

보리등겨 첨가 반죽의 물성변화

최응규* · 유병혁¹ · 손동화² · 권대준³ · 김미향⁴ · 김영호⁵

아시아대학교 한방식품영양학과, ¹(주) MSC 연구소 하이드로콜로이드실, ²대구산업정보대학 조리계열,
³아시아대학교 한약자원학과, ⁴상주대학교 식품영양학과, ⁵혜전대학 호텔제과제빵과

Rheological Properties of Dough Added with Barley Bran

Ung-Kyu Choi*, Byung-Hyuk Yoo¹, Dong-Hwa Son², Dae-Jun Kwon³,
Mi-Hyang Kim⁴, and Young-Ho Kim⁵

Department of Oriental Medical Food and Nutrition, Asia University

¹R&D center, Hydrocolloid Lab, MSC Co., Ltd

²Department of Food Preparation, Daegu Polytechnic College

³Department of Oriental Medicine Resources Asia University

⁴Department of Food Science&Nutrition, Sangju National University

⁵Department of Hotel Baking Technology, Hyejeon College

Effect of barley bran flour on bread quality was investigated. With addition of barley bran flour, crude protein and ash contents of bread increased, and color of crumb and crust became darker than control group made with pure wheat flour. Content of dietary fiber in bread made with 5% barley bran flour was twofold higher than that of control group. Hardness of bread increased and volume decreased in proportion to bran content. Sensory qualities of 5% barley bran flour-added group and control group were not significantly different, but decreased in 10 and 15% barley bran flour-added groups, revealing optimal content of barley bran flour to be 5%.

Key words: barley bran, bread dough, farinograph, amylograph, extensograph

서 론

보리의 제분과 정백과정에서 부산물로 생산되는 보리등겨는 식이섬유소를 풍부하게 함유하고 있다. 보리의 도정 전 후의 총 식이섬유 함량은 통보리에서 19.9%로 식이섬유 함량이 높은 반면, 정백한 보리는 9.7%로 그 양이 급격히 감소되어(1) 보리의 외피에 상대적으로 많은 식이섬유가 함유되어 있음을 보여주고 있다.

보리등겨의 식이섬유는 보수력이 커서 위에서 포만감을 제공하고 당뇨병 환자에게는 대장 내 미생물의 작용을 적게 받아 비 발효 잔사로 남기 때문에 식이섬유 matrix가 그대로 대변의 부피와 무게를 증가시키는데 효과적인 것으로 알려져 있으며(2), 그 외 소화촉진효과(3), 혈중 콜레스테롤 저해효과(4-7) 등 각종 기능성을 가지고 있는 것으로 알려져 있다.

빵의 질적인 우수성과 함께 기능적 우수성을 확보하기 위해서 제빵에 여러 가지 기능성 재료를 첨가한 연구가 있어 왔는데, Sidwell 등(8)과 Stilling 등(9)은 단백질의 영양 강화를 위해

물고기의 농축단백질과 lysine을 첨가한 반죽의 특성과 빵의 품질 변화를 조사하여 영양적 효과가 우수함을 보고하였다. 빵 제조에 곡분 및 여러 소재를 첨가한 연구에서 Cho 등(10)은 식이섬유가 풍부한 보리가루를 이용한 빵 제조에서 보리가루를 10% 첨가한 빵이 관능적으로 양호하다고 하였으며, Hwang 등(11)과 Wang 등(12)은 밀기울의 이용도를 증가시키기 위해 열처리한 밀기울의 화학적 조성, 식이섬유 성분과 기능특성 등에 관해 보고하였다. Kim 등(13)은 미강 식이섬유가 첨가된 밀가루의 리올로지에 대해 조사하였고, Kang 등(14)과 Lee 등(15)은 빵·과자에 식이섬유 첨가는 보수력 향상과 노화 지연의 효과가 있는 것으로 보고하였다.

본 연구에서는 보리의 제분과 정백과정에서 부산물로 생산되어 식이섬유소가 풍부하게 함유되어 있는 보리등겨를 이용하여 빵을 제조하기 위한 기초연구로써 보리등겨 첨가반죽의 물리적 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 밀가루는 (주)대한제분 강력분 1급품을 사용하였으며, 보리등겨는 복안식품 영농조합법인에서 공급한 재료를 이용하였다. 이스트는 오투기사의 제품을, 식염은 (주)한주정제염, 쇼트닝은 삼립유지 제품, 탈지분유는 서울우유협동

*Corresponding author: Ung-Kyu Choi, Department of Oriental Medical Food and Nutrition, Asia University, Kyongsan 712-220, Korea

Tel: 82-53-819-8201

Fax: 82-53-819-8135

E-mail: cuk8272@hanmail.net

조합 제품을 이용하였다. 제빵에 사용한 기본 배합비는 보리등겨를 베이커 퍼센트(Baker's percent)로 밀가루 100% 기준에 대해 0%, 5%, 10% 및 15% 함량별로 첨가 실험하였다.

