

밀기울 첨가 반죽의 물리적 특성

김 영 호

대전대학 호텔제과제빵과

Rheological Properties of Dough Added with Wheat Bran

Young-Ho Kim

Dept. of Baking Technology, Hyejeon College, Hongsung 350-800, Korea

Abstract

The rheological properties of wheat flour dough were investigated in the dough added with 0, 10, 15, 20, 25 and 30% of wheat bran. The ratios of ash contents in wheat flour and wheat bran were 0.43% and 5.28%, respectively. The ratios of fiber contents in wheat flour and wheat bran were 0.18% and 11.86%, respectively. The farinograph water absorption was increased as the amount of wheat bran was increased. Both arrival time and development time of the dough added with wheat bran were longer than those of wheat flour. As the amount of wheat bran was increased, the weakness was increased. The extensograph showed that extensibility and resistance to extension of dough were decreased, while the ratio of resistance to extensibility(R/E) was increased with increasing the amount of wheat bran. The maximum viscosity by amylograph was decreased gradually with the adding amount of wheat bran, while the gelatinization temperature was slightly increased with wheat bran.

Key words: dough, wheat bran, wheat flour, rheological properties

서 론

오늘날 우리의 식생활 형태는 서구화하여 편리한 식생활 패턴으로 변모되면서 빵의 소비가 증가하고 있다. 또한 최근에는 빵의 소비문화에도 많은 변화가 일어나고 있다. 빵은 주원료로 밀가루를 사용하고 있는데 그 원료는 소맥이다.

소맥은 약 83%의 배유부(endosperm), 15%의 겨(bran) 그리고 2%의 배아(germ)로 구성되어 있다. 배유부는 주로 전분 및 단백질로 구성되어 있고 배아는 지방 및 vitamin E가 다량 함유되어 있다(1). 여기서 외과피(epidermis)와 종피(seed coat)가 주성분으로 구성된 밀기울(wheat bran)은 밀의 제분시 부산물로 얻어지며, 호분층(aleurone layer)이 혼입되어 있다(2). 밀기울은 cellulose, hemicellulose, pentosan 등과 같은 고분자 점성 물질이 많으며 소화 흡수율이 낮아 저칼로리 다이어트 식품으로 효과가 있다(3,4). 또한 밀기울은 약 40~50% 식이섬유 성분이 함유된 천연식품 소재로 알려져 있다(5).

식이섬유는 기능성에 따라 불용성 식이섬유와 수용성 식이섬유로 구분된다. Cellulose, hemicellulose의 일

부와 lignin 등은 불용성 식이섬유로서 수분 흡수력이 강하여 음식을 증가시켜 포만감을 주며 장에서 이동 시간을 감소시켜 변비를 해소한다. 한편 hemicellulose, pectin, gum 등은 수용성 식이섬유로 분류되는데 위의 내용물을 3차원 구조의 겔로 형성하여 점도를 높여, 위와 소장에서 영양소의 흡수를 느리게 하고 혈당의 콜레스테롤 함량을 저하시킨다(6,7).

밀기울의 식이섬유는 대부분 불용성 성분으로 구성되어 있기 때문에 밀기울은 수용성을 필요하지 않는 제빵, 제과의 식이섬유 제품에 이용 가치가 있다(8). 그러나 밀기울은 가공을 통한 용도의 개발이 이루어지지 않고 밀 제분 공장에서 부산물로 배출됨과 동시에 대부분의 양이 사료로 이용되고 있어 이를 식이섬유 식품소재로 활용할 필요성이 있다.

식이섬유 식품소재를 이용한 연구에서, 조와 이(9)는 식이섬유가 풍부한 보리가루를 이용한 빵 제조에서 보리가루 10% 첨가한 빵이 관능적으로 양호하다고 하였고, 황 등(10)과 Wang 등(11)은 밀기울의 이용도를 증가시키기 위해 열처리한 밀기울이 화학적 조성, 식이섬유 성분, 기능 특성 등에 미치는 영향에 관해 보고하였다. 또한 김 등(12)은 미강 식이섬유가 밀가루의 리올로지

에 미치는 영향에 대해 조사하였고, 강 등(13), 이와 문(14)은 빵·과자에 식이섬유 첨가는 보수력, 노화지연의 효과가 있는 것으로 보고하였다.

