

Agrobacterium spp. R259 KCTC 10197BP로부터 생산된 β-glucan 고함유 식빵 반죽의 특성

강은영 · 양윤형 · 오상희 · 이정희 · 김혜영¹ · 김미경² · 조한영² · 김미리*
충남대학교 식품영양학과, ¹우송대학교 식품영양 · 식품과학부, ²(주)더멋진 바이오텍

Baking Qualities of Bread Dough Substituted with High Amount of β-Glucan from Agrobacterium spp. R259 KCTC 10197BP

Eun-Young Kang, Yun-Hyoung Yang, Sang-Hee Oh, Jeung Hee Lee, Hye-Young Kim¹, Mi-Kyoung Kim², Han-Young Cho², and Mee Ree Kim*

Department of Food and Nutrition, Chungnam National University

¹School of Food Science and Biotechnology, Woosong University

²DMJ Biotech Corp.

Abstract Baking quality of dough made of flour substituted with insoluble β-glucan (10, 20, and 30%), functional food material produced from *Agrobacterium* spp. R259 KCTC 10197BP, was evaluated. Optimum time to reach 1st stage of dough fermentation decreased with increasing β-glucan content, whereas mixing time increased. Addition of β-glucan did not affect pH of dough. Hunter color L, a, and b values of dough added with up to 20% β-glucan were not significantly different from those of control. Rheology properties such as cohesiveness and springiness of β-glucan added dough increased, while hardness and gumminess decreased. Amylogram showed addition of β-glucan to flour lowered setback and consistency, which are suggested to delay retrogradation.

Key words: Bread dough, β-glucan, baking quality

서 론

현재까지 수많은 종류의 다당류가 발견되었으나 산업화되어 실용화된 다당류의 종류는 극히 제한적이다. β-glucan은 보리, 귀리, 호밀과 같은 곡류의 표피, *Saccharomyces cerevisiae*의 세포벽 및 버섯의 균사체나 자실체 등에 존재하며 β-1,3 glycoside 결합을 하고 있어 인체 내 소화 효소로 분해 될 수 없는 다당류이다. β-glucan의 생체내 기능으로는 혈당 강하, 담즙산과 지질의 흡수 제한, 콜레스테롤 합성 억제로 인한 혈중 콜레스테롤 저하작용, 체지방 축적 억제, 면역세포의 기능 활성화로 인한 암세포 증식 억제작용 및 항세균성, 항바이러스성, 항염증, 피부노화방지과 같은 다양한 기능을 나타내는 소재로 알려져 있다(1). 또한 버섯류나 효모로부터 얻는 β-glucan은 대량 생산과 정제 과정이 복잡하여 고가이고 제품의 용도가 한정적인 반면, 미생물로부터 생산되는 β-glucan은 수율이 85-89%로 곡류 6.8%, 버섯 21-25%에 비하여 매우 높아 산업체에서 실용화가 가능한 소재이다(1). 또한 정상적인 면역 세포의 면역기능을 활성화시켜 암세포의 증식과 재발을 억제하고 면역세포의 증가를 촉진한다고 알려져 있다(1-7). 특히, 산과 구강에서의 효소적 분해에 대해 매우 높은 안정성을 가

지며 인체에서 분해되지 않아 저칼로리식이첨유 음료나 다이어트 식품으로 사용될 수 있으며, 건강기능식품, 의약품, 화장품 등의 소재로서도 다양하게 이용될 수 있을 것으로 보인다.

최근에는 식사대용으로 빵류의 소비가 늘어나고 있어 기능성 빵에 대한 연구가 필요하다. 특히, 밀가루반죽의 물성은 최종 빵 제품의 품질에 크게 영향을 주므로 이에 대한 연구가 선행되어야 한다. 현재까지 국내에서 제빵시 첨가한 소재로는 녹차가루(8), 누에가루(9), 대추추출물(10), 명게(11), 보리등겨(12), 실크랩티드(13), 양파분말(14), 연근분말(15), 청국장물추출물(16), 흑미가루(17) 등이 있다. 본 연구에 사용된 β-glucan은 *Agrobacterium* spp. R259 KCTC 10197BP로부터 생산된 페이스트상으로 β-1,3-glycoside 결합을 하고 있으며 분자량은 약 30만 정도이다. 또한, 페이스트상의 β-glucan은 파우더형태에 비하여 가공공정의 단축으로 인한 생산원가 절감으로 가격이 저렴하므로 식품산업체에서 활용이 더 용이하다. 따라서 본 연구에서는 기존에 파우더 형태로 첨가했던 β-glucan을 경제적이며 산업화가 용이한 페이스트상으로 식빵에 활용하여 식빵의 품질을 높이기 위한 기초자료를 얻고자 β-glucan을 밀가루에 첨가한 복합분의 이화학적 특성 및 제빵 적성을 검토하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 강력분과 설탕은 삼양사 제품을 사용하였고, 무염버터는 롯데제품을 사용하였으며, 그 밖에 천일염(청정원), 우유(서울우유), 효모(오투기) 및 이스트푸드는 시중에서 S-500를 구

*Corresponding author: Mee Ree Kim, Department of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea
Tel: 82-42-821-6837

Fax: 82-42-821-8887

E-mail: mrkim@cnu.ac.kr

Received January 10, 2006; accepted April 12, 2006

Table 1. Ingredient of milk bread with different amount of β -glucan

(unit:g)

