

β-Glucan 첨가가 식빵의 물리적 및 품질 특성에 미치는 영향

이 정 훈[¶]

신안산대학교 호텔조리과[¶]

Effect of β-Glucan on Rheological Properties and Quality Characteristics of White Pan Bread

Jeong-Hoon Lee[¶]

Dept. of Hotel Culinary Arts, Shinansan University[¶]

Abstract

This study was carried out to evaluate the effect of β-glucan on rheological properties of flour dough and quality characteristics of white pan bread. Flour dough and white pan bread fortified with β-glucans at levels of 0%, 3%, 6% and 9% w/w. Farinograph and amylograph were analysed for the rheological properties. Loaf volume and specific loaf volume, moisture content, texture and sensory evaluation were also analysed for the quality characteristics. In the farinograph test, water absorption and dough development time of doughs increased with increasing β-glucan content. Especially, water absorption of dough fortified with 9% of β-glucan showed 13% higher than the control. However, the addition of β-glucan to the dough decreased stability. There were no significant differences on gelatinization temperature and maximum viscosity temperature regardless of β-glucan contents, but maximum viscosity increased with increasing β-glucan contents. Loaf volume and specific loaf volume of white pan bread decreased slightly with increasing β-glucan contents. Moisture content showed higher value in tests than that of the control, and the one added with 6% revealed highest moisture content. In terms of texture analysis, the one added with 6% of β-glucan revealed softer than the others. There were no differences between the groups added with 3% and with 6% on sensory evaluation, but the one added with 9% obtained lowest scores. As a result of this study, 6% of β-glucan is considered the reasonable level to prepare healthy white pan bread. β-glucan can also be used when making cake and cookies.

Key words: β-glucan, rheological properties, dough, quality characteristics, bread

I. 서 론

생활의 질을 향상시키고자 건강기능성 식품에 대한 관심이 높아지고 있어 계속하여 많은 연구가 진행되고 있다. 식품산업에서 건강을 증진시킬 목적으로 새로운 식품을 개발하는데 건강기능

성 소재로 주목을 받고 있는 소재 중의 하나가 β-glucan이다. β-glucan은 보리, 귀리, 옥수수, 밀 등의 배유와 호분층의 세포벽을 구성하고 있는 mixed-linked β-(1→3)-β(1→4)-D-glucan으로 β-glucosyl unit이 β-(1→3) 결합과 β(1→4) 결합으로 연결되어 가지가 없이 선형사슬로 연결된

This study was supported by Shinansan University, Korea, made in the program year of 2011

¶ : 이정훈, 031-490-6103, E-mail : jhl9526@sau.ac.kr, 경기도 안산시 단원구 초지동 671

amylose와 구조적으로 유사하다(Woodward JR 등 1983). 보리의 β -glucan 함량은 3.0~6.9%인데 이중 수용성은 38~69%로(Marlett JR 1991) 수용성 섬유질의 비율이 높고 도정한 보리쌀에서도 소실되지 않고 그대로 남아 있다. 귀리의 β -glucan은 1942년 Morris에 의해서 처음 분리되었고 불용성 보다는 수용성 형태가 생리적 기능이 더 우수한 것으로 알려져 귀리의 β -glucan에 대하여 관심을 가지게 되었다(Izydorczyk MS 등 2001). 귀리의 수용성 β -glucan 함량은 총 β -glucan 함량의 80%를 차지하여 보리에 비하여 높은 것으로 알려져 있다. 효모의 β -glucan은 귀리의 것에 비하여 맛이 좋고 무색, 무미, 무취이며 불용성이고 가열과 냉각에 gel을 형성하지 않으며 열(121°C, 30분)과 pH(2~12)에 안정하다. 따라서 효모에서 추출한 β -glucan은 액체에 잘 용해하고 크립과 같은 식감을 나타낸다(Stacey B 등 1999).

보리나 귀리의 β -glucan은 사람이나 동물에서 총 serum cholesterol과 LDL-cholesterol을 낮추는데 아주 효과적인 것으로 보고되었다(Lupton JR 등 1994; Braten JT 등 1994). 소장내에서 전분, 단백질, 지질 등과 같이 쉽게 흡수되는 영양분을 둘러싸 이들의 흡수를 물리적으로 방해하고 세균에 의해서 발효되어 단쇄지방산을 생성함으로써 간장내에서 담즙산의 경로를 바꾸고 콜레스테롤의 합성을 억제한다고 제안되었다. 또한 β -glucan은 체내에서 식 후 당류의 흡수를 지연시키고 insulin 분비를 조절할 뿐만 아니라 혈당농도를 저하시켜 당뇨병 예방에도 효과가 있으며 대장암을 예방하는 효과도 보고되었고 이외에 보조제, 면역자극제, 백혈구 활동 증가 등의 기능이 있는 것으로도 알려져 있다(Cross GG 등 2001). 식품에의 이용 연구는 슈가쿠키에 귀리 β -glucan을 첨가하였을 때 쿠키의 수분함량이 증가하였고 향이 개선되었으며(Suyong L 2009) 건강 기능성 식품 소재 뿐만 아니라 저 칼로리 식품을 위한 밀가루나 지방 대체제로도 이용하는 것으로 알려져 있다(Lee S와 Inglett GE 2006; Lee S 등 2005). 또한

β -glucan은 분자량이 크고 수용액은 점성이 높아 식품산업에서 점증제 및 물성 조절인자로 이용되고 있고(Newman RK 등 1989), 영양 생리화학적 기능이 우수하여 제빵, 미숫가루(미숫가루), 음료, 재성형 혼합쌀 등에 적용한 예가 있으나(Lee YT 등 2000) 아직 파스타, 국수, 빵류 등에 이용은 미미하다(Izydorczyk MS 등 2001).