제빵 시험

밀가루와 보리등겨 가루는 비율대로 혼합한 후 채로 쳐서 제빵실험에 사용하였다. 제빵은 Finny 등(16)의 방법을 수정한 직접반죽법을 사용하였다. 제조공정은 호바터 믹서(Mode 200, Hobart Co., USA)를 이용하여 쇼트닝을 제외한 나머지 원료를 첨가하여 클린-업 상태까지 혼합한 후, 클린 업 된 반죽에 쇼트닝을 첨가하여 1단 속도에서 3분간 혼합한 다음 2단 속도에서 최적 상태의 반죽이 형성될 때까지 혼합하여 최종 반죽 온도가 26°C가 되도록 하였다. 1차발효는 27°C, 상대습도는 80%의 발효기(BP-40, Dae Young Co., Korea)에서 최적의 발효상태까지 실시하였으며, 1차 발효가 끝난 반죽은 180 g으로 분할하여 둥글리기 한 후 15분간 중간 발효를 시켰다. 중간발효가 끝난 후 밀대를 사용하여 가스빼기를 하고 반죽을 원통형으로 성형하여 빵 틀에 3개씩 넣고, 발효실 37°C 상대습도 85%에서 빵 틀의 1 cm 높이까지 반죽이 팽창할 때까지 2차 발효를 실시하였다. 2차 발효가 끝난 반죽은 190-200°C의 오븐(FOD-7102, Dae Young Co., Korea)에서 굽기를 실시하였다.

일반성분

일반성분은 AOAC방법(17)에 따라 수분 함량은 105°C의 상압 가열건조법, 회분은 600°C의 직접회화법, 조단백질 함량은 Micro-kjeldahl 법을 사용하고, 조지방 함량은 Soxhlet 추출법으로 측정하였다.

무기질

무기질 중 인은 중량법(17)으로 분석하였고 그 외 칼슘, 철분, 칼륨, 마그네슘, 아연 및 나트륨 등은 원자흡광분광 광도법(18)으로 정량하였다.

미세구조 분석

반죽의 미세구조는 주사전자 현미경으로 관찰하였다. 시료 반죽은 혼합 후와 2차 발효 후 구분하여 동결 건조시켜 사용하였다. 시료(40×40×30 mm)를 알루미늄 표본 지지대 위에 얹은 후 금박으로 싸우고, 주사전자현미경(KL30 ESEM, Philips, Netherlands)을 이용하여 가속전압 15 KV에서 촬영하였다.

Farinograph

AACC방법(19)에 따라 farinograph (Brabender Co., Germany)를 사용하여 분석하였다. Farinograph mixing bowl을 30±0.2°C로 유지하도록 하였으며, 시료는 수분함량 14.0% 기준으로 300 g을 사용하여, 곡선의 중심선이 500 B.U.(Brabender Unit)에 도달하도록 증류수를 가한 후 흡수율, 반죽도달시간, 반죽형성시간, 안정도 및 약화도 등을 측정하였다.

Amylograph

시료의 호화양상은 AACC방법(20)에 따라 amylograph(Brabender Co., Germany)를 사용하여 분석하였다. 시료 65 g(수분 14%기준)에 증류수 450 mL를 첨가한 후 현탁액으로 하여 사용하여 25°C부터 95°C까지 1.5°C/min로 승온시키면서 호화개시 온도, 최고점도온도 및 최고점도의 특성 값을 측정하였다. 호화개시 온도는 초기점도가 10 B.U.에 도달하는 온도로 나타났다.