Ingredients	Control		GP 10% ¹⁾		GP 20%		GP 30%	
Flour	543.0	(100.0) ²⁾	521.1	(100.0)	464.6	(100.0)	408.1	(100.0)
β -glucan paste	0.0		100.0		200.0		300.0	
Yeast food (S-500)	5.4	(1.0)	6.3	(1.0)	6.8	(1.0)	7.0	(1.0)
Salt	9.1	(1.7)	9.1	(1.5)	9.3	(1.4)	8.9	(1.3)
Sugar	36.2	(6.7)	40.8	(6.6)	42.2	(6.4)	42.8	(6.0)
Milk	316.7	(58.3)	290.0	(46.7)	245.0	(36.9)	202.1	(28.5)
Yeast	13.6	(2.3)	14.5	(2.3)	15.2	(2.3)	15.6	(2.3)
Butter	21.7	(4.0)	18.1	(2.9)	16.9	(2.5)	15.9	(2.2)
Water	54.3		0.0		0.0		0.0	
Total weight	1,000.0		1,000.0		1,000.0		1,000.0	

¹⁾GP: β -glucan paste. Percentage means the weight % of total weight.²⁾percentage of total weight of flour and β -glucan paste.

입하여 사용하였다. β -Glucan은 (주)더멋진 바이오텍에서 제공받았는데 미생물발효법으로 생산된 페이스트형태의 가공품이었다. 일반성분은 단백질 1.4%, 지방 0.06%, 탄수화물(β -glucan) 10.7% 및 회분 0.1%이었으며, 유해미생물과 중금속은 검출되지 않았다.

반죽배합비 및 발효조건

식빵 반죽의 재료 및 분량은 Table 1과 같다. 식빵에 첨가한 β -glucan의 양은 총 배합재료당 0, 10, 20 및 30%이었다. β -glucan을 제외한 재료를 반죽기(MODEL K5SS, Kitchen Aid, USA)를 이용해 저속(1단)으로 시작하여 중고속(3단)으로 반죽을 수화시킨 후 클립업단계에서 β -glucan을 소량씩 첨가하면서 혼합하였다. 1차 발효는 온도 27 \pm 1 $^{\circ}$ C, 습도 75 \pm 1%인 발효기(Dae Young Machinery Co., Korea)에서 이루어졌으며, 1차 발효 완료 후 이를 180 g으로 분할하여 각각 둥글리기 한 것을 실온에서 10분간 중간 발효시켰다. 그 후 가스를 빼고 성형하여 팬닝하고 온도 34 \pm 1 $^{\circ}$ C, 습도 85 \pm 1%인 발효조건에서 2차 발효시켰다.

발효팽창력 측정

반죽을 베스실린더(반지름 6.0 cm)에 넣고 1차 발효 조건(온도 27 \pm 1 $^{\circ}$ C, 습도 75 \pm 1%)에서 1시간 동안 발효시키면서 매 20분마다 부피를 측정하고 발효 전 반죽의 부피와 비교하였다.

수분손실률 측정

β -Glucan을 첨가하여 반죽할 때 일어나는 수분 손실률을 측정하기 위해 재료무게와 반죽이 끝난 후의 무게를 각각 측정하여 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{수분손실률(\%)} = \frac{\text{재료무게(g)} - \text{반죽무게(g)}}{\text{재료무게(g)}} \times 100$$

pH 측정

반죽의 pH는 AOAC법(18)에 따라 시료 15 g을 100 mL의 증류수와 함께 넣고 Bag Mixer(Model 400, Interscience, France)에서 speed 7로 2분간 균질화하고 25 $^{\circ}$ C에서 30분간 방치한 후 상층액을 실험에 사용하였다. pH는 pH meter(420 Benchtop, Orion Research Inc., USA)를 사용하여 측정하였다.

비중 측정

반죽의 비중은 반죽 1 g이 차지하는 부피(mL)로 나타내었다.

즉, 증류수의 밀도는 1.00 g/mL로 같은 부피의 컵을 이용하여 빈 컵의 무게와 증류수를 가득 채웠을 때의 무게, 그리고 반죽을 가득 채웠을 때의 무게를 제어 총 반죽의 중량을 총 물의 중량으로 나누어 측정하였다.

색상 측정

색상은 반죽 10 g을 petridish에 담아 색차계(Model ND-1001 DP, Nippon Denshoku Co. Japan)를 사용하여 L값(명도), a값(적색도), b값(황색도)를 측정하였다. 이 때 표준색은 L값이 90.48, a값이 0.12, b값이 3.37인 calibration plate를 표준으로 사용하였다.

물성 측정

반죽의 물성은 Texture analyser(TA/XT2, Microstable Systems Co., England)를 사용하여 측정하였다. 즉, 비이커(50 mL)에 반죽 20 g을 넣고 25 mm(i.d.)의 compression probe가 5.0 mm/sec의 속도로 반죽을 2회 연속적으로 주입시켰을 때 얻어지는 힘-시간 곡선으로부터 탄력성, 경도, 점성, 응집성 및 부착성을 6회 반복 측정하였다. 조건은 force threshold를 5 g, pre-test speed, post-test speed 및 test speed는 5.0 mm/sec로 하였으며 압축시 변형률(strain)은 70%이었다.

Amylograph 측정

밀가루의 호화점도 변화와 노화도는 Visco-amylograph(Brabender, Germany)를 사용하여 AACC method(19)에 따라 측정하였다. 시료 65 g을 물 450 mL에 분산시킨 현탁액을 25 $^{\circ}$ C에서 95 $^{\circ}$ C까지 1.5 $^{\circ}$ C/min의 속도로 승온시킨 후 95 $^{\circ}$ C에서 15분간 유지시키고 다시 1.5 $^{\circ}$ C/min의 속도로 50 $^{\circ}$ C까지 냉각시킨 후 15분간 유지시키면서 호화개시온도, 최고점도, 최고점도시의 온도, 붕괴점도(break-down), setback 및 consistency를 측정하였다.