본 실험은 빵류가 기호식품에서 주식의 개념으로 점차 변화하고, 기능성 작용이 있는 소재가 함유된 식품을 요구하는 고객의 요구에 부응하여 미생물 발효로 제조한 β -glucan을 식빵 제조에 일정량 첨가하여 제빵에 이용 가능성을 알아보기 위함이었다. 밀가루 반죽에 미치는 물리적 특성과 제품에 미치는 제품 특성을 분석하여 건강에 유익한 기능성 제품을 개발하는데 적정 첨가량을 도출하고 빵류 제품의 소비를 확대하는데 기여하고자 하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

반죽 및 빵 제조용 재료로 밀가루는 단백질 함량 12.7%, 회분 함량 0.45%, 수분함량 13.5%의 강력분(대한제분, 한국), 생효모(조흥화학, 한국), 설탕은 순도 99.0%의 정백당(삼양사, 한국), 쇼트닝(삼양사, 한국), 소금은 순도 99%(한주소금, 한국), 제빵개량제(S-500, 플라토스, 벨기에), β -glucan(순도 85% 이상, (주)더멋진바오텍, 한국) 등을 사용하였다. β -glucan은 *Agrobacterium* sp.로 발효하여 생산한 기능성 소재로 순도 85% 이상, 수분 7.1%, pH 5.2의 미백색 분말로 β -1,3결합으로 이루어져 있다.

2. 실험방법

1) Farinograph

밀가루 중량 대비 β -glucan을 3, 6, 9% 첨가한 시험구와 첨가하지 않은 대조구의 farinogram 특

성 측정은 farinograph(M81044, Brabender Co., Ltd., Duisburg, Germany)를 이용하여 AACC(54-21)(1985)방법으로 다음과 같이 측정하였다. 미리 예열한 30±0.2℃의 farinograph mixing bowl에 밀가루와 β-glucan을 혼합한 300 g을 넣고 기계를 작동하면서 그래프 커브의 중앙이 500±20 BU에 도달 할 때까지 증류수를 가하여 흡수량을 조절 한 후 반죽의 견도(consistency), 흡수율(water absorption), 반죽형성시간(dough development time), 안정도(stability) 및 FQN(farinograph quality number)의 값을 5회 반복 측정하였다.

2) Amylograph

밀가루 중량 대비 β-glucan을 3, 6, 9% 첨가한 시험구와 첨가하지 않은 대조구의 amylograph 특성을 AACC(22-10)(1985)방법에 따라 amylograph (ASG-6, Brabender Co., Ltd., Germany)를 이용하여 측정하였다. 밀가루와 β-glucan을 혼합한 65 g을 증류수 450 mL에 현탁시켜 보울에 넣고 보울의 회전 속도를 75 rpm으로 조절하여 25℃부터 95℃까지 1.5℃/min의 비율로 온도를 상승시키면서 점도 변화를 측정하였다. 측정개시온도 25℃부터 시작하여 호화개시온도, 최고점도온도 및 최고점도의 특성 값을 5회 반복 측정하였으며 호화개시온도는 초기점도가 10 BU에 도달하는 온도로 나타냈다.

3) 식빵의 제조

식빵 배합률은 <Table 1>과 같으며 AACC방법(10-10b)(1985)을 수정하여 직달법(straight dough method)으로 제조하였다. 쇼트닝을 제외한 전 재료를 반죽기(Hobart A200, Troy, USA)에 넣고 저속 3분, 중속 2분간 믹싱 후 쇼트닝을 넣고 다시 저속 3분, 중속 15분간 믹싱하여 반죽을 제조하였다. 반죽 온도는 27℃로 조절하였으며 온도 27℃, 상대습도 75%의 1차발효실에서 90분간 발효시켰다. 반죽을 540 g씩 분할하여 둥글리기 한 후 15분간 중간발효 시켰다. 성형하여 식빵팬에 패닝 후 온도 40℃, 상대습도 85%의 2차발효실에서 50분간 발효시킨 뒤 윗불 200℃, 밑불 200℃의 오븐(FAO-7103, DaeYung Co., Ltd., Korea)에서 30분간 구웠다.

4) 식빵의 부피 및 비용적

밀가루 중량 대비 β-glucan을 3, 6, 9% 첨가한 시험구와 첨가하지 않은 대조구 식빵의 부피는 종자치환법(Ronald HZ 1993)으로 측정하였으며 식빵의 부피를 반죽무게로 나누어 비용적을 구하였고 각각의 시료 4개씩 측정하여 그 평균을 자료로 하였다.

5) 식빵의 수분함량

밀가루 중량 대비 β-glucan을 3, 6, 9% 첨가한 시험구와 첨가하지 않은 대조구 식빵의 수분함량

<Table 1> Formulas for making white pan bread

(unit : Baker's %)

Ingredients	Control	Tests		
		3%	6%	9%
Bread flour	100	97	94	91
β-glucan	0	3	6	9
Fresh yeast	2.5	2.5	2.5	2.5
Water	64	64	64	64
Sugar	4	4	4	4
Salt	1.5	1.5	1.5	1.5
Dough improver	1	1	1	1
Non-fat dry milk	3	3	3	3
Shortening	4	4	4	4
Total	180	180	180	180

은 제품을 냉각 후 포장하여 25℃에 보존하면서 24시간 이후부터 2일 간격으로 7일간 측정하였다. 수분함량은 건조감량법(Korean Food Code 2007)으로 측정하여 아래의 공식에 따라 산출하였으며 각각의 시료 5개씩 측정하여 자료로 하였다.