Extensograph

AACC방법(21)에 따라 시료 300 g(수분 14%기준)을 farinograph 혼합기에 넣고 farinograph의 흡수율보다 2-5%의 적은 양의 증류수에 소금 2%(6 g)를 용해시킨 용액을 사용하여 1분간 혼합한 다음 5분간 방치하고 다시 반죽을 시작하여 farinograph의 500 B.U.에 곡선의 중심에 도달하도록 필요에 따라 흡수율을 조절하였다. 반죽이 끝난 다음 150 g(2개)의 반죽을 extensograph(Brabender Co., Germany) rounder에서 20번 정도 둥글리기를 하여 원통형으로 성형한 후 이를 30±2°C의 발효조에서 45, 90 및 135분 동안 발효시킨 후 각 시간 별 반죽의 신장도, 저항도 및 전체면적을 측정하였다. 신장도(E)는 시작점으로부터 끝까지의 거리(mm), 저항도(R)는 그래프의 최고 높이(B.U.)로 나타내며 이들 비율은 R/E로 나타내었다.

결과 및 고찰

일반성분 및 무기질

본 실험에 사용된 보리등겨 일반 성분은 Table 1과 같다. 보리등겨의 수분은 8.5%, 단백질은 22.4%, 조지방과 조회분은 각각 0.03%와 5.7%로 나타났다. 보리등겨의 무기질은 인이 806.0 mg%로 가장 많았으며, Mg(402.3 mg%), Ca(208.0 mg%) 및 K(174.2 mg%)의 순으로 나타났다. 총 무기질함량은 1,664.7 mg%로 밀가루의 무기질함량(164.5 mg%; data not shown)보다 10배 이상 높아 제빵시 우수한 무기질의 공급원이 될 것으로 사료된다.

반죽의 미세구조

보리등겨를 첨가한 반죽의 반죽 직후와 2차 발효 후의 미세구조를 촬영한 결과는 각각 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었다. 대조구는 Bechtel 등(22)이 밝힌 것처럼 반죽 속의 글루텐이 얇은 막을 형성하고 그 막을 중심으로 전분이나 다른 부재료들이 침투되어 있거나 분산되어 있으며, 발효가 진행됨에 따라 반죽에 가스기공이 형성되어 있음을 보여주고 있다. 또한 대조구의 경우 전분입자의 표면이 매끄럽고 깨끗한 상태이며, 이는 Parades 등(23)이 보고한 잘 형성된 밀가루 반죽과 유사한 모양이었다. 한편 보리등겨 첨가 반죽의 미세구조를 대조구와 비교한 결과 보리등겨를 5%와 10% 첨가한 경우는 큰 차이가 없으나 15% 첨가구의 경우는 gluten matrix보다 전분의 비율이 높고 분산되어 있으며 구조적으로 거칠어지는 것을 알 수 있

Table 1. Compositions of barley bran

	Moisture (%)	Ash (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Minerals (mg%)						
					K	Na	Ca	Mg	P	Zn	Fe
Barley bran	8.5	5.7	22.4	0.03	174.2	46.0	208.0	402.3	806.0	6.3	21.9

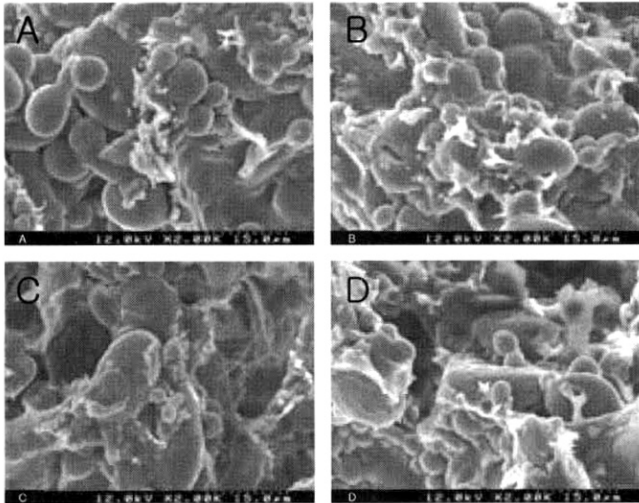


Fig. 1. Scanning electron micrograph ($\times 2,000$) of fresh mixed dough added with barley bran. (A) Fresh mixed dough of wheat flour. (B) Fresh mixed dough with 5% barley bran. (C) Fresh mixed dough with 10% barley bran. (D) Fresh mixed dough with 15% barley bran.