초미세구조 측정

반죽의 초미세구조(Scanning electron microscope)는 주사전자현미경으로 관찰하였다. 반죽은 혼합직후와 1·2차 발효후로 구분하여 동결건조시켜 사용하였다. 시료를 carbonyl tape으로 채취한 뒤 sputter coater(Spi supplies, USA)를 이용하여 10-30 nm의 두께로 백금을 코팅하고, 주사전자현미경(JSM-6300, JEOL LTD., Japan)을 이용하여 가속전압 10 kV에서 촬영하였다.

통계 분석

β -Glucan을 첨가한 식빵의 이화학적, 관능적 특성치 실험은 3

회 반복하였으며, 실험 결과는 SAS program 중에서 분산 분석 (ANOVA)을 실시하여 유의성이 있는 경우에 Duncan의 다중범위 검정으로 시료간의 유의차를 검증하였다(20).

결과 및 고찰

Mixing time

β -Glucan 첨가량을 달리한 반죽형성에 걸리는 시간을 Table 2에 나타내었다. 대조군은 20분이었으며, β -glucan 10 및 20% 첨가량인 경우는 24분, 30% 첨가량은 28분으로 β -glucan 첨가량이 증가함에 따라 반죽하는데 소요되는 시간이 증가되었다. Cho and Lee(21)는 식이섬유가 풍부한 보리가루를 밀가루에 각각 10, 20 및 30% 혼합하여 제빵하였을 때 보리가루의 첨가량이 증가함에 따라 반죽시간이 증가하였다고 보고한 바 있다.

발효팽창력

β -Glucan 첨가량을 달리하여 제조한 식빵반죽의 부피와 발효팽창력은 1차 발효의 조건에서 부피변화를 60분 동안 측정하여 Fig. 1에 나타내었다. 발효 중 팽창에 관여하는 요인은 반죽의 온도와 pH, 이스트의 양, 당의 종류와 양, 수분 함량 등 여러 종류의 요인이 있는데 이들은 복합적인 상호작용을 하는 것으로 알려져 있다(22). 본 연구에서는 페이스트상태의 β -glucan을 식품에 고함량으로 적용하기위해 수차례 예비실험을 한 결과를 바탕으로 Table 1의 배합비를 결정하였다. 즉, 밀가루와 β -glucan의 함량을 기준으로 100%로 보았을 때, 팽창률에 가장 영향을 주는 효모와 제빵개량제는 동일한 비율로 첨가하였고 부재료들의 양은 베타글루칸을 첨가한 만큼 비례해서 줄여서 총 1,000 g을 맞추었는데, 특히 β -glucan 페이스트는 수분 함량이 높았기 때문에 액체인 우유와 물의 양을 조정하여 식빵반죽을 제조하였다.

재료를 혼합한 직후의 반죽부피를 100 mL로 하였을때 대조군과 β -glucan 10 및 20% 첨가군은 1차 발효조건에서 60분후의 부피가 328.6-332.6 mL로 같았지만 20 및 40분에 측정된 부피는 β -glucan 10 및 20% 첨가군이 높게 나타나 대조군에 비해 발효팽창속도가 빨랐다. 또한, 1차 발효에 소요되는 시간을 측정된 결과(Table 2), 대조군은 40분인데 비하여 β -glucan 10% 첨가군은 36분, 20% 첨가군은 30분으로 감소하였다. 반면에 β -glucan 30% 첨가 시에는 최종발효부피가 216.1 mL로 대조군에 비해 34.5% 감소하였을 뿐 아니라 발효 팽창속도도 매우 낮아 42분 소요되었다. 이로부터 다량의 β -glucan 첨가는 빵 반죽의 형성을 어렵게 함을 알 수 있었는데, 이는 β -glucan 자체가 글루텐 형성을 방해하기 때문이다.

반죽의 재료 중에서 액체의 양을 모두 줄여도 β -glucan을 과량 첨가하면 자체에 함유된 수분 함량을 보정할 수 없었기 때문에 반죽이 다른 군에 비하여 질척해졌다. 이같은 결과는 Lee 등(23)의 결과 즉, 수분 함량이 적을수록 발효팽창력이 감소할 뿐 아니라 수분함량이 많은 경우에도 발효팽창력이 감소하였다는 보고와 유사하였다. 즉, 본 실험에서 사용한 페이스트 형태의 β -glucan은 수분을 80% 이상 함유하고 있는 불용성 식이섬유로 보수성이 크기 때문에 반죽이 수분을 빼앗기는 것을 막아주고 동시에 수분을 공급하는 역할을 하여 발효에 도움을 주나 β -glucan 30% 이상의 첨가는 발효를 억제시켜 팽창력을 감소시킨 것으로 사료된다.

pH

β -Glucan 첨가량을 달리하여 제조한 식빵반죽의 pH는 Table 3과 같다. 재료혼합 후 반죽의 pH는 β -glucan첨가군이 대조군보다

Table 2. The time to reach mixing, fermentation and baking of the milk bread with different β -glucan concentration (unit: min)

Stage	Control	G.P 10%	G.P 20%	G.P 30%
Mixing time	20	24	24	28
1st fermentation time	40	36	30	42
Bench time	10	10	10	10
2nd fermentation time	52	50	42	42
Baking time	20	20	20	20

