한 것이 가장 낮아 부드럽다고 한 결과와 일치하였다. 또한 젖은 글루텐을 첨가한 제품은 조직이 개선되었고 냉동건조 한 글루텐을 첨가한 제품은 노화가 느리고 기능적인 면에서 여러 가지 개선 효과가 있었다고 하였다. Chung 등(34)도 활성글루텐을 단독으로 첨가하였을 때 저장 1시간 후에는 메밀빵의 경도인 86.8 g보다 높은 136.3 g이었으나 저장기간 48시간부터 72시간 후에는 오히려 메밀빵의 경도

Table 8. Preference scores of the bread including resistant starch 10% and different quantity of the vital wheat gluten

Items	Control ¹⁾	VWG ²⁾ 2%	VWG 4%	VWG 6%
Appearance	3.9±0.6 ^{a3)}	4.1±0.9 ^a	4.4±1.0 ^a	4.2±1.0 ^a
Color	4.1±0.7 ^b	4.2±0.9 ^b	4.4±1.0 ^a	4.2±1.1 ^b
Flavor	3.8±0.9 ^b	4.3±0.7 ^a	4.4±1.0 ^a	4.0±1.0 ^a
Texture	3.3±0.9 ^b	3.9±1.0 ^a	4.1±0.8 ^a	3.9±1.1 ^a
Taste	3.5±1.1 ^b	4.0±0.7 ^a	4.3±0.9 ^a	3.6±0.9 ^b
Overall acceptability	3.8±0.7 ^b	4.2±0.7 ^a	4.4±0.9 ^a	4.0±0.8 ^b

¹⁾Control=Bread flour 900 g+Resistant starch 100 g.

²⁾Vital wheat gluten.

³⁾Values are mean±SD, n=3.

^{a,b}Means with the same letter in a row are not significantly different by Duncan's range test (p<0.05).

인 192.5 g보다 낮은 185.8 g으로 나타나 본 실험 결과와 유사한 경향을 보였다. Primo-Martin 등(35)도 활성글루텐이 함유된 반죽개량제를 첨가한 것과 그렇지 않은 것의 경도를 8일 동안 측정된 결과 저장기간이 경과함에 따라 빵의 경도가 다소 감소한다고 하였으며, 저장기간 동안 내부가 견고해지는 현상은 수분의 재분포, amylopectin의 재결정화, 글루텐 단백질의 강도 상실 등 빵에서 발생하는 여러 가지 요인들에 기인한다고 하였다. Willhoft(36)도 식빵의 노화는 전분의 노화와 글루텐 구조의 변화 및 수분의 부분적 재배치 때문이라 하였다.

관능검사

밀가루에 저항전분 10% 첨가 후 활성글루텐의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 관능검사 결과는 Table 8과 같다. 식빵의 모양은 대조구에 비하여 활성글루텐을 첨가한 시험구의 제품이 높은 점수를 얻었고, 특히 색상은 활성글루텐을 4% 첨가한 시험구가 높은 점수를 얻었다. 제품의 향은 활성글루텐을 2%와 4% 첨가한 시험구가 유의적 차이 없이 높은 점수를 얻었고 조직감과 맛은 4% 첨가구가 높은 점수를 얻었다. 전체적인 기호도에서 대조구에 비하여 활성글루텐을 4% 첨가한 제품이 4.4로 가장 높은 점수를 얻어 저항전분 10% 첨가한 식빵 제조에 활성글루텐 첨가는 품질에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. Callejo 등(37)은 제빵에 글루텐을 첨가하면 흡수율이 높아져 제품의 유연성이 증가하고 견고성이 감소하여 노화가 서서히 진행되어 부드러운 제품을 유지하는데 많은 영향을 미친다고 하여 본 실험에서 활성글루텐 첨가로 조직감 및 여러 평가 항목에서 개선된 효과가 나타난 결과와 일치하였다. 이는 활성글루텐의 첨가로 반죽의 신장성이 개선되고 발효 동안 이산화탄소 포집력이 증가하여 제품의 부피가 커지게 되는 것에 기인하는 것으로 생각된다. 글루텐이 빵의 노화를 지연시키는 것은 단백질 함량이 높으면 전분의 회석작용과 부피가 커지기 때문이라고 Willhoft(36)는 보고하였다. 따라서 글루텐 함량이 적은 밀가루로 만든 제품은 부피가 작고, 조직과 향이 바람직하지 않으며 노화가 빨리 진행된다. 이상의 실험에서 밀가루에

저항전분을 10% 첨가한 빵 제품 제조 시에 활성글루텐의 첨가량을 달리했을 때 제품의 비용적이 증가했으며, 경도가 낮았고 관능검사 특성에도 좋은 효과를 보였다.