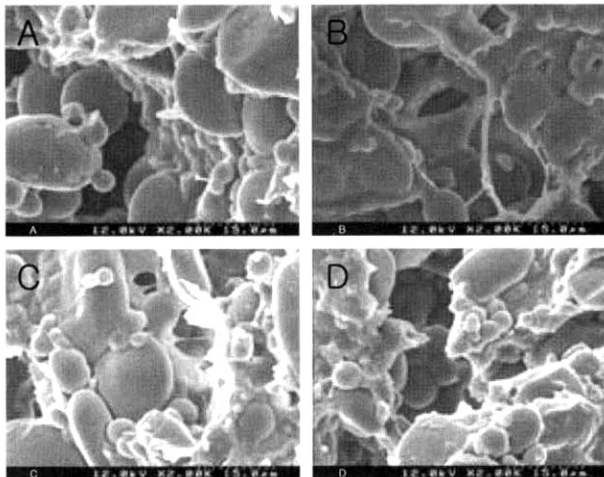


Fig. 2. Scanning electron micrograph ($\times 2,000$) of fermented dough added with barley bran. (A) Fermented dough of 100% wheat flour. (B) Fermented dough with 5% barley bran. (C) Fermented dough with 10% barley bran. (D) Fermented dough with 15% barley bran.

었다. 또한 공극의 크기도 더 커짐을 보였다. 이것은 관능검사의 texture 측정을 통해서도 알 수 있었는데, 보리등겨를 5%와 10%를 첨가한 것은 점수의 유의차가 크지 않은 반면 15%를 첨가한 것은 그 점수가 상당히 낮아지는 것을 알 수 있었다. 이 결과는 밀가루만 사용된 대조구에 비해 보리등겨의 흡수력이 떨어져 10%이상 혼합 시 보리등겨 입자가 반죽에 흡수되지 않고 그대로 잔류되기 때문인 것으로 사료된다.

Farinogram 특성

보리등겨 첨가량에 따른 farinogram 특성은 Fig. 3과 같았으며, 특성값은 Table 2와 같다. 대조구인 밀가루의 흡수율은 63.5%이었으나 보리등겨를 5%와 10%를 첨가한 경우의 흡수율은 각각 65.5%와 66.6%였고 15%를 첨가하였을 때는 68.5%로 보리등겨의 첨가비율이 증가할수록 흡수율이 증가하는 경향을 보

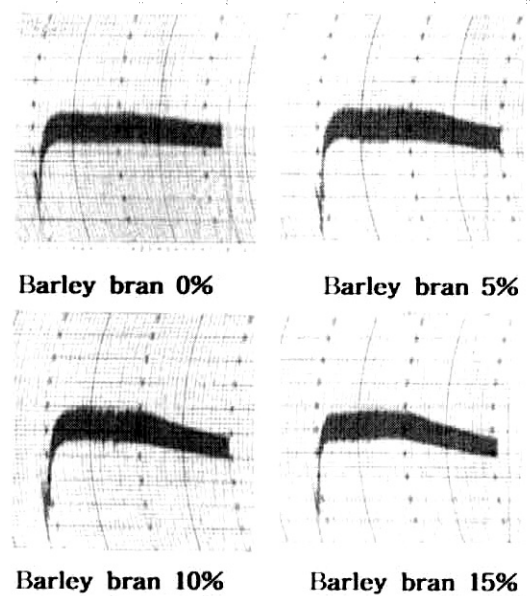


Fig. 3. Farinograms of wheat flour added with various levels of barley bran.

Table 2. Farinogram characteristics of wheat flour added with various levels of barley bran

	The content of barley bran (%)			
	0	5	10	15
Water absorption (%)	63.5	65.5	66.6	68.5
Arrival time (min)	2.0	2.0	2.0	2.0
Development time (min)	10	7.5	6	5
Stability (min)	20	19	16	14
Weakness (B.U.)	20	40	60	60

였다. 밀가루의 흡수율은 제과, 제빵 등의 생산에 있어서 중요한 인자로서 흡수율이 높은 경우에는 생산량이 증가되므로 높은 흡수율을 가지는 것은 바람직하며 밀가루의 흡수율은 farinograph에 의해 결정된다. 밀가루의 흡수율은 여러 인자에 의하여 영향을 받으며 주로 단백질 함량, 손상전분 등에 영향을 받게 된다. 또한 보리가루, 분리대두단백, whey protein(24,25) 등과 식이섬유가 함유된 곡분을 첨가하면 흡수율이 증가한 다는 보고(26,27)와 일치함을 알 수 있었다. 본 실험에 첨가된 보리등겨는 보수력이 높은 인자로서 흡수율에 미치는 영향이 크게 됨으로써, 보리등겨 첨가량이 증가함에 따라 흡수율이 높아지게 된 것으로 사료된다.