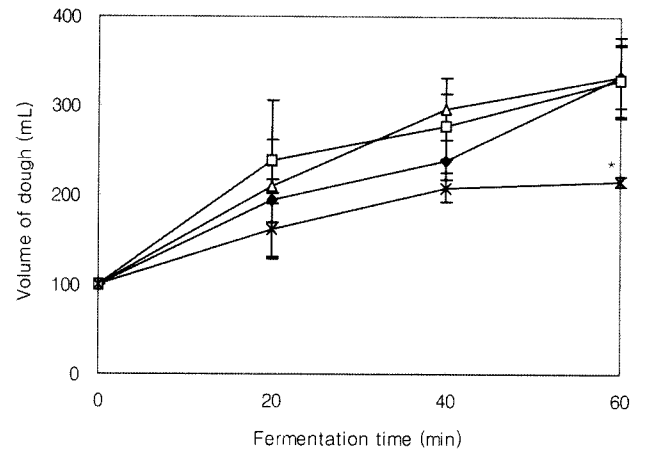


Fig. 1. Volume of the dough with different β -glucan concentration during fermentation. ◆: control, △: dough of G.P. 10%, □: dough of G.P. 20%, *: dough of G.P. 30%. * Stars above the data points mean significantly different at $p < 0.05$.

낮은 수치를 나타내었다. 그러나 대조군의 경우 반죽이 발효과정을 거치면서 pH가 낮아졌고 β -glucan첨가군은 다소 증가하는 경향을 보여 1 및 2차 발효 후 반죽의 pH는 유의적인 차이가 없었다. 가스보유력이 가장 좋은 반죽의 산도는 pH 5.0-5.5이며 pH 5.0 이하일때는 가스 보유력이 급격히 떨어지게 되는데(15), 본 실험의 반죽은 pH가 5.4-5.5로 가스를 보유하기에 적합한 산도를 가지고 있었다.

비용적(Specific volume)

β -Glucan의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵반죽의 비용적은 Fig. 2와 같다. β -Glucan 10% 첨가군은 3.37 mL/g, 20% 첨가군은 3.49 mL/g으로 대조군에 비해 각각 6.3 및 10.3%의 증가를 나타내었다. 반면 β -glucan 30% 첨가군은 29.4% 감소하여 2.24 mL/g을 나타내었다. 이는 밀가루 반죽에 β -glucan을 30% 첨가하면 밀가루의 글루텐 형성을 방해할 뿐 아니라 형성된 글루텐을 부풀게 하는데 부정적인 영향을 미치는 것으로 추측되며 반죽의 발효팽창력 결과(Fig. 1)와 유사한 양상을 나타내었다.

색상

β -Glucan 첨가량을 달리하여 제조한 식빵반죽의 색상을 측정된 결과는 Table 4와 같다. 발효 전과 1차 발효 후의 반죽은 대조군과 β -glucan 첨가군 간의 색차지수가 3 이하로 육안으로 감지할 수 없을 정도의 차이를 나타내었으나, 2차 발효 후 β -glucan 30% 첨가군의 반죽은 5.17의 색차를 나타내어 구별 가능하였다. 일반적으로 반죽이 발효과정을 거쳐 부풀면서 반죽의 색상에 변화가 나타나는데, 대조군과 β -glucan 10 및 20% 첨가군은 비슷한 수준의 부피로 팽창되나 β -glucan 30% 첨가군은 발효팽창력이 매

Table 3. Changes in pH of the dough with different β-glucan concentration during fermentation

	After mixing	After 1st fermentation	After 2nd fermentation
Control	5.66 ^{b1)}	5.53 ^b	5.42 ^a
G.P. 10%	5.44 ^a	5.49 ^{ab}	5.46 ^a
G.P. 20%	5.43 ^a	5.44 ^{ab}	5.51 ^a
G.P. 30%	5.44 ^a	5.41 ^a	5.54 ^a

¹⁾Means in the same column with the same letters are not significantly different at $p < 0.05$.

우 낮고 부피가 상대적으로 작아 색상의 변화가 나머지 반죽들과 다르게 나타나는 것으로 추측된다. 발효 전 반죽은 β-glucan 10% 첨가군만 명도와 황색도가 유의적인 차이를 나타내었는데 이는 제빵에 적합하도록 하기위해 재료들의 배합비를 조정한 것에서 오는 결과로 보이며 β-glucan 첨가에 따른 영향은 없었다. 1차 발효 후 반죽은 명도에 있어 유의적인 차이를 보이지 않았으나 β-glucan 30%의 적색도가 유의적으로 높게 나타나고 β-glucan 20 및 30% 첨가군의 황색도가 유의적으로 낮게 나타났다 ($p < 0.05$). 또한 2차발효 후 반죽은 β-glucan 30% 첨가군을 제외하고 명도, 적색도 및 황색도에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다.

물성

β-Glucan의 첨가량을 달리하여 제조한 식빵반죽의 물성변화를 texture analyser에 의하여 TPA를 측정된 결과는 Table 5와 같다. β-Glucan 첨가량이 증가함에 따라 반죽의 탄력성과 응집성이 증가하고 경도 및 검성이 감소되었다. 또한 발효과정이 진행됨에 따라 반죽의 탄력성, 검성, 경도 및 응집성이 모두 감소하는 경향을 보였다. 탄력성과 응집성은 2차 발효를 마친 후 각 군간의 유의적인 차이를 나타내었고($p < 0.05$), 경도와 검성은 각 군간의 유의적인 차이가 없었다. 부착성의 경우 β-glucan 첨가에 따른 유의적인 차이는 없었다.