$$\text{수분(\%)} = (b-c)/(b-a) \times 100$$

- a : 칭량접시의 무게(g),
- b : 칭량접시와 검체의 무게(g),
- c : 건조 후 항량이 되었을 때의 무게(g)

6) 식빵의 조직감

밀가루 중량 대비 β -glucan을 3, 6, 9% 첨가한 시험구와 첨가하지 않은 대조구 식빵의 조직감을 Rheometer(CR-200D, Sun Co., Ltd., Japan)로 측정하였다. 제품을 3 cm 두께로 잘라 개별 포장하여 25℃에 보존하면서 24시간 이후부터 2일 간격으로 7일간 측정하였다. 측정조건은 Table speed 100 mm/min, Chart speed 60 mm/min, Load cell range 1 kg, Sample size L 60× H 30 mm, Critical area 314 mm², % Deformation 25 등으로 경도(hardness)를 측정하여 조직감을 평가하였다. 측정하여 얻은 max weight, distance, strength를 아래 공식에 따라 계산하여 구한 값을 경도로 하였다.

$$\text{Strength(dyne/cm)} = (\text{최대중량} \times \text{중력가속도}) / \text{Cell 면적}$$

$$\text{Hardness(dyne/cm}^2) = (\text{strength} \times \text{샘플의 높이}) / \text{측정거리}$$

7) 관능검사

제빵에 지식이 있는 20명(평균 연령 21세, 남 12명, 여 8명)을 선별하여 검사에 필요한 사항들을 충분히 숙지시킨 후 관능검사를 실시하였다. 구운 식빵을 상온에서 2시간 냉각하여 포장한 후 24시간 저장하여 검사에 사용하였다. 검사항목은 식감(mouth feel), 내부색상(crumb color), 향미(aroma & flavor), 맛(taste), 전체적 품질(overall quality) 등 5개 항목이며 5점 척도법으로 “매우

좋다” 5점, “대체로 좋다” 4점, “좋다” 3점, “싫다” 2점, “매우 싫다” 1점으로 평가하였다.

8) 통계처리

각 실험결과에 대한 통계분석은 Statistical Analysis System(SAS) 9.2 통계 프로그램으로 평균 \pm 표준편차를 산출하였고 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, 각 시료 간의 유의성 검증은 $p < 0.05$ 수준에서 던컨의 다중범위시험법(Duncan's multiple range test)으로 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. Farinograph 특성

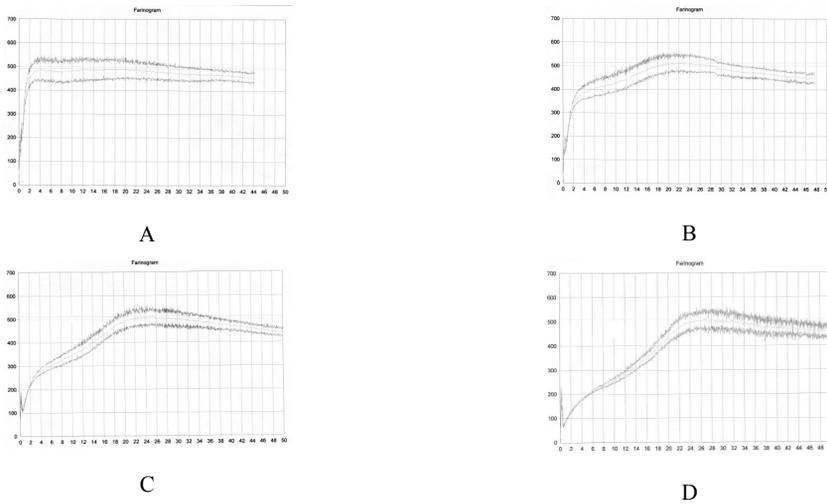
강력분에 β -glucan 첨가량을 달리하여 farinograph를 분석한 결과는 <Table 2> 및 <Fig. 1>과 같다. 반죽의 건도(consistency)는 β -glucan을 첨가한 시험구들이 대조구보다 증가하였고 첨가량이 증가할수록 그 값은 작아졌으나 시험구 간에는 유의적 차이가 없었다($p < 0.05$). 흡수율은 시험구들이 대조구에 비하여 높은 값을 나타냈고 첨가량이 많을수록 흡수율이 높아져 유의적 차이가 있었다($p < 0.05$). 반죽 형성시간도 시험구들이 대조구에 비하여 길어졌고 첨가량이 많을수록 증가하였다. 그러나 반죽의 안정도는 대조구에 비하여 시험구들이 감소하여 유의적 차이가 있었으나($p < 0.05$) 시험구 중 6%와 9%에는 유의적 차이가 없었다. Skendi A 등(2007)은 분자량이 다른 순수한 보리 β -glucan을 밀가루에 첨가하여 farinograph를 분석한 결과 첨가량이 많을수록 흡수율이 높았다고 하였고, Skendi A 등(2010)도 보리 β -glucan을 0.2%에서 1.6%까지 첨가하였을 때 대조구에 비하여 흡수율이 증가하였고 첨가량이 많을수록 흡수율이 높았다고 하여 본 실험의 결과와 일치하였다. Mohamed AA 등(2005)은 β -glucan 양을 증가시켜도 반죽의 안전성에 큰 감소가 없었다고 하였으나, 본 실험에서 대조구보다 시험구에서 안전성이 감소하여 결과의 차이가 있는 것

<Table 2> Farinogram characteristics of bread flour with different amounts of β-glucan