반죽의 수화 속도를 나타내는 반죽도달 시간은 대조구와 모든 보리등겨 첨가구에서 동일한 값(2.0분)을 나타내었다. 반죽 형성 시간은 대조구의 경우 10분이었으나 보리등겨를 5% 첨가하였을 때는 7.5분, 10% 첨가하였을 때는 6분, 15% 첨가하였을 때는 5분으로 점차적으로 짧아지는 경향을 나타내었다. 안정도는 대조구가 20분, 보리등겨를 5%, 10% 및 15% 첨가하는 각각 19분, 16분, 14분으로 보리등겨를 첨가함에 따라 안정도의 시간이 짧아지는 경향을 보였다.

밀가루 반죽은 혼합과정 중 글루텐 발달로 점성과 탄성이 생기면서 반죽이 안정을 갖게 된다. 안정도는 밀가루 반죽에 대한 저항도를 가리키는 지표가 되며(28), Lindborg 등(29)은 반죽의 힘이 강하면 높은 안정도를 갖고 힘이 약하면 낮은 안정도를 가지면서 제빵성이 떨어져 빵의 부피가 감소한다고 보고

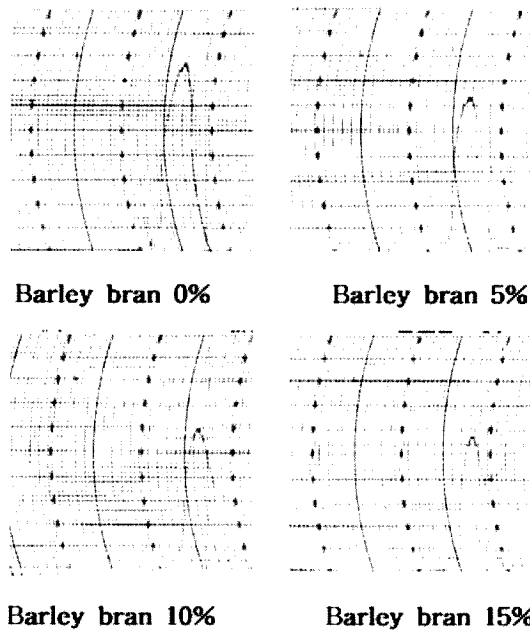


Fig. 4. Amylograms of wheat flour added with various levels of barley bran.

Table 3. Amylogram characteristics of wheat flour added with various levels of barley bran

	The content of barley bran (%)			
	0	5	10	15
Starting temperature (°C)	25.0	25.0	25.0	25.0
Gelatinization temperature (°C)	59.5	59.5	59.5	59.5
Temperature at max. viscosity (°C)	90.0	90.0	90.0	90.0
Max. viscosity (°C)	780	630	590	570

한 바 있다. 이러한 결과는 김 등(30)의 밀과 쌀보리 복합분이 밀가루의 흡수율을 증가시키고 반죽의 안정성을 감소시킨다는 보고와 유사하였다.

약화도의 경우 대조구가 20 B.U.였고, 보리등겨 5%첨가구의 경우 40 B.U.였으며, 10%와 15% 첨가시에는 60 B.U.로서 보리등겨가 첨가됨에 따라 약화도가 커지는 경향을 보였다. 이는 보리등겨의 첨가량이 증가할수록 약화도가 커져 글루텐 구조력이 저하되는 것으로 나타났다. 보리등겨 10%이상 첨가된 반죽은 안정도 및 반죽 저항도가 매우 약해져서 쉽게 과반죽 상태가 됨을 알 수 있었다. 제빵시 이러한 문제점을 보완하기 위해서는 mixing time, 발효시간 조절과 vital gluten 및 반죽 강화제 등을 사용하여(31) 이와 같은 단점을 보완 할 수 있다고 여겨진다.

Amylogram 특성

반죽시 보리등겨 첨가량을 달리한 amylogram 특성은 Fig. 4와 같으며, 여기서 전분화해액의 점도, α -amylase의 활성도를 조사하기 위해 측정 개시온도, 호화 개시온도, 최고 점도온도 및 최고 점도를 조사한 값은 Table 3과 같다.