요 약

저항전분이 10% 첨가된 제품을 대조구로 하여 활성글루텐을 2%, 4%, 6% 첨가하여 식빵을 제조하였다. 활성글루텐이 미치는 효과를 측정하기 위하여 반죽과 제품의 pH, 수분활성도, 비용적, 굽기 손실률, crumb 색도, 조직감, 관능검사 등을 분석하였다. 반죽과 제품의 pH는 대조구에 비하여 활성글루텐 첨가 시 높았다. 수분활성도는 대조구에 비하여 활성글루텐 첨가구에서 다소 낮았으나 유의적 차이가 없었다. 비용적은 활성글루텐 첨가량이 많을수록 높아져 부피가 커지는 것으로 나타났다. 굽기 손실률은 활성글루텐 첨가량이 많을수록 낮아졌다. Crumb 색도의 L, a, b 값 모두 활성글루텐 첨가량이 많을수록 낮아졌으며 유의적 차이가 있었다. 조직감(경도)은 저장기간이 경과함에 따라 대조구에 비하여 시험구들이 낮은 값이었고, 관능검사에서 4% 첨가구가 가장 높은 점수를 얻었다. 이상의 실험으로 활성글루텐 4% 첨가 시에 저항전분이 10% 첨가된 식빵의 품질을 개선하는 것으로 나타났다.