Samples	Consistency (BU)	Water absorption (%)	Development time (min)	Stability (min)	Farinograph quality number
Control	492±8.2 ^{1a)}	64.3±0.4 ^a	20.2±0.44 ^a	33.8±0.82 ^a	394±4.8 ^a
3%	514±4.4 ^{abcd}	71.9±0.8 ^b	21.7±0.64 ^b	15.7±0.24 ^b	311±6.2 ^b
6%	511±3.8 ^{abcd}	79.3±0.6 ^c	25.3±0.48 ^c	17.3±0.42 ^{cd}	361±6.6 ^c
9%	509±2.4 ^{abcd}	87.2±0.4 ^d	26.7±0.42 ^d	17.3±0.44 ^{cd}	358±4.2 ^d

¹⁾Values are Mean±S.D., n=5

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



A ; control, B ; 3% of β-glucan, C ; 6% of β-glucan, D ; 9% of β-glucan

<Fig. 1> Farinograms of bread flour with different amounts of β-glucan

은 β-glucan의 자원이 다르기 때문으로 생각된다.

2. Amylograph 특성

강력분에 β-glucan 첨가량을 달리하여 amylograph를 분석한 결과는 <Table 3> 및 <Fig. 2>와 같다. 호화온도는 대조구와 시험구들 간에 유의

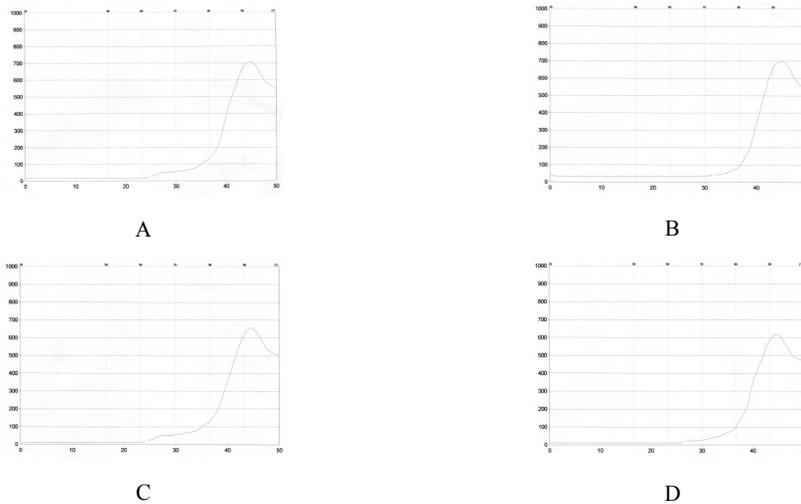
적 차이가 없었고($p < 0.05$), 최고점도 온도도 92℃ 정도로 유의적 차이가 없었다. 그러나 최고점도는 대조구에 비하여 시험구들이 낮았고 첨가량이 많을수록 그 값은 낮아져 유의적 차이가 있었다($p < 0.05$). Charles SB와 Louise JC(2007)은 밀가루에 β-glucan을 2.5%와 5% 첨가하여 RVA로 최고

<Table 3> Amylogram characteristics of bread flour with different amounts of β-glucan

Items	Control	Tests		
		3%	6%	9%
Gelatinization temperature(℃)	62.3±0.26 ^{1bc)}	62.6±0.42 ^{bc}	62.5±0.28 ^a	63±0.44 ^d
Maximum viscosity temperature(℃)	91.9±0.44 ^a	92.0±0.48 ^b	91.8±0.64 ^a	91.8±0.46 ^a
Maximum viscosity(AU)	707±16.2 ^a	666±10.4 ^b	657±10.8 ^c	618±6.8 ^d

¹⁾Values are Mean±S.D., n=5

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



A ; control, B ; 3% of β -glucan, C ; 6% of β -glucan, D ; 9% of β -glucan

<Fig. 2> Amylograms of bread flour with different amounts of β -glucan

점도, breakdown, 최종점도 등을 측정한 결과 모두 대조구에 비하여 감소하였다고 하였고, Symons LJ와 Brennan CS(2004)도 보리에서 추출한 β -glucan을 2.5%와 5% 첨가하여 RVA로 호화특성을 분석하였을 때 최고점도와 최종점도가 감소하였다고 하여 본 실험에서 최고점도가 낮아진 결과와 일치하였다. 또한 Symons LJ와 Brennan CS(2004)도 보리에서 추출한 β -glucan을 5% 첨가하였을 때 최고점도와 최종점도가 감소하였으나 1% 첨가 하였을 때는 최고점도가 증가하였다고 하여 본 실험과 다소 상이한 결과였다.

3. 식빵의 부피 및 비용적

β -glucan 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 부피와 비용적을 분석한 결과는 <Table 4> 및 <Fig. 3>과 같다. 대조구와 β -glucan을 3% 첨가한 시험

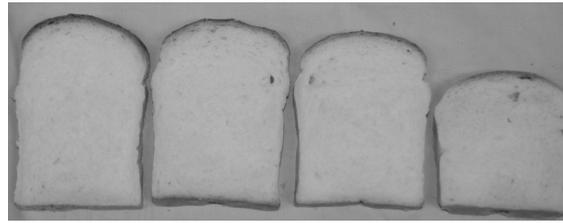
구간에는 부피와 비용적에 유의적 차이가 없었으나($p < 0.05$), 6% 첨가구가 1,874 cm^3 , 9% 첨가구가 1,804 cm^3 로 첨가량이 많을수록 부피가 작아졌고 비용적도 6% 첨가구가 3.47 cm^3/g , 9% 첨가구가 3.34 cm^3/g 로 역시 작아져 유의적 차이가 있었다($p < 0.05$). Skendi A 등(2007)은 β -glucan을 0.2~1.4% 첨가하여 빵을 제조하였을 때 β -glucan의 자원과 첨가량이나 분자량에 따라 차이가 있어 0.6%까지는 부피가 증가하였으나 그 이상 첨가하였을 때는 감소하였다고 하였다. Gill S 등(2002)은 반죽에 β -glucan을 첨가하였을 때 부피가 작아지는 것은 β -glucan이 물에 대한 친화력이 강하여 전분과 결합할 수분이 부족하여 굽기 중 수분에 의한 증기압 발생이 적어지기 때문이라고 하였다. 한편, Dubois DK(1978)는 반죽에 β -glucan을 첨가하였을 때 부피가 작아지는 것은 글루텐의 희