제빵의 물리적 특성에 관한 연구에서는, 김 등(15)은 한국산 밀의 mixograph 특성과 제빵 적성과의 관계에 관해, 이(16)는 한국산 밀 품종 “조광”의 물리적 성질과 전밀빵 제조에 관해 보고하였다. 또한 권(17)은 쌀가루와 기타 곡분을 이용한 물성변화에 관해, 김 등(18)은 전립분(whole wheat flour)첨가량과 입도 차이에 따른 반죽의 리올로지의 변화에 대해 보고하였고, 김 등(19)은 밀, 쌀보리 혼합분의 물리적 성질을 조사하였다. 이와 같이 곡분을 이용한 제빵적성과 물리적 성질에 대한 보고는 다소 있으나, 밀기울을 첨가한 제품의 제빵성에 대해서는 아직 체계적인 연구가 없는 실정이다.

제빵에서 밀가루 반죽의 성질 및 반죽의 가공 조작성은 최종 제품의 품질에 큰 영향을 주게 된다. 또한 반죽의 성질은 단백질, 전분, 기타 지방질 및 무기질 등의 함량과 효소 등이 관계되므로 화학적인 분석만으로는 가공적성을 완전히 파악하기 곤란하다(20). 그러므로 반죽의 흡수율 및 반죽 특성, 반죽에 내부 에너지의 시간적 변화를 측정하여 2차 가공적성을 조사하여야 한다. 즉 발효에 의한 반죽의 성질, 전분 분해 효소작용 등에 대해 farinograph, extensograph, amylograph 측정으로 밀기울 첨가 반죽의 물리적 성질변화에 따른 가공적성에 대한 특성을 조사할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는, 식이섬유가 풍부한 밀기울을 이용하여 우수한 밀기울 첨가빵의 제조 조건을 규명하기 위하여, 첨가되는 밀기울의 함량에 따른 반죽의 물성 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

재료

밀기울(wheat bran)은 미국산 Dark Northern Spring(DNS)밀을 대한제분(주)에서 제분하는 과정에 나오는 순수 밀기울을 채취하여 사용하였다. 밀기울은 생산된 그대로의 flake상태인 거친입자(coarse wheat bran, 약 10mesh)를 사용하였다.

반죽의 조성

밀기울 첨가 반죽의 물리적 특성을 조사하기 위해서 밀기울 첨가량은 밀가루 100% 기준으로 하여 밀기울을 0, 10, 15, 20, 25 및 30%로 각각 다르게 첨가하였다.

일반성분 분석

수분은 수분측정기(moisture determination balance,

model 6010, Ohaus Co., USA)를 사용하여 측정하였으며, 회분은 AACC법(21)에 준해 직접회화법으로 측정하였다. 조단백질은 AACC법(22)에 준해 Kjeldahl법으로 질소를 정량하고 시료의 질소 함량에 질소계수 5.7을 곱하여 단백질 함량을 나타내었다. 조섬유와 조지방은 AACC법(23,24)에 의해 측정하였다.

Farinograph 분석

AACC방법(25)에 따라 farinograph mixing bowl을 $30 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 로 유지하였다. 공시료는 수분 함량 14.0% 기준으로 300g을 사용하여 curve의 중심선이 500B.U. (Brabender units)에 도달하도록 물을 첨가하였다. 그리고 흡수율(water absorption), 반죽도달시간(arrival time), 반죽형성시간(development time), 안정도(stability) 및 약화도(weakness) 등을 조사하였다. Farinograph에서는 반죽의 그래프가 500B.U.에 도달하는 시간(분)을 반죽도달시간(arrival time)으로 하며 이는 밀가루가 물을 흡수하는 초기단계이다. 반죽의 굳기가 최고 점도에 도달할 때까지의 시간을 반죽형성(development time)이라 하며, 또한 반죽의 경도가 500B.U.를 유지하는 시간을 안정도(stability)로 표시한다. 약화도(weakness)는 반죽형성시간 후부터 시작하여 12분 후의 curve 중심의 하강정도를 500B.U.선으로부터 거리(B.U.)로 표시하였다.

Extensograph 분석

AACC방법(26)에 따라 시료 300g(수분 14%기준)에 6g의 식염을 가하고 farinograph 혼합기를 사용하여 1분간 혼합한 다음 5분간 방치하였다. 그후 다시 반죽을 시작하여 farinograph의 500B.U.에 curve의 중심이 도달되게 한 다음, 150g의 반죽을 extensograph(Brabender사, 독일) rounder에서 둥글리기를 하여 원통형으로 성형하였다. 그리고 $30 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 의 발효조에서 45분, 90분, 135분 발효시킨 후 각 시간마다 반죽의 신장도(extensibility), 신장저항도(resistance to extension), R/E 비율을 측정하였다. 신장도(E)는 시작점으로부터 끝까지의 거리, 신장저항도(R)는 curve의 최고 높이로서 나타내며, 이들 비율은 R/E로 표시하였다.