문 헌

- Englyst HN, Kingman SM, Cummings JH. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur J Clin Nutr* 46: S33-S50.
- Thompson DB. 2000. Strategies for the manufacture of resistant starch. *Trends Food Sci Technol* 11: 245-253.
- Silvi S, Rumney CJ, Cresci A, Rowl IR. 1999. Resistant starch modifies gut microflora and microbial metabolism in human flora-associated rats inoculated with faeces from Italian and UK donors. *J Appl Microbiol* 86: 521-530.
- Brown I, Warhurst M, Arcot J, Playne M, Illman RJ, Topping DL. 1997. Fecal numbers of bifidobacteria are higher in pigs fed *Bifidobacterium longum* with a high amylose cornstarch than with a low amylose corn starch. *J Nutr* 127: 1822-1827.
- Izydorczyk MS, Hussain A, MacGregor AW. 2001. Effect of barley and barley components on rheological properties of wheat dough. *J Cereal Sci* 34: 251-260.
- Sajilata MG, Singhal RS, Kulkarni PR. 2006. Resistant Starch—a review. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 5: 1-17.
- Shewry PR, Halford NG, Tatham AS. 1992. High molecular subunits of wheat glutenin. *J Cereal Sci* 15: 105-120.
- Wang JS, Zhao MM, Yang XQ, Jiang YM. 2006. Improvement of emulsifying properties of wheat gluten hydrolysate/λ-carrageenan conjugates. *Food Technol Biotechnol* 44: 25-32.
- Zhang H, Claver IP, Li Q, Zhu K, Peng W, Zhou H. 2012. Structural modification of wheat gluten by dry heat-enhanced enzymatic hydrolysis. *Food Technol Biotechnol* 50: 53-58.
- Li W, Tsiami AA, Bollecker SS, Schofield JD. 2004. Glutathione and related thiol compounds II. The importance of protein bound glutathione and related protein-bound compounds in gluten proteins. *J Cereal Sci* 39: 213-224.
- Lazaridou A, Duta D, Papageorgiou M, Belc N, Biliaderis CG. 2007. Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *J Food Eng* 79: 1033-1047.
- Ribotta PD, Ausar SF, Morcillo MH, Pérez GT, Beltramo DM, León AE. 2004. Production of gluten-free bread using soybean flour. *J Sci Food Agric* 84: 1969-1974.
- AACC. 1990. *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists*. 8th ed. American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, MN, USA. 10-10b.
- Fujiyama Y. 1981. *Method of experiment*. Japan International baking school, Tokyo, Japan. p 3-57.
- Kim EJ, Kim SM. 1998. Bread properties utilizing extracts of pine needle according to preparation method. *Korean J Food Sci Technol* 30: 542-547.
- SAS. 2000. *User's guide*. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Lee JH, Yun MS, Bok JH, An HG, Uh HS, Lee JJ. 2011. *Theory of baking and pastry*. Jigumunhwasa Co., Pajusi, Korea. p 141.
- Tanaka Y, Matsumoto H. 1997. *The baking science & technology. I. The process of baking science & technology*. Kourin Co., Ltd., Tokyo, Japan. p 31-200.
- Galal AM, Johnson JA, Varriano-Marston E. 1978. Lactic and volatile (C2-C5) organic acids of San Francisco sourdough french bread. *Cereal Chem* 55: 461-468.
- Kim SY. 2004. Rheology and quality characteristics of the wheat flour dough, frozen dough and bread prepared with amylase. *PhD Dissertation*. KonKuk University, Seoul, Korea.
- Puhr DP, D'Appolonia BL. 1992. Effect of baking absorption on bread yield, crumb moisture, and crumb water activity. *Cereal Chem* 69: 582-586.
- Czuchajowska Z, Pomeranz Y. 1989. Differential scanning calorimetry, water activity, and moisture contents in crumb center and near-crust zones of bread during storage. *Cereal Chem* 66: 305-309.
- Czuchajowska Z, Pomeranz Y, Jeffers HC. 1989. Water activity and moisture content of dough and bread. *Cereal Chem* 66: 128-132.
- Miyazaki M, Maeda T, Morita N. 2004. Effect of various dextrin substitutions for wheat flour on dough properties and bread qualities. *Food Res Int* 37: 59-65.
- Kim KE, Lee YT. 2009. Combined effects of vital gluten, gum, emulsifier, and enzyme on the properties of rice bread. *Food Eng Prog* 13: 320-325.
- Uthayakumaran S, Gras PW, Stodd FL, Bakes F. 1999. Effect of varying protein content and glutenin-to-gliadin ratio on the functional properties of wheat dough. *Cereal Chem* 76: 389-394.
- Wieser H. 2007. Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiol* 24: 115-119.
- Onyango C, Mutungi C, Unbehend G, Lindhauer MG. 2009. Creep-recovery parameters of gluten-free batter and crumb properties of bread prepared from pregelatinised cassava starch, sorghum and selected proteins. *Int J Food Sci Technol* 44: 2493-2499.
- Lee BG, Byun GI, Cha WS. 2009. Quality characteristics of white pan bread by lotus (*Nelumbo nucifera*) seeds powder. *Korean J Food Preserv* 16: 68-74.
- Kim SK, Cheigh HS, Kwon TW, D'Appolonia BL, Marston PE. 1978. Rheological and baking studies of composite flour wheat and naked barley. *Korean J Food Sci Technol* 10: 11-15.

31. Keetels CJAM, Visser KA, van Vliet T, Jurgens A, Walstra P. 1996. Structure and mechanics of starch bread. *J Cereal Sci* 24: 15-26.
32. Chung JY, Kim CS. 1998. Development of buckwheat bread: 2. Effects of vital wheat gluten and water-soluble gums baking and sensory properties. *Korean J Soc Food Sci* 14: 168-176.
33. Esteller MS, Pitombo RNM, Lannes SCS. 2005. Effect of freeze-dried gluten addition on texture of hamburger buns. *J Cereal Sci* 41: 19-21.
34. Chung JY, Kim CS, Kim HI. 1998. Effect of vital gluten and water-soluble gums on the staling of buckwheat bread. Changwon National University. *Res Inst Human Eco* 2: 115-123.
35. Primo-Martín C, van de Pijpekamp A, van Vliet T, de Jongh HHJ, Plijter JJ, Hamer RJ. 2006. The role of the gluten network in the crispness of bread crust. *J Cereal Sci* 43: 342-352.
36. Willhoft EMA. 1973. Mechanism and theory of staling of bread and baked goods, and associated changes in textural properties. *J Texture Stud* 4: 292-322.
37. Callejo MJ, Gil MJ, Rodríguez G, Ruiz MV. 1999. Effect of gluten addition and storage time on white pan bread quality: instrumental evaluation. *Z Lebensm Unters Forsch A* 208: 27-32.

(2012년 9월 17일 접수; 2012년 11월 8일 채택)