<Table 4> Volume and specific loaf volume of white pan bread with different amounts of β -glucan

Items	Control	Tests		
		3%	6%	9%
Volume(cm^3)	1906 \pm 24 ^{1ab}	1910 \pm 18 ^{ab}	1874 \pm 12 ^c	1804 \pm 16 ^d
Specific loaf volume(cm^3/g)	3.53 \pm 0.04 ^{ab}	3.53 \pm 0.02 ^{ab}	3.47 \pm 0.02 ^c	3.34 \pm 0.03 ^d

¹⁾Values are Mean \pm S.D., n=5.

^{a-d}Means with the same letter in row are not significantly different by duncan's multiple range test ($p < 0.05$)



A ; control, B ; 3% of β-glucan, C ; 6% of β-glucan, D ; 9% of β-glucan

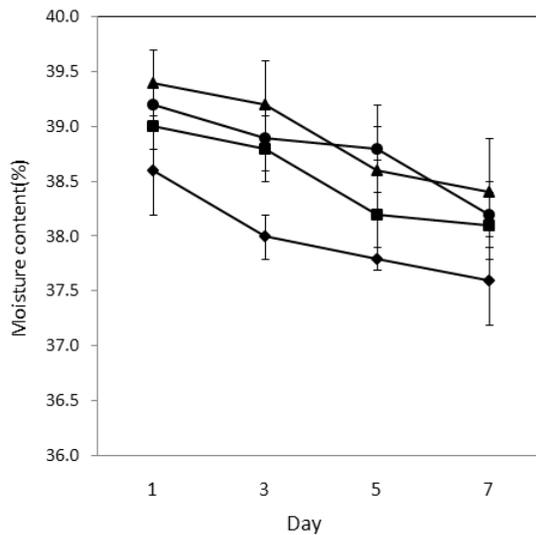
〈Fig. 3〉 Internal shape of white pan bread

석작용으로 반죽의 글루텐 함량이 적어지는 효과 때문이라고 하였으며, 단백질 함량이 높은 밀가루로 만들었을 때 제품의 부피가 커진다. 본 실험에서 β-glucan 첨가량이 많을수록 부피가 작아지는 하였으나 2차발효 시간을 다소 연장하면 해결될 것으로 생각된다.

4. 식빵의 수분함량

β-glucan 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 수분함량을 7일간 측정된 결과는 <Fig. 4>와 같다. 저장 1일에는 대조구의 수분함량이 38.6%로 가

장 낮았고 시험구 중에는 6% 첨가구가 39.4%로 가장 높았으나 유의적 차이는 없었다($p < 0.05$). 저장 기간이 길어짐에 따라 식빵의 수분함량이 감소하였고 저장 7일에도 대조구가 37.6%로 가장 낮았고 6% 첨가구가 38.4%로 가장 높았다. 빵은 구운 후 저장하는 동안 노화가 발생하는데 노화는 구운 후 미생물에 의한 부패 이외에 발생하는 현상으로 수분손실로 인하여 빵의 내부가 딱딱해지는 현상이다(Guarda A 등 2004). Skendi A 등 (2007)은 보리 β-glucan을 0.2%에서 1.4%까지 첨가한 빵의 수분함량 분석에서 대조보다 시험구에



◆ : control, ■ : 3% of β-glucan, ▲ : 6% of β-glucan, ● : 9% of β-glucan

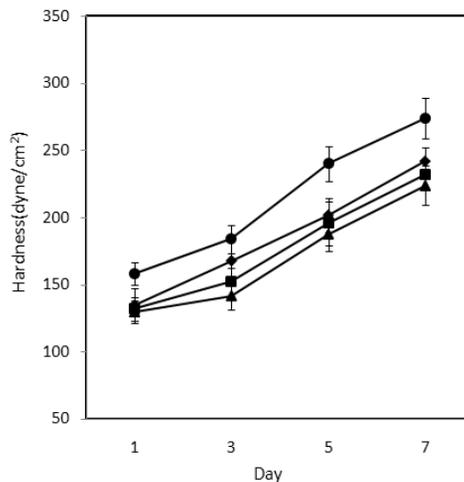
〈Fig. 4〉 Moisture content of white pan bread with different amounts of β-glucan

서 높았고 첨가량이 많을수록 수분함량이 높았다고 하여 본 실험의 결과와 일치하였다. Hydrocolloid가 빵의 수분함량에 미치는 연구에서 Guarda A 등(2004)은 HPMC(hydroxyl propyl methyl cellulose)와 SA(sodium alginate)를 0.1%와 0.5% 첨가하여 제조한 빵의 수분함량을 분석한 결과 대조구보다 1~2% 높았고 Maria EB와 Cristina MR (2006)은 HPMC를 0.5% 첨가하여 제조한 part-baked 빵을 10일간 냉장저장하여 구운 후 수분함량을 측정된 결과 대조구보다 HPMC를 첨가한 것의 수분함량이 높았다고 보고한 결과와도 본 실험이 일치하였다. 식빵의 수분함량이 높으면 조직이 부드러운데, β -glucan 첨가 시 제품이 부드럽게 되는 현상은 β -glucan의 강한 수분보유력으로 아밀로펙틴의 노화를 저해하기 때문이라고 Biliaderis CG 등(1995)은 보고하였다.