Amylograph 분석

시료의 호화양상은 AACC법(27)에 따라 amylograph (Brabender사, Amylograph, Germany)를 사용하여 측정 개시온도(starting temperature), 호화 개시온도(ge-latinization temperature), 최고 점도온도(temperature

at max. viscosity) 및 최고 점도(max. viscosity)의 특 성치를 측정하였다. 시료의 양은 65g(수분 14%기준)에 증류수 450ml를 첨가한 후 현탁액으로 하여 사용하였 으며 측정 개시온도는 25°C부터 시작하였다.

결과 및 고찰

밀가루와 밀기울의 일반성분

본 실험에 사용한 밀가루(강력분 1급) 및 밀기울의 일반성분은 Table 1과 같다. 회분의 함량은 밀가루에서 0.43%, 밀기울에서 5.28%로 밀가루보다 밀기울에서 약 12배 가량 높게 나타났으며 이것은 일반적으로 알려진 (28) 밀기울의 회분 함량과 일치하였다. 섬유소의 함량 은 밀가루에서 0.18% 밀기울에서 11.86%로 밀가루보 다 밀기울에서 약 65배 가량 높게 나타났다. 단백질 함 량은 밀가루에서 12.49%, 밀기울에서 16.16%였다. 지 방 함량은 밀가루에서 1.12%, 밀기울에서 4.42%로 밀가 루보다 밀기울에서 높았다. 밀가루의 회분은 주로 겨 부위에서 유래되기 때문에 밀기울에서 함량이 높게 나 타났으며 섬유소 역시 겨 부위에 다량 함유되어 있다.

Farinogram 특성

밀가루에 밀기울의 첨가량을 0, 10, 15, 20, 25 및 30% 로 각각 첨가하였을 때의 farinogram은 Fig. 1과 같았 으며 farinogram의 특성값에 대한 변화는 Fig. 2와 같 았다.

흡수율(water absorption)은 Fig. 2(A)에서와 같이, 100% 밀가루에서 66.2%로 나타났다. 30% 밀기울을 첨 가한 반죽은 71.5%로 증가하여 100% 밀가루보다 흡수 율이 매우 높아졌다. 밀가루의 흡수율은 제빵, 제과 등 의 생산에 있어서 중요한 인자이다. 흡수율이 높은 경 우에는 생산량이 증가되므로 높은 흡수율을 가지는 것 은 바람직하며 밀가루의 흡수율은 일반적으로 farino graph에 의하여 결정된다. 밀가루의 흡수율은 여러 인 자에 의하여 영향을 받으며 주로 단백질 함량, 손상전분 (damage starch) 등에 영향을 받는다(29). 본 실험에서 첨가된 밀기울은 보수력이 높은 인자로서 흡수율에 미 치는 영향이 크게 됨으로써, 밀기울 첨가량이 증가함에 따라 흡수율이 높아지게 된 것이다.

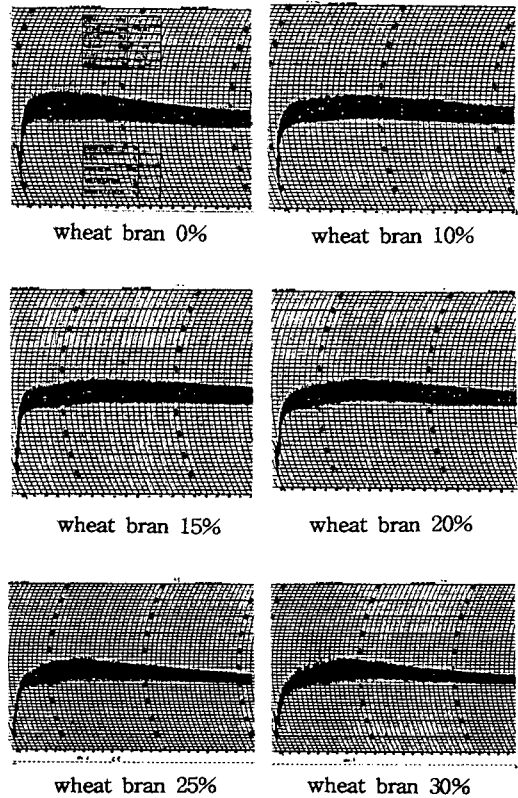


Fig. 1. Farinograms of wheat flour at the various levels of 0, 10, 15, 20, 25 and 30% of wheat bran.

반죽도달시간(arrival time)은 Fig. 2(B)에서와 같이 30% 밀기울에서는 5.0분으로 100% 밀가루의 1.5분에 비하여 시간이 많이 연장되었다. 반죽도달시간은 반죽 이 형성되는 초기단계로서 물이 흡수되는 시간에 관계 된다. 밀기울은 외과피와 종피가 주성분으로 구성이 되 어 있어(2) 흡수속도는 밀가루보다 늦다. 따라서 밀기 울 첨가로 인해 반죽의 흡수속도가 늦어지기 때문에 시 간이 길어지는 것으로 나타났다.