Amylogram 특성

β-Glucan 첨가가 밀가루의 호화에 미치는 영향을 알아보기 위하여 amylograph를 이용하여 amylogram을 얻은 결과는 Table 6 및 Fig. 3와 같다. 호화개시온도는 대조군, β-glucan 10, 20 및

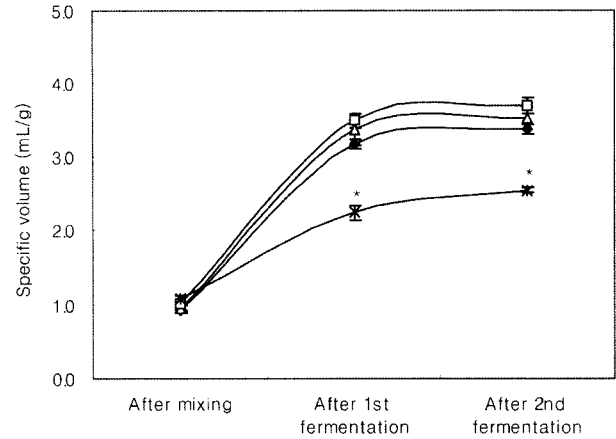


Fig. 2. Change in specific volume of the dough with different β-glucan concentration during fermentation. ◆: control, △: dough of G.P. 10%, □: dough of G.P. 20%, *: dough of G.P. 30%) *Stars above the data points mean significantly different at $p < 0.05$.

30% 첨가군이 각각 55.0, 59.5, 62.5 및 65.5°C로 β-glucan 첨가가 밀가루의 호화를 지연시켰다. 식이섬유가 풍부한 연근분말의 첨가가 전분의 호화를 지연시켰다는 결과(15)와 일치하였다. 최고 점도는 대조군이 91.0°C에서 780.0 B.U.를 나타내었고 β-glucan 첨가량이 10%에서 30%까지 증가함에 따라 온도는 91.8, 92.5 및 95.5°C로 증가하였으며 점도는 537.0, 378.0 및 201.0 B.U.로 감소하였다. 이는 β-glucan 첨가량이 많아짐에 따라 밀가루 전분의 함량이 상대적으로 감소함에 의한 영향으로 사료된다. 또한 amylogram상에서 최고점도가 400.0-600.0 B.U.일 때 제빵성이 가장 좋은 것으로 보고되었는데(24), 본 실험에서 β-glucan 10 및 20% 첨가시의 최고점도가 537.0 및 378.0 B.U.이었으므로 제빵성이 좋을 것으로 생각되었다.

한편, 붕괴점도가 높으면 입자간의 결합력이 약하는 것을 의미하는데, 본 실험에서 β-glucan의 첨가가 붕괴점도를 낮추어 주었으므로 밀가루 입자간의 결합력을 증가시켜주는 역할을 하는 것으로 보인다. 또한 setback 및 consistency 값이 크면 노화되기 쉽거나 또는 젤이 형성되기 쉽다는 것을 의미하는데(25), β-glucan 첨가량을 증가시키기에 따라 setback과 consistency가 순차적으로 감소하였다. 이 또한 β-glucan 첨가량이 많아짐에 따라 밀가루 전

Table 4. Change in hunter color value of the dough with different β-glucan concentration during fermentation

		L value	a value	b value	ΔE ²⁾
After mixing	Control	86.41 ^{b1)}	-1.12 ^a	17.55 ^a	0.00
	G.P. 10%	83.39 ^a	-0.30 ^a	20.27 ^b	0.68
	G.P. 20%	84.14 ^{ab}	-0.33 ^a	18.73 ^{ab}	1.83
	G.P. 30%	87.18 ^b	-1.05 ^a	16.48 ^a	1.20
After 1st fermentation	Control	85.01 ^a	-0.48 ^a	19.43 ^b	0.00
	G.P. 10%	84.69 ^a	-0.99 ^a	20.60 ^b	1.22
	G.P. 20%	86.85 ^a	-0.27 ^a	17.43 ^a	1.84
	G.P. 30%	84.53 ^a	1.44 ^b	17.22 ^a	1.80
After 2nd fermentation	Control	84.53 ^a	-0.34 ^a	25.55 ^b	0.00
	G.P. 10%	84.80 ^a	-0.26 ^a	23.21 ^b	1.38
	G.P. 20%	85.16 ^a	-0.15 ^a	20.17 ^{ab}	2.18
	G.P. 30%	84.83 ^a	0.62 ^b	17.01 ^a	5.17

¹⁾Means in the same column with the same letters are not significantly different at $p < 0.05$.

²⁾Delta E values of control in every stage are standard.

Table 5. Changes in springiness, hardness, gumminess, cohesiveness and adhesiveness of the dough with different β -glucan concentration during fermentation