5. 식빵의 조직감

β -glucan 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 조직감으로 경도를 7일간 측정된 결과는 <Fig. 5>와 같다. 저장 1일에 β -glucan 9% 첨가구가 158 dyne/cm²로 가장 높았고 다음이 대조구이었으며 3%와 6% 첨가구는 낮은 값을 나타냈다. 저장기간이 길

어짐에 따라 노화로 내부가 견고해져 저장 7일에 β -glucan 9% 첨가구가 274 dyne/cm²로 가장 높았고 6% 첨가구가 224 dyne/cm²로 가장 낮아 노화가 느리게 진행되었다. Martin ML과 Hosney RC(1991)는 빵의 내부가 견고해지는 것은 단백질 매트릭스와 전분입자간의 cross-link 때문에 발생하는 현상이라고 설명하였고, 효소에 의한 전분의 분해로 텍스트린이 존재하면 제품이 딱딱해지는 현상이 줄어든다고 하였다. Hug-Iten S 등(2003)도 전분분해 효소는 아밀로스와 아밀로펙틴의 재정열, 빵의 노화와 딱딱하게 되는 현상에 중요한 역할을 한다고 하였다. Skendi A 등(2007)은 β -glucan을 밀가루 건조중량 대비 0%, 0.2%, 0.6%, 1.0%, 1.4% 첨가하여 제조한 빵을 4°C에서 1, 4, 8일간 저장하면서 조직감을 측정된 결과 24시간 저장하였을 때 β -glucan 함량이 증가함에 따라 부드러웠으나 1.4% 첨가한 것은 기공주위의 세포벽이 두꺼워져 오히려 부드럽지 못하다고 하였다(Rosell CM 등 2001). β -glucan 첨가 시 제품이 부드러워지는 것은 반죽에서 전분이 흡수할 물을 β -glucan이 먼저 흡수하여 전분의 팽윤이 적어졌고 굽는 동안 전분의 용해도가 낮아졌기 때문이라고 Gill S 등(2002)은 보고하였다. 빵의 내부가



◆ : control, ■ : 3% of β -glucan, ▲ : 6% of β -glucan, ● : 9% of β -glucan

<Fig. 5> Hardness of white pan bread with different amounts of β -glucan

딱딱해지는 것은 노화의 척도로 수분함량도 노화 진행에 중요한 역할을 한다(Mohamed A 등 2008).

6. 식빵의 관능검사

β-glucan 첨가량을 달리하여 제조한 식빵의 관능검사 결과는 <Table 5>와 같다. 식감에서 대조구와 β-glucan 3%와 6% 첨가구의 점수는 유의적 차이가 없었으나(p<0.05) 9% 첨가구는 4.13으로 가장 낮은 점수를 얻었다. 이는 빵의 크기가 작아 빵이 부드럽지 못하기 때문으로 판단되고 조직감으로 경도를 측정한 결과와도 일치하였다. 내부 색상도 대조구가 가장 높은 점수를 얻었고 9% 첨가구는 가장 낮은 점수를 얻었는데 이는 β-glucan이 연한 아이보리 색상으로 빵의 내부 색상에 영향을 주었기 때문이었다. 향미는 9% 첨가구가 가장 높은 점수를 얻었고 대조구가 가장 낮은 점수를 얻어 β-glucan이 향미에 영향을 주는 것으로 나타났다. 전체적 품질에서 대조구와 3%, 6% 첨가구간에 유의적 차이가 없었고(p<0.05), 9% 첨가구가 가장 낮은 점수를 얻었다. Biliaderis CG 등(1995)은 빵 제조 시 β-glucan을 첨가하면 수분함량이 높아져 아밀로펙틴의 노화를 방해하여 제품이 부드럽게 된다고 하였고, β-glucan에 의한 빵 내부의 총 가스 셀 면적이 증가하는 것도 부드러움에 영향을 미친다고 하였다. 이는 본 실험에서 제품의 수분함량이 높고 부피가 커진 결과와 관능검사에서도 결과가 일치하였다. 밀가루의 10%, 20%, 30%를 쿠리에서 추출한 β-glucan로 대체하여 제조한 슈가쿠키의 관능검사에서도 첨가량이 증

가할수록 향의 강도가 증가하였다고 Suyong L 등 (2009)은 보고하여 본 실험과 동일한 결과였다. 한편, María EB와 Cristina MR(2005)은 빵 제조 시 hydrocolloid로 HPMC를 0.5% 첨가하여 외형, 향, 맛, 조직 등을 분석한 결과 대조구에 비하여 외형과 향은 개선되었으나 맛과 조직에서는 유의적인 차이가 없었다고 하였다.