반죽형성시간(development time)은 Fig. 2(C)에서 와 같이, 100% 밀가루에서 3.5분, 30% 밀기울에서는 8 분으로 상당히 길어졌다. 이는 반죽도달시간에서와 같 이 밀기울 첨가로 인해 흡수 속도가 늦고 또한 밀가루 반죽의 글루텐 형성을 방해하기 때문에 시간이 길어지 는 것으로 나타났다. 안정도(stability)의 경우도 Fig. 2

Table 1. Compositions of wheat flour and wheat bran

Sample	Moisture	Carbohydrate	Ash	Crude protein	Crude fiber	Crude fat
Wheat flour	14.0	71.78	0.43	12.49	0.18	1.12
Wheat bran	13.2	49.08	5.28	16.16	11.86	4.42

(%)

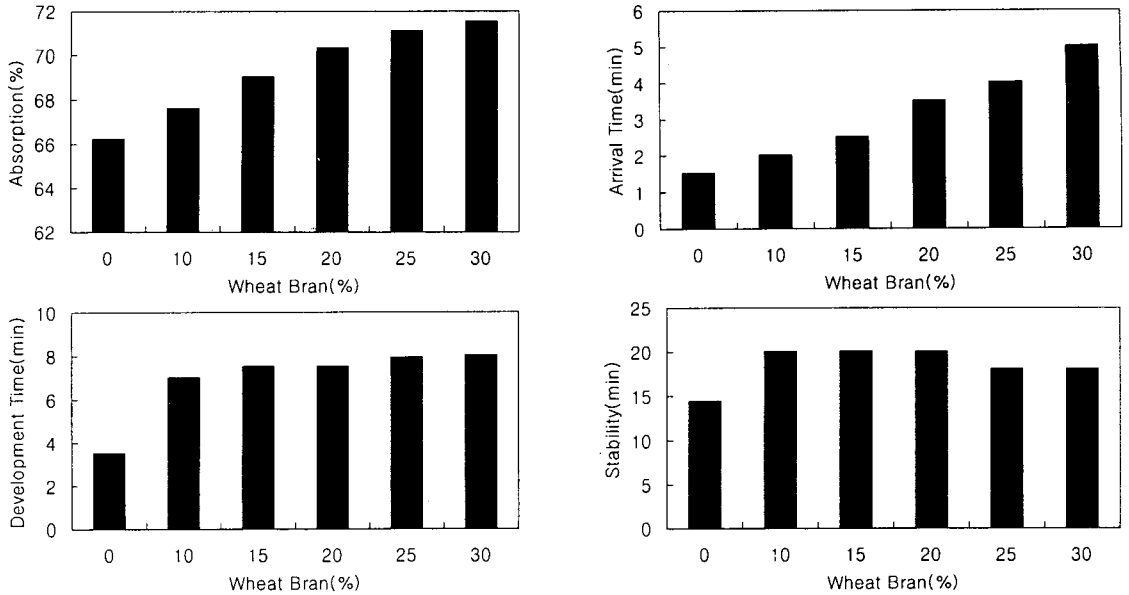


Fig. 2. Changes of water absorption(A), arrival time (B), development time(C) and stability(D) value at the various levels of wheat bran.

(D)에서와 같이, 밀기울 첨가에 따라 길어졌다. 밀가루 반죽은 혼합과정 중 글루텐 발달로 점성과 탄성이 생기면서 반죽이 안정을 갖게 된다. 밀기울 첨가에 따라 안정도가 길어진 것은 밀가루만의 경우에서 보여지는 글루텐 발달에 의한 것 보다는 밀기울과 밀가루의 수화 속도 차이로 보여진다. 밀기울은 밀가루에 비해 흡수속도가 늦기 때문에 혼합의 후반과정에서 수분 흡수가 진행되어 반죽의 경도가 높아져 안정도가 길어졌다. 이 결과는 김 등(18)의 전립분 첨가반죽에서 밀가루 외의 흡수율에 영향을 미치는 다른 인자를 첨가하였을 때의 보고와 같은 경향을 보였다.