보리등겨 첨가시 호화개시온도 및 최고점도온도는 모든 시험구에서 각각 59.5°C와 90°C로 나타나 보리등겨의 첨가에 따른 차이를 보이지 않았다. 최고점도는 보리등겨의 첨가량이 증가함에 따라 780 B.U.에서 570 B.U.로 감소하였다. 최고점도는 제빵과정 중 α -amylase의 효과를 예측하는 지표로 사용되는데

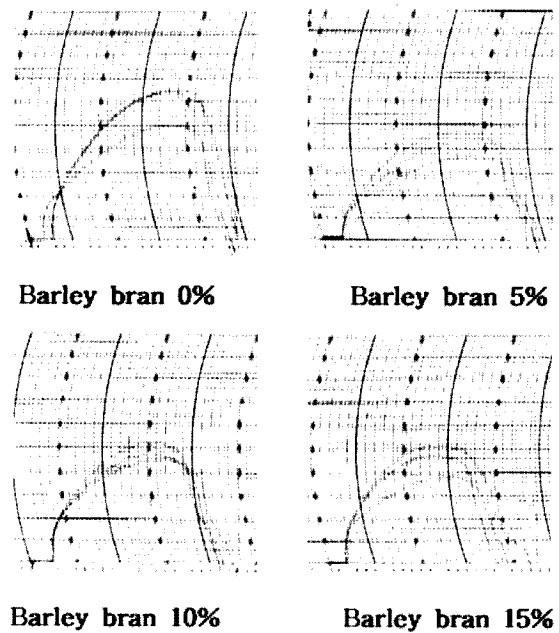


Fig. 5. Extensograms of dough added with various levels of barley bran.

Table 4. Extensogram characteristics of dough added with barley bran after 45, 90 and 135 min rest time

	Rest time (min)	The content of barley bran (%)			
		0	5	10	15
Water absorption (%)		59.5	61.5	62.8	63.3
Extension (mm)	45	205	220	200	170
	90	200	220	190	160
	135	200	230	185	150
Resistance to extension (B.U.)	45	500	360	450	380
	90	620	440	480	480
	135	640	470	520	510
Area under curve (cm ²)	45	140	122	115	88
	90	190	125	118	105
	135	200	130	124	120

최고점도 값이 높아지면 α -amylase 활성도가 낮고, 최고점도 값이 낮아지면 α -amylase 활성도가 높으며, amylogram 상에서 최고점도(max, viscosity)가 400-600 B.U. 일 때 제빵성이 좋은 것으로 알려져 있다(32).

Extensogram 특성

보리등겨 첨가량에 따른 extensogram은 Fig. 5와 같고 그 특성값에 대한 변화는 Table 4와 같다. 대조구의 저항도는 45분에 500 B.U.에서 135분 경과 후 640 B.U.로 그 값이 시간이 경과함에 따라 증가하였다. 신장도의 값은 처음 45분 205 mm, 135분 경과 후는 200 mm로 약간 짧아졌으며, R/E (resistance/ extensibility)비는 45분에서 135분까지 시간의 경과에 따라 2.4-3.1로 변화하였다. 대조구인 밀가루 반죽은 저항도와 신장도가 균형을 이루어 가스 보유력이 좋고 제빵성이 적당함을 제시하는 전형적인 강력분의 모양을 하였다.

보리등겨 첨가량에 따른 저항도와 신장도를 확인한 결과 저항도는 첨가비율에 따라 상관없이 증가하였으나 신장도는 10%

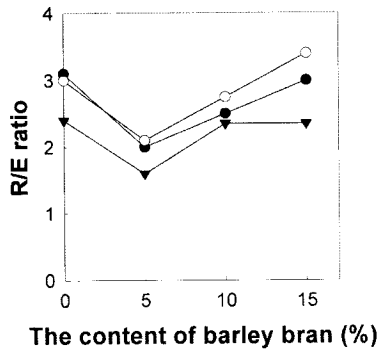


Fig. 6. Effect of barley bran concentration on R/E (resistance/extension) ratio of dough.

▼: 45 min, ●: 90 min, ○: 135 min.

와 15%에서 감소하였으며, resistance/extensibility(R/E)비는 감소 후 증가하였다(Fig. 6). 보리등겨 5% 첨가구의 신장도는 대조구와 큰 차이를 보이지 않았으나 첨가비율이 높아질수록 대조구에 비해 떨어짐을 알 수 있었다.

45분 후 대조구와 보리등겨 15% 첨가구를 각각 첨가하였을 때를 비교하면, 신장도는 205 mm에서 170 mm로, 신장저항도는 500 B.U.에서 380 B.U.로, 반죽의 힘을 내포하고 있는 전체면적은 140 cm²에서 88 cm²로 변화되었다. 135분 후, 0%와 15%를 첨가하였을 경우에도 신장도는 210 mm에서 150 mm로 감소하였고, 신장저항도 역시 640 B.U.에서 510 B.U.로 전체면적은 200 cm²에서 120 cm²로 보리등겨의 첨가량이 증가함에 따라 감소하는 결과를 보였다. 따라서 보리등겨를 첨가하는 경우는 반죽의 가스보유력과 발효내구력이 밀가루만 사용할 경우 보다 저하됨을 확인할 수 있었다.