IV. 요약

미생물 발효로 제조한 β-glucan을 밀가루의 3, 6, 9% 대체 첨가하여 건강 기능성 식빵을 제조하였다. 제빵 적성을 알아보기 위하여 밀가루에 미치는 물리적 특성으로 farinograph와 amylograph를 분석하였고, 제품에 미치는 영향으로 식빵의 부피 및 비용적, 수분함량, 조직감, 관능검사 등을 실시하였다. Farinograph 분석에서 반죽의 견도는 대조구보다 시험구가 높았고 시험구간에는 유의적 차이가 없었다(p<0.05). 흡수율은 대조구가 64.3%로 가장 낮았고 β-glucan 첨가량이 많을수록 높아졌다. 반죽형성시간도 흡수율과 같은 경향을 보였고, 안정도는 대조구의 33.8분에 비하여 시험구들은 짧았다. FQN도 안정도와 같은 경향을 나타냈다. Amylograph 분석에서 호화온도와 최고점도온도는 대조구와 시험구간에 유의적 차이가 없었으나(p<0.05), 최고점도는 대조구가 707 AU로 가장 높았고 시험구들은 대조구보다 낮았고 첨가량이 많을수록 낮아졌다. 제품특성 시험에서 식빵의 부피 및 비용적은 대조구와 3% 첨가구는 유

<Table 5> Sensory evaluation of white pan bread with different amounts of β-glucan

Items	Control	Tests		
		3%	6%	9%
Mouth feel	4.59±0.01 ^{1abc)}	4.60±0.04 ^{abc}	4.56±0.04 ^{abc}	4.13±0.04 ^d
Crumb color	4.66±0.04 ^a	4.50±0.06 ^b	4.36±0.03 ^c	4.04±0.02 ^d
Aroma & flavor	4.34±0.06 ^d	4.46±0.02 ^c	4.52±0.02 ^{ab}	4.56±0.06 ^{ab}
Taste	4.46±0.02 ^c	4.62±0.08 ^{ab}	4.68±0.07 ^{ab}	4.24±0.04 ^d
Overall quality	4.48±0.04 ^{abc}	4.50±0.06 ^{abc}	4.46±0.05 ^{abc}	4.20±0.07 ^d

¹⁾Values are Mean±S.D., n=5.

^{a-e}Means with the same letter in row are not significantly different by duncan's multiple range test (p<0.05)

의적 차이가 없었으나 6%와 9% 첨가구는 대조구에 비하여 작았다. 수분함량을 7일까지 분석한 결과 저장 1일에 대조구보다 시험구들에서 높았고 첨가량이 많을수록 높았다. 저장기간이 길어짐에 따라 수분함량은 감소하는 경향을 나타냈고 저장 7일에도 대조구가 가장 낮았고 시험구 중에는 6% 첨가구가 가장 높았다. Rheometer에 의한 조직감으로 경도를 분석한 결과 저장 1일에 대조구가 가장 높았고 시험구들이 대조구에 비하여 낮았다. 저장기간이 경과할수록 경도 값은 증가하였고 저장 7일에는 6% 첨가구가 224 dyne/cm²로 가장 낮았고 9% 첨가구가 274 dyne/cm²로 가장 높아 부드러워지 못한 것으로 나타났다. 식빵의 관능검사에서 식감은 대조구와 3% 첨가구에서 유의적 차이가 없이 높은 점수를 얻었고, 9% 첨가구에서 낮은 점수를 얻었다. 내부색상은 시험구보다 대조구가 높은 점수를 얻었는데 이것은 β -glucan의 연한 아이보리 색상 때문으로 생각된다. 향은 9% 첨가구가 가장 높은 점수를 얻었고, 맛은 6% 첨가구가 가장 높은 점수를 얻었다. 전체적 품질에서 9% 첨가구가 가장 낮은 점수를 얻었고 6% 첨가까지는 대조구와 유의적 차이가 없었다. 이상의 실험으로 β -glucan 6%까지는 첨가가 가능한 것으로 나타났고 대조구에 비하여 β -glucan 첨가구가 흡수율이 증가하여 제품 제조시 급수 조절이 필요하고 9% 첨가구에서는 부피가 작아 활성 글루텐을 첨가하거나 2차발효시간을 증가시켜야 할 것으로 사료되었다.

한글 초록

미생물 발효로 제조한 β -glucan을 밀가루의 3, 6, 9%를 대체 첨가하여 반죽의 물리적 특성으로 farinograph, amylograph를 분석하였고, 제빵에 미치는 영향으로 식빵의 부피 및 비용적, 수분함량, 조직감, 관능검사 등을 분석하였다. Farinograph에서 β -glucan 첨가량이 많을수록 흡수율이 높았고 특히 9% 첨가구는 대조구에 비하여 13% 정도

높았다. 첨가량이 많아짐에 따라 반죽형성시간도 증가하였으나 안정도는 감소하였다. Amylograph 분석에서 첨가량에 관계없이 호화온도와 최고점도온도에는 영향이 없었으나 최고점도는 첨가량이 증가할수록 감소하였다. 식빵의 부피와 비용적은 첨가량이 증가함에 따라 다소 감소하는 경향을 보였다. 수분함량은 시험구들이 대조구보다 높았고 6% 첨가구에서 가장 높았다. 식빵의 조직감도 6% 첨가구가 가장 부드러운 것으로 나타났고, 관능검사의 전체적 품질에서 3%와 6% 첨가구는 대조구와 유의적 차이가 없었으나 9% 첨가구는 대조구보다 낮은 점수를 얻었다. 따라서 건강 기능성 식빵을 제조하는데 미생물 발효로 얻은 β -glucan을 6%까지는 첨가가 가능한 것으로 나타났고 향 후 케이크나 쿠키 등에도 응용이 가능하리라 생각된다.