약화도(weakness)는 100% 밀가루에서 20B.U.였다 (Fig. 1). 밀기울 30%에서는 45B.U.로 밀기울 첨가량이 증가할수록 약화도가 커져 글루텐 구조력이 저하되는 것으로 나타났다. 이는 밀기울의 겨(bran)가 반죽시 gluten 형성에 방해인자로 작용하여 gluten 발달을 약화시켜 주기 때문이다(30). 제빵시 이러한 문제점을 보완하기 위해서는 mixing time, 발효시간 조절과 vital gluten 및 반죽 강화제(dough strengthener) 등을 사용하여(31) 이와 같은 단점을 보완할 수 있다고 여겨진다.

Extensogram 특성

밀가루에 밀기울을 0~30%까지 그 함량을 각각 달리하여 첨가하였을 때 extensogram은 Fig. 3과 같았다. Extensogram 특성값에 대한 변화는 Fig. 4와 같다.

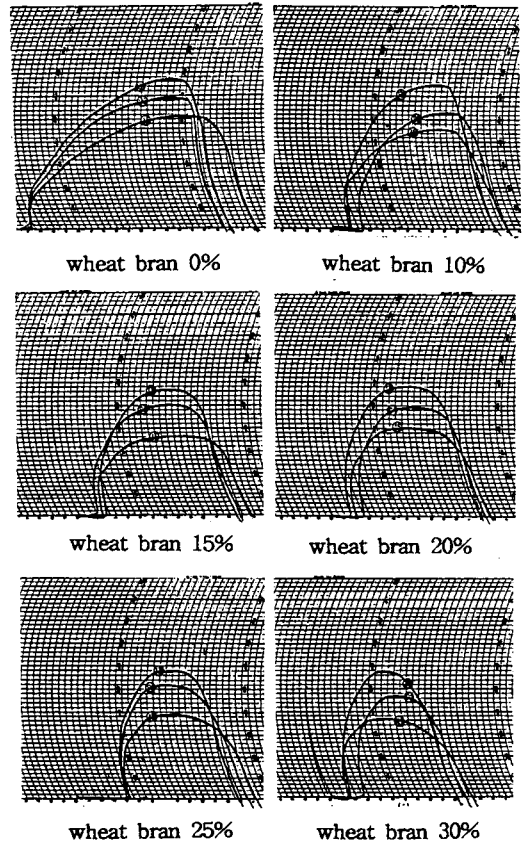


Fig. 3. Extensograms of wheat flour at the various levels of 0, 10, 15, 20, 25 and 30% of wheat bran.

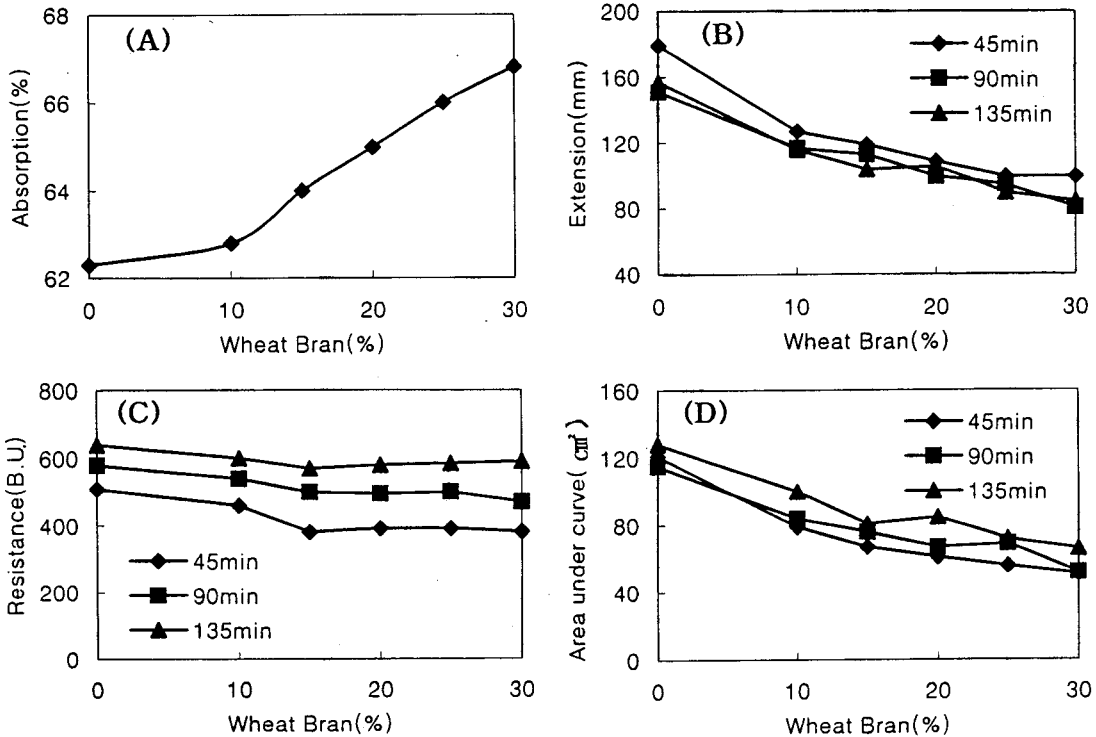


Fig. 4. Changes of water absorption(A), extension(B), resistance(C) and area under curve(D) value at the various levels of wheat bran.