신장도와 신장저항도 값의 비율인 R/E값의 변화는 보리등겨 0%와 15% 첨가의 경우 45분 후에는 2.43에서 2.23으로 조금 감소하였으나, 135분 후에는 3.04에서 3.40으로 조금 증가하였다. 하지만 R/E값의 비율 변화는 크지 않았다. R/E는 그 값이 적을수록 박력분의 경향이 있으며(33), R값이 큰 경우, 특히 45분, 90분, 135분으로 시간이 지날수록 R의 값이 증가하는 것은 제빵공정에서 반죽이 쉽고 좋은 빵이 된다. 또한 신장도가 크고 신장저항도가 낮은 것은 약한 반죽의 특성을 나타내며 가스보유력도 낮다.

따라서 보리등겨의 첨가량이 증가함에 따라 신장도가 감소하여, 신장성과 탄력성이 떨어져 반죽이 약하고 가스보유력이 낮아 제빵적성을 저하시킴을 확인할 수 있었으며, 보리등겨를 첨가한 빵 제조 시에는 이를 보완 할 수 있도록 제조공정 개선, 적절한 배합비의 조절과 함께 첨가제인 반죽 강화제 등을 이용함으로써 제빵성을 향상시켜야 할 것으로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 무기질과 식이섬유의 함량이 풍부한 보리등겨를 제빵에 활용하기 위한 기초연구로서 보리등겨 첨가 빵의 이화학적 특성을 확인하였다. Farinogram 분석결과, 보리등겨 첨가비율이 증가할수록 흡수율이 증가하였다. 반죽의 안정도는 보리등겨가 많이 첨가 될수록 감소되었고, 반죽 약화도 역시 첨가 비율이 증가할수록 더 커져서 글루텐 조직이 약화됨을 보여 주었다. Amylogram에서는 5% 첨가구까지는 큰 유의차를 보이지 않았으나, 보리등겨의 첨가량이 증가할수록 최고점도는

감소하였다. Extensogram에서는 보리등겨 첨가량이 5%인 실험구까지는 그 유의차가 크지 않았으나, 15%까지 첨가량이 증가함에 따라 신장도가 감소하여 신장성과 탄력성이 떨어져 반죽이 약하고 가스보유력이 나빠 제빵 적성을 감소시키는 것으로 나타났다. 보리등겨 첨가 반죽의 반죽 직후와 2차 발효 후로 나누어 미세구조를 관찰하였을 때 보리등겨의 함량이 높아갈수록 그 구조가 거칠어짐을 확인할 수 있었다.