		After mixing	After 1st fermentation	After 2nd fermentation
Springiness	Control	0.774 \pm 0.123 ^{a1)}	0.697 \pm 0.074 ^a	0.622 \pm 0.095 ^a
	G.P. 10%	0.811 \pm 0.110 ^a	0.821 \pm 0.087 ^b	0.802 \pm 0.042 ^b
	G.P. 20%	0.829 \pm 0.130 ^a	0.867 \pm 0.042 ^b	0.718 \pm 0.074 ^{ab}
	G.P. 30%	0.819 \pm 0.071 ^a	0.800 \pm 0.057 ^b	0.783 \pm 0.059 ^{ab}
Hardness (g)	Control	2,469 \pm 351 ^c	1,749 \pm 175 ^b	1,263 \pm 210 ^b
	G.P. 10%	1,909 \pm 352 ^b	1,966 \pm 157 ^b	1,284 \pm 97 ^b
	G.P. 20%	2,343 \pm 203 ^{bc}	2,288 \pm 87 ^b	1,236 \pm 158 ^b
	G.P. 30%	1,244 \pm 78 ^a	958 \pm 112 ^a	875 \pm 133 ^a
Gumminess	Control	2,109 \pm 305 ^b	1534 \pm 80 ^b	630 \pm 139 ^a
	G.P. 10%	2,042 \pm 47 ^b	1502 \pm 162 ^b	599 \pm 88 ^a
	G.P. 20%	1,847 \pm 221 ^b	1782 \pm 166 ^b	533 \pm 163 ^a
	G.P. 30%	1,103 \pm 141 ^a	627 \pm 131 ^a	594 \pm 155 ^a
Cohesiveness	Control	0.774 \pm 0.100 ^a	0.852 \pm 0.055 ^a	0.461 \pm 0.024 ^a
	G.P. 10%	0.830 \pm 0.103 ^a	0.745 \pm 0.056 ^a	0.465 \pm 0.046 ^a
	G.P. 20%	0.851 \pm 0.040 ^a	0.796 \pm 0.108 ^a	0.436 \pm 0.133 ^a
	G.P. 30%	0.886 \pm 0.088 ^a	0.658 \pm 0.067 ^a	0.624 \pm 0.105 ^b
Adhesiveness	Control	-1042 \pm 178 ^a	-1095 \pm 126 ^b	-923 \pm 130 ^a
	G.P. 10%	-931 \pm 141 ^a	-759 \pm 173 ^a	-1485 \pm 122 ^b
	G.P. 20%	-1274 \pm 167 ^b	-1288 \pm 250 ^b	-1651 \pm 397 ^b
	G.P. 30%	-952 \pm 189 ^a	-658 \pm 125 ^a	-574 \pm 157 ^a

¹⁾Means in the same column with the same letters are not significantly different at $p < 0.05$.

분의 함량이 상대적으로 감소함에 따른 영향이 크다고 생각되나, β -글루칸이 전분사이에 존재하여 전분입자의 재회합을 방해한 것으로 추측되는데, setback 및 consistency 값이 크면 노화되기 쉽거나 또는 겔이 형성되기 쉽다고 보고되었다(25).

초미세구조

β -Glucan 첨가한 밀가루반죽의 초미세구조는 Fig. 4와 같다. 대조군은 여러 형태의 전분입자가 관찰되었으며 큰 전분입자들 사이에 작은 전분입자들이 불규칙하게 분포되어 있었고 단백질과 비슷한 물질들과 함께 있는 것이 관찰되었다. β -Glucan 첨가 반죽의 미세구조를 대조군과 비교한 결과 대조군인 밀가루 반죽에는 비교적 큰 입자($> 10 \mu\text{m}$)가 많이 보였고 β -glucan을 첨가함에 따라 비교적 작은 입자($< 5 \mu\text{m}$)가 많이 존재하는 것을 볼 수 있었다. 한편, β -glucan을 10 및 20% 첨가한 경우에는 큰 차이가

없었으나 β -glucan 30% 첨가군은 gluten matrix보다 전분의 비율이 높고 분산되어 있으며 구조적으로 조밀해지는 것을 볼 수 있었다. 이는 β -glucan 30% 첨가시 입자가 반죽에 흡수되지 않고 그대로 잔류되기 때문인 것으로 사료된다. 실제 반죽과정에서 밀가루반죽에 β -glucan을 첨가함에 있어 반죽형성 및 수화가 잘 이루어지지 않아 빵 제조에 문제가 있었다. 2회의 발효과정을 거치면서 대조군과 β -glucan 첨가군 모두 protein-starch matrix의 구조가 흐트러져지는 것을 볼 수 있었으며 가스의 발생으로 가스세포가 커지면서 protein matrix 내부에 작은 기공이 나타났다.

요 약

기능성 식품소재인 β -glucan을 식빵재료의 10, 20 및 30% 첨가하여 제조한 반죽의 이화학적 특성을 분석하였다. β -Glucan 첨

Table 6. Brabender amylograph characteristics of flour with different β -glucan concentration

	Control	GP 10%	GP 20%	GP 30%
Initial pasting temp. ($^{\circ}\text{C}$)	55.0	59.5	62.5	65.5
Peak viscosity (B.U.)	780.0	537.0	378.0	201.0
Temp. at peak viscosity ($^{\circ}\text{C}$)	91.0	91.8	92.5	95.5
Viscosity at 95 $^{\circ}\text{C}$ (B.U.)	600.0	450.0	350.0	200.0
95 $^{\circ}\text{C}$, 15 min (B.U.)	491.0	356.0	271.0	188.0
Viscosity at 50 $^{\circ}\text{C}$ (B.U.)	1,040.0	765.0	557.0	330.0
Breakdown ¹⁾ (B.U.)	180.0	87.0	28.0	1.0
Setback ²⁾ (B.U.)	260.0	228.0	179.0	129.0
Consistency ³⁾ (B.U.)	440.0	315.0	207.0	130.0

¹⁾Breakdown: Peak viscosity - Viscosity at 95 $^{\circ}\text{C}$.

²⁾Setback: Viscosity at 50 $^{\circ}\text{C}$ - Peak viscosity.

³⁾Consistency: Viscosity at 50 $^{\circ}\text{C}$ - Viscosity at 95 $^{\circ}\text{C}$.