발효 경과시간 45분과 135분을 비교하여 볼 때, 저항도(Fig. 4(C))는 발효시간 경과에 따라 증가하였으나 신장도(Fig. 4(B))는 감소하였으며 이에 따라 resistance/ extensibility(R/E)비(Fig. 5)는 증가하였다. 이러한 결과는 밀가루 반죽은 발효에 의하여 탄성과 점성이 증가되며 신장도는 감소한다는 Hosoney 등(32)의 보고와 일치하였다.

45분후 밀기울 0%와 30% 첨가하였을 때를 비교하면, 신장도는 179mm에서 100mm로(Fig. 4(B)), 신장 저항도는 510B.U.에서 380B.U.로(Fig. 4(C)), 전체면적은 121cm²에서 51cm²로 변화되었다(Fig. 4(D)). 한편 135분 후 밀기울 0%와 30% 첨가하였을 경우에도, 신장도는 157mm에서 85mm로, 신장 저항도는 640B.U.에서 580 B.U.로, 전체 면적은 128cm²에서 66cm²로, 밀기울 첨가량이 증가함에 따라 감소하는 결과를 보였다. 따라서 밀기울을 첨가하는 경우는 반죽의 가스 보유력과 발효 내구력이 밀가루만 사용할 경우보다는 저하되는 반죽 물성을 보였다.

한편, 신장도와 저항도값의 비율인 R/E값의 변화는 Fig. 5와 같다. R/E비 값은 밀기울의 첨가 비율이 높을수록 증가하였다. R/E는 그 값이 적을수록 박력인 경향

이 있다. R값이 큰 경우, 특히 45분, 90분, 135분으로 시간이 지날수록 R의 증가가 현저한 것은 제빵공정에서 반죽이 쉽고 좋은 빵이 된다. 또한 신장도가 크고 신장 저항도가 낮은 것은 약한 반죽의 특성을 나타내며

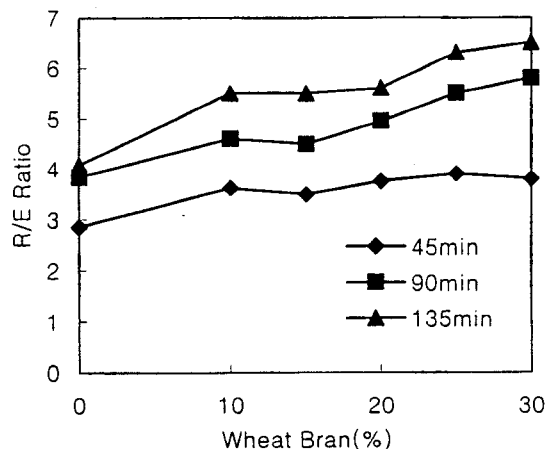


Fig. 5. Change of R/E value at various added levels of 0, 10, 15, 20, 25 and 30% of wheat bran.

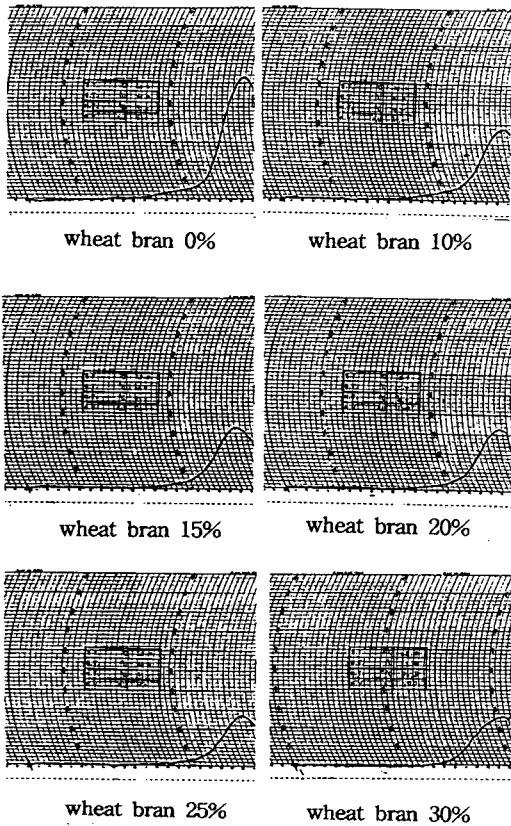


Fig. 6. Amylograms of wheat flour at the various levels of 0, 10, 15, 20, 25 and 30% of wheat bran.