참고문헌

- American Association of Cereal Chemists (1985). Approved methods of AACC. Methods 54-21, 22-10, 10-10b.
- Biliaderis CG, Izydorczyk MS, Rattan O (1995). Effect of arabinoxylans on bread-making quality of wheat flours. *Food Chem.* 53(2):165-171.
- Braten JT, Wood PJ, Scott FW, Wolynetz MS, Lowe MK, Bradley-White P, Collins MW (1994). Oat β -glucan reduces blood cholesterol concentration in hypercholesterolemic subjects. *European J Clin Nutr* 48(7):465-472.
- Charles SB, Louise JC (2007). Utilisation Glucagel in the β -glucan enrichment of breads: A physicochemical and nutritional evaluation. *Food Res Int.* 40(2):291-296.
- Cross GG, Jennings HJ, Whiteld DM, Penney CL, Zacharie B, Gagnon L (2001). Immunostimulant oxidized beta-glucan conjugates. *Int. Immunopharmacol.* 1(3):539-550.

- Dubois DK (1978). The practical applications of fibre materials in bread production. *Bakers Digest* 52(2):30-33.
- Gill S, Vasanthan T, Ooraikul B, Rosnagel B (2002). Wheat bread quality as influenced by the substitution of waxy and regular barley flours in their native and extruded forms. *J Cereal Sci.* 36(2):219-227.
- Guarda A, Rosell CM, Benedito C, Galotto J (2004). Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocoll.* 18(2):241-247.
- Hug-Iten S, Escher F, Conde-Petit B (2003). Staling of bread: role of amylose and amylopectin and influence of starch-degrading enzymes. *Cereal Chem.* 80(6):654-661.
- Izydorczyk MS, Hussain A, MacGregor AW (2001). Effect of Barley and Barley Components on Rheological Properties of Wheat Dough. *J Cereal Sci.* 34(3):251-260.
- Korean Food Code (2007). Korean Food & Drug Administration. pp. 3-4.
- Lee S, Inglett GE (2006). Rheological and physical evaluation of jet-cooked oat bran in low calorie cookies. *Int J Food Sci & Tech.* 41(5):553-559.
- Lee S, Kim S, Inglett GE (2005). Effect of shortening replacement with oatrim on the physical and rheological properties of cakes. *Cereal Chem.* 82(2):120-124.
- Lee YT, Jung JY, Won JH (2000). Quality characteristics of barley β-glucan enriched grains fabricated by extrusion forming. *Food Sci Biotechnol.* 9(6):335-340.
- Lupton JR, Robinson MC, Morin JL (1994). Cholesterol-lowering effect of barley flour and oil. *J Am Diet Assoc.* 94(1):65-70.
- María EB, Cristina MR (2005). Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. *Food Hydrocoll.* 19(6):1037-1043.
- María EB, Cristina MR (2006). Different approaches for improving the quality and extending the shelf life of the partially baked bread: low temperature and HPMC addition. *J Food Engi.* 72(1):92-99.
- Marlett JA (1991). Dietary fiber content and effect of processing on two barley varieties. *Cereal Foods World* 36(7):576-578.
- Martin ML, Hosney RC (1991). A mechanism of bread firming. II. Role of starch hydrolyzing enzymes. *Cereal Chem.* 68(5):503-507.
- Mohamed A, Rayas-Duarte P, Xu J (2008). Hard red spring wheat/C-trim 20 bread: formulation, processing and texture analysis. *Food Chem.* 107(1):516 - 524.
- Mohamed AA, Rayas-Duarte P, Xu JY, Palmquist DE, Inglett GE (2005). Hard red winter wheat/Nutrim-OB alkaline fresh noodles: Processing and texture analysis. *J Food Sci.* 70(1):S1 - S7.
- Newman RK, Newman CW, Graham H (1989). The hypercholesterolemic function of barley beta-glucans. *Cereal Foods Worlds* 34(10):883-886.
- Ronald HZ (1993.) Bread lecture book. American Institute of Baking, USA, pp. 1311.
- Rosell CM, Rojas JA, de Barber CB (2001). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocoll.* 15(1):75 - 81.
- Skendi A, Papageorgiou M, Biliaderis CG (2009). Effect of barley β-glucan molecular size and level on wheat dough rheological properties. *J Food Engi.* 91(4):594 - 601.
- Skendi A, Biliaderis CG, Papageorgiou M, Izydorczyk MS (2010). Effects of two barley β

- glucan isolates on wheat flour dough and bread properties. *Food Chem.* 119(3):1159-1167.
- Stacey B, Valerie MG, Bruce RB, Alissa HA, Gary OR, Armour F (1999). Effect of β -Glucan from Oats and Yeast on Serum Lipids. *Critical Reviews in Food Sci. and Nutr.* 39 (2):189-202.
- Suyong L, George EI, Debra P, Kathleen W (2009). Flavor and texture attributes of foods containing β -glucan-rich hydrocolloids from oats. *LWT - Food Sci. and Tech.* 42(1):350-357.
- Symons LJ, Brennan CS (2004). The Influence of (1 \rightarrow 3) (1 \rightarrow 4)-D-Glucan-rich Fractions from Barley on the Physicochemical Properties and In Vitro Reducing Sugar Release of White Wheat Breads. *J Food Sci.* 69(6):463-467.
- Symons LJ, Brennan CS (2004). The effect of barley β -glucan fibre fractions on starch gelatinisation and pasting characteristics. *J Food Sci.* 69(4):257 - 261.
- Woodward JR, Fisher GB, Stone BA (1983). Water-soluble (1 \rightarrow 3),(1 \rightarrow 4)- β -D-glucans from barley(*Hordeum vulgare*) endosperm. I. Physicochemical properties. *Carbohydr. Polym.* 3(2): 143-156.

2012년 02월 29일 접수
 2012년 04월 03일 1차 논문수정
 2012년 04월 10일 2차 논문수정
 2012년 05월 14일 게재확정