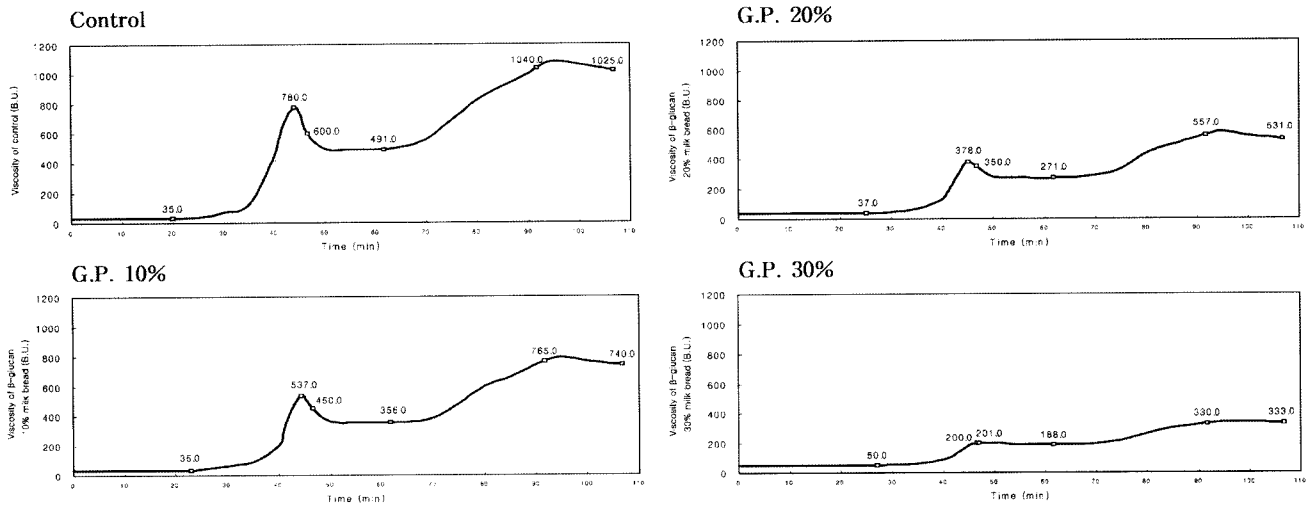


Fig. 3. Amylograms of the flour with different β -glucan concentration.

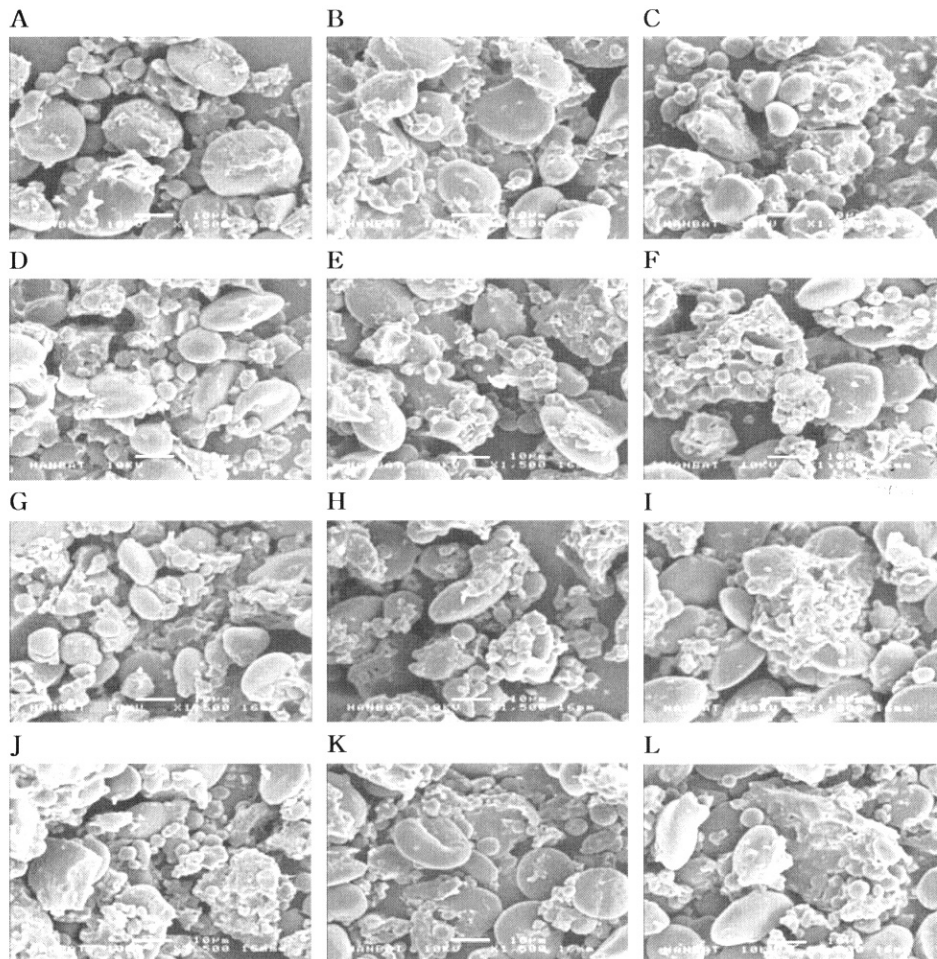


Fig. 4. Scanning electron micrograph ($\times 1,500$) of fresh mixed dough and fermented dough with different β -glucan concentration. Bar means 10 μ m length. A: fresh mixed dough of control, B: 1st fermented dough of control, C: 2nd fermented dough of control, D: fresh mixed dough of G.P. 10% E: 1st fermented dough of G.P. 10%, F: 2nd fermented dough of G.P. 10%, G: fresh mixed dough of G.P. 20%, H: 1st fermented dough of G.P. 20%, I: 2nd fermented dough of G.P. 20%, J: fresh mixed dough of G.P. 30%, K: 1st fermented dough of G.P. 30%, (L) 2nd fermented dough of G.P. 30%.