Table 2. Amylogram characteristics of wheat flour added with wheat bran

Added wheat bran (%)	Starting temp. (°C)	Gelatinization temp. (°C)	Temp. at max. viscosity (°C)	Max. viscosity (B.U.)
0	25	61.0	90.0	630
10	25	61.0	90.0	410
15	25	61.5	90.0	390
20	25	61.5	89.5	360
25	25	62.0	89.0	300
30	25	63.0	89.0	250

가스수용력도 낮다(33). 여기서 R/E값이 높아진 것은 밀기울이 밀가루보다 수화속도가 늦기 때문에 시간이 경과함에 따라 단백질과 결합된 수분이 밀기울로 재이동하므로 반죽의 경직현상으로 저항도가 높아져 R/E가 증가된 것으로 보인다. 이는 밀가루 반죽에서 발효과정 중 일어나는 글루텐 숙성으로 인해 저항도가 증가되는 현상과는 다른 것으로 생각된다.

따라서 밀기울 첨가량의 증가에 따라 신장도와 저항

도는 같이 감소하여 신장성과 탄력성이 떨어지고 반죽이 경직되는 현상으로 보아 반죽이 약하고 가스 수용력이 낮아 제빵적성을 저하시킨다. 그러므로 빵 제조시 이를 보완할 수 있도록 제조공정 개선, 적절한 배합비의 조절과 첨가제인 반죽강화제(dough strengthener) 등을 이용함으로써 제빵성을 향상시킬 수 있을 것이다.

Amylogram 특성

밀가루에 0~30% 밀기울 첨가분에 대한 amylogram은 Fig. 6과 같았다. 여기서 전분호화액의 점도, α-amylase의 활성도를 조사하기 위해 측정 개시온도(starting temperature), 호화 개시온도(gelatinization temperature), 최고 점도온도(temperature at max. viscosity), 최고 점도(max. viscosity)를 조사한 amylogram 특성치는 Table 2와 같았다.

최고 점도는 밀기울 0%와 30% 첨가할 때를 비교하면, 630B.U.에서 250B.U.로 밀기울 첨가량의 증가에 따라 감소되었다. 호화 개시온도는 밀가루 100%일 경우는 61°C이었고, 밀기울 30%인 경우는 63°C로 밀기울 첨가량의 증가에 따라 그 온도가 다소 높아지는 경향을 보였다.

Amylograph는 전분의 질과 양, 효소의 활성도에 따라 영향을 받는다. 밀기울 첨가량의 증가에 따라 겨(bran) 부분이 많아지며 상대적으로 전분질의 양이 감소된다. 또한 효소는 밀의 배아 주변 및 접질쪽에 많이 존재하기 때문에(34), 본 실험에서도 밀기울 첨가량이 증가할수록 최고 점도는 낮아졌다. Amylogram상에서 최고 점도(max. viscosity)가 400~600B.U.일 때 제빵성이 좋은 것으로 알려져 있다(35). 따라서 밀기울 첨가빵 제조시 사용되는 밀가루는 amylogram의 최고 점도값이 높은 것을 사용하므로써 이를 보완할 수 있을 것이다.

요 약

밀기울의 첨가량을 달리하여 첨가했을 경우 첨가량에 따른 반죽의 물리적 성질을 조사하였다. 회분 함량은 밀가루가 0.43%, 밀기울이 5.28%, 섬유소 함량은 밀가루에서 0.18%, 밀기울에서 11.86%로 밀기울에서 높은 수치를 보였다. Farinograph는 밀기울 첨가량이 증가함에 따라 흡수량의 증가를 보였다. 반죽 도달시간 및 반죽 형성시간도 밀기울 첨가량이 증가함에 따라 길어졌고, 안정도에서도 시간이 다소 길어졌다. 약화도는 밀기울 첨가량이 증가할수록 약화도가 커졌다. Extensograph에서는 밀기울 첨가량이 증가할수록 흡수율은 증가하였고, 신장도 및 신장저항도는 감소하였다. R/E

값은 밀기울 첨가비율이 높을수록 증가하였다. Amylograph에서는 밀기울 첨가량이 증가할수록 최고 점도는 감소하였고, 호화 개시온도는 다소 높아지는 경향을 보였다.