문 헌

1. Lee YT. Dietary fiber composition and viscosity of extracts from domestic barley, wheat, oat, and rye. *Korean J. Food Nutr.* 14: 233-238 (2001)
2. Oh HJ, Lee SR. Physiological function in vitro of β -glucan isolated from barley. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 689-695 (1996)
3. Lupton JR, Robinson MC. Barley bran flour accelerates gastrointestinal transit time. *J. Am. Diet Assoc.* 93: 881-885 (1993)
4. Anderson JW, Tietzen-Clark J. Dietary fiber-hyperlipidemia, hypertension and coronary heart disease. *Am. J. Gastroenterol.* 10: 907-911 (1986)
5. Barnes DS, Clapp NK, Scott DA, Oberst DL, Barry SG. Effects of wheat, rice, corn and soybran on 1,2-dimethyl-hydrazone induced large bowel tumorigenesis in F344 rats. *Nutr. Cancer.* 5: 1-6 (1983)
6. Lupton JR, Robinson MC, Morin JL. Cholesterol lowering effect of barley bran flour and oil. *J. Am. Diet Assoc.* 94: 65-70 (1994)
7. Newman RK, Klopfenstein CF, Newman CW, Guritno N, Hofer PJ. Comparison of the cholesterol-lowering properties of whole barley, oat bran and wheat red dog in chicks and rats. *Cereal Chem.* 69: 240-244 (1992)
8. Sidwell VD, Hammerle OA. Changes in physical and characteristics of doughs and bread containing various amounts fish protein concentrate and lysine. *Cereal Chem.* 47: 739-745 (1970)
9. Stillings BR, Sidwell VD, Hammerle OA. Nutritive quality of wheat flour and bread supplemented with either fish protein concentrate or lysine. *Cereal Chem.* 48: 292-301 (1971)
10. Cho MK, Lee WJ. Preparation of high-fiber bread with barley flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 702-706 (1996)
11. Hwang JK, Kim JT, Cho SJ, Kim CJ. Characteristics of water soluble fraction of wheat bran treated with various thermal processes. *Korean J. Food Sci. Technol.* 27: 934-938 (1995)
12. Wang WM, Klop CF, Ponte JG. Effects of twin-screw extrusion on the physical properties of dietary fiber and other components of whole wheat bran and on the baking quality of the wheat bran. *Cereal Chem.* 70: 707-711 (1993)
13. Kim YS, Ha TY, Lee SH, Lee HY. Effect of rice bran dietary fiber on flour rheology and quality of wet noodles. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 90-95 (1997)
14. Kang KC, Baek SB, Rhee KS. Effect of the addition of dietary fiber on staling of cakes. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22: 19-25 (1990)
15. Lee YH, Moon TW. Composition, water-holding capacity and effect on starch retrogradation of rice bran dietary fiber. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 288-294 (1994)
16. Finny KF. An optimized straight dough bread making method after 44 years. *Cereal Chem.* 61: 20-26 (1984)
17. AOAC. Official method of analysis, 15th ed. Association of official analytical chemists. Washington, DC, USA (1990)
18. Perkin-Elmer Corporation. Analytical methods for atomic absorption spectroscopy. Perkin-Elmer Corp. Norwalk, Conn. (1968)
19. AACC. Approved Method of the AACC. 8th ed. Method 54-21. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA (1985)
20. AACC. Approved Method of the AACC. 8th ed. Method 22-10. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA (1985)

21. AACC. Approved Method of the AACC. 8th ed. Method 54-10. American Association of Cereal Chemists, St. Paul. MN, USA (1985)
22. Bechtel D, Pomeranz BY, de Francisco A. Breadmaking studied by light and transmission electron microscopy. *Cereal Chem.* 55: 392-401 (1978)
23. Parades-Lopes O, Bushuk W. Development and undevelopment of wheat dough by mixing microscopic structure and its relations to bread-making quality. *Cereal Chem.* 60: 24-27 (1982)
24. Thomson LU, Baker LM. Influence of succinylated whey protein concentrate on farinograph characteristics and bread quality. *Cereal Chem.* 60: 71-73 (1982)
25. Bae SH, Rhee C. Effect of soybean protein isolate on the baking qualities of bread. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 1295-1300 (1998)
26. Chung JY, Kim CS. Development of buckwheat bread-2. Effects of vital wheat gluten and water soluble gums on baking and sensory properties. *Korean J. Soc. Food Sci.* 14: 168-176 (1998)
27. Knuckles BE, Hudson CA, Chiu MM, Sayre RN. Effector β -glucan barley fraction in high-fiber bread and pasta. *Cereal Food World* 42: 94-99 (1997)
28. Macritchie F. Conversion of weak flour to strong one by increasing of its high molecular weight gluten protein. *J. Sci. Food Agric.* 24: 1325-1329 (1973)
29. Lindborg KM, Tragardh C, Eliasson AC, Dejmeck P. Time resolved shear viscosity of wheat flour doughs- Effect of mixing, shear rate and resting on the viscosity of doughs of different flours. *Cereal Chem.* 74: 49-55 (1997)
30. Kim SK, Cheigh HS, Kwon TW, D'Appolonia BL, Marston PE. Rheological and baking studies of composite flour wheat and naked barley. *Korean J. Food Sci. Technol.* 10: 247-251 (1978)
31. Zelch R. Baking Bread Lecture. Whole wheat and wheat bread. American Institute of Baking, pp. 3101-3105 (1990)
32. Bennett RE. Baking science laboratory, the amylograph. American Institute of Baking, pp. 3106-3109 (1990)
33. Yook HS, Kim YH, Ahn HJ, Kim DH, Kim JO, Byun MW. Rheological properties of wheat flour dough and qualities of bread prepared with dietary fiber purified from ascidian (*Halicynthia roretzi*) tunic. *Korean J. Food Sci. Tech.* 32: 387-395 (2000)

(2005년 3월 29일 접수; 2005년 9월 20일 채택)