가량이 많을수록 반죽형성시간이 증가한 반면 발효에 걸리는 시간은 단축되었다. 반죽의 발효팽창력은 β -glucan 20% 첨가까지 β -glucan 첨가량이 증가할수록 증가하였고 β -glucan 30% 첨가시

에는 유의적으로 감소하였다. 반죽의 pH는 대조군의 경우 발효 과정을 거치면서 낮아지는 경향을 나타내었으나 β -glucan 첨가군은 다소 증가하였다. 반죽의 물성 중 탄력성은 β -glucan의 첨가

량이 증가함에 따라 증가하고 경도는 감소하였다. 검성은 β -glucan 10 및 20% 첨가군의 경우 대조군과 차이가 없었고 β -glucan 30% 첨가군은 유의적으로 낮았다. 발효과정이 진행됨에 따라 반죽은 탄력성, 검성, 경도 및 응집성이 모두 감소하는 경향을 보였으나, β -glucan 첨가에 따른 유의적인 변화는 없었다. Amylogram에서 호화개시온도와 최고점도에 달하는 온도가 모두 높아져 β -glucan 이 호화를 지연시켰으며, setback과 consistency는 감소하여 β -glucan이 식빵노화를 지연시켜 줄 수 있음을 암시하였다. 반죽의 초미세구조를 관찰한 결과 β -glucan 30% 첨가시 β -glucan 입자가 반죽에 흡수되지 못하였음을 알 수 있었다. 따라서 제빵적성에 적합한 β -glucan 첨가율은 20% 이하가 바람직한 것으로 보인다.

참고문헌

- Kang SA, Jang KH, Choi WA, Jung KH, Lee IY. Effects of dietary β -glucan on adiposity and serum lipids levels in obese rats induced by high fat diet. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 31: 1052-1057 (2002)
- Shim JH, Choi WA, Sang BC, Yoon DY. Immune stimulating efficacy of insoluble β -1,3-glucan from *Agrobacterium* sp. R259 KCTC 10197BP. *Yakhak Hoeji* 46: 459-465 (2002)
- Proctor JW, Stiteler RD, Yamamura Y, Mansell PWA, Winters R. Effect of glucan and other adjuvants on the clearance of radiolabelled tumor cells from mouse lungs. *Cancer Treated Reports* 62: 1873-1880 (1978)
- Di Luzio NR, Williams DL, McNamee RP, Edwards BF, Kitahama A. Comparative tumor-inhibitory and antibacterial activity of soluble and particulate glucan. *Int. J. Cancer* 24: 774-779 (1979)
- Artursson P, Edman P, Ericsson JLE. Macrophage stimulation with some structurally related polysaccharides. *Scand. J. Immunol.* 25: 245-251 (1987)
- Michael M, David M, Deborah BR, Matthew L, Kristen L, William G, Myra P, William M. Activation of rat macrophages by betafectin PGG-glucan requires cross-linking of membrane receptors distinct from complement receptor three (CR3). *J. Leukocyte Biol.* 64: 337-344 (1998)
- Jorunn BJ, Barre R. Teast β -glucan stimulates respiratory burst activity of atlantic salmon macrophages. *Dev. Comp. Immunol.* 19: 43-57 (1995)
- Oh YK, Kim CS. Effect of green tea powder on dough rheology and gelatinization characteristics. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 31: 749-753 (2002)
- Kim YH, Cho NJ, Im MH. Rheology properties of dough and quality characteristics of bread added with silkworm powder. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 377-388 (2005)
- Lee JH, Kwon KI, Bae JH. Phyicochemical properties of bread dough added with jujube extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 590-596 (2005)
- Yook HS, Kim YH, Ahn HJ, Kim DH, Kim JO, Byun MW. Rheology properties of wheat flour dough and qualities of bread prepared with dietary fiber purified from ascidian (*halocythia roretzi*) tunic. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 387-395 (2000)
- Choi UK, Yoo BH, Son DH, Kwon DJ, Kim MH, Kim YH. Rheology properties of dough added with barley bran. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 751-756 (2005)
- Kim YH. Effect of silkpeptide on physicochemical properties of bread dough. *Korean J. Food Sci. Technol.* 36: 246-254 (2004)
- Bae JH, Woo HS, Choi HJ, Choi C. Physicochemical properties of onion powder added wheat flour dough. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 436-441 (2003)
- Kim YS, Chun SS, Tae JS, Kim RY. Effect of lotus root powder on the quality of dough. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 18: 573-578 (2002)
- Lee YK, Lee MY, Kim MJ, Kim SD. Effect of chungkukjang water extracts on the dough fermentation and quality characteristics of bread. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 14: 487-494 (2004)
- Jung DS, Eun JB. Rheology properties of dough added with black rice flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 38-43 (2003)
- AOAC. Official Methods of Analysis of AOAC Intl. Association of Official Analytical Chemist. Arlington, VA, USA (1990)
- AACC. Approved method of the AACC. 8th ed. Method 22-10. American Association of Cereal Chemist, St. Paul, MN, USA (1985)
- SAS Institute, Inc. SAS/STAT User's Guide. Version 6.2th ed. Cary, NC. USA (1988)
- Cho MK, Lee WJ. Preparation of high-fiber bread with barley flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 702-706 (1996)
- Maleki M, Noseney RC, Mattern PJ. Effect of loaf volume, moisture contents and protein quality on the softness and staling rate of bread. *Cereal Chem.* 57: 138-140 (1980)
- Lee JY, Lee SK, Cho NJ, Park WJ. Development of the formula for natural bread-making starter. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 1245-1252 (2003)
- Bennett RE. Baking Science Laboratory, the Amylograph. American Institute of Baking. pp. 3106-3109 (1990)
- Kim BS, Jeong MR, Lee YE. Quality characteristic of muwhakwa-pyun with various starches. *Korean J. Food Sci. Technol.* 19: 783-793 (2003)