문헌

1. Bennett, R. E. : *Baking science lecture, Wheat, milling and flour selection and performance in the bakery.* American Institute of Baking, sec. 3-1, 3-7(1990)
2. D'Appolonia, B. L. : Uses of nonflour fraction of wheat. *Cereal Foods World*, **24**, 326(1979)
3. Owen, R. F. : *Food chemistry.* 2nd ed., Marcel dekker INC., N.Y., p.121(1978)
4. 김동훈 : 식품화학. 탐구당, p.240(1983)
5. Pomeranz, Y. : Chemical composition of Kernel structures. In *Wheat "Chemistry and Technology"* Pomeranz, T.(ed.), AACC, Inc., st. Paul, MN, Vol. 1, p.110(1988)
6. Barbara, O. and Schneemam, B. O. : Dietary fiber. *Food Technol.*, **43**, 133(1989)
7. Anderson, J. W. : Health implications of wheat fiber. *American J. Clin. Nutr.*, **41**, 1103(1985)
8. Przybyla, A. E. : Formulating fiber into foods. *Food Eng.*, **60**, 77(1988)
9. 조미경, 이원중 : 보리가루를 이용한 고 식이섬유 빵의 제조. *한국식품과학회지*, **26**, 702(1996)
10. 황재관, 김종태, 조성자, 김철진 : 열처리 밀기울의 수용성 분획의 특징. *한국식품과학회지*, **27**, 934(1995)
11. Wang, W. M., Klopfenstein, C. F. and Ponte, Jr. J. G. : Effects of Twin-Screw Extrusion on the physical properties of dietary fiber and other components of whole wheat and wheat bran and on the baking quality of the wheat bran. *Cereal Chem.*, **70**, 707(1993)
12. 김영수, 하태열, 이상효, 이현유 : 미강 식이섬유가 밀가루 리올로지와 생국수의 품질 특성에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **29**, 90(1997)
13. 강규찬, 백상봉, 이규순 : 식이성 섬유 첨가가 케익의 노화에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **22**, 19(1995)
14. 이영현, 문태화 : 미강 식이섬유의 조성분과 보수력 및 전분노화에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **26**, 288(1994)
15. 김창식, 장학길, 하덕모, 윤주영, 신효선 : 한국산 밀의 mixograph 특성과 제빵적성과의 관계. *한국식품과학회지*, **16**, 233(1984)
16. 이철 : 한국산 밀품종 조광의 물리적 성질과 전밀빵제조에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **15**, 215(1983)
17. 권혁련 : 쌀가루와 기타 곡분을 이용한 식빵 및 러스크

의 제조방법과 물성에 관한 연구. *성신여자대학교 대학원 박사학위논문*(1995)

18. 김영호, 최광수, 손동화, 김정호 : 전립분 첨가 반죽의 물리적 성질. *한국식품영양과학회지*, **25**, 817(1996)
19. 김성곤, 최홍식, 권태완, 비.엘.디아프로나, 피.이.마스톤 : 밀 쌀보리 복합분의 물리적 성질 및 제빵시험. *한국식품과학회지*, **10**, 1(1978)
20. 김성곤 : 소맥과 제분공업. *한국제분공업협회*, p.199(1985)
21. American Association of Cereal Chemists : *AACC Approved method.* The Association, st. Paul, Minn. sec. 08-01(1985)
22. American Association of Cereal Chemists : *AACC Approved method.* The Association, st. Paul, Minn. sec. 46-12(1985)
23. American Association of Cereal chemists : *AACC Approved method.* The Association, st. Paul, Minn. sec. 32-10(1985)
24. American Association of Cereal chemists : *AACC Approved method.* The Association, st. Paul, Minn. sec. 30-10(1985)
25. American Association of Cereal Chemists : *AACC Approved method.* The Association, st. Paul, Minn. sec. 54-21(1985)
26. American Association of Cereal Chemists : *AACC Approved method.* The Association, st. Paul, Minn, sec. 54-10(1985)
27. American Association of Cereal Chemists : *AACC Approved method.* The Association, st. Paul, Minn. sec. 22-10(1985)
28. 김희갑, 김인숙 : 밀과 밀가루. *한국제분공업협회*, 서울, p.24(1997)
29. 김희갑, 김성곤 : 소맥과 제분공업. *한국제분공업협회*, 서울, p.167(1985)
30. Pyler, E. J. : *Baking science and technology.* 3rd ed., Sosland Publishing Co., Kansas, Vol. 1, p.308(1988)
31. Zelch, R. : *Baking bread lecture, Whole wheat and wheat bread.* American Institute of Baking, p.3101(1990)
32. Hoseney, R. C., Hsu, K. H. and Junge, R. C. : A simple spread test to measure the rheological properties of fermenting dough. *Cereal Chem.*, **56**, 141(1979)
33. 김희갑, 김인숙 : 밀과 밀가루. *한국제분공업협회*, 서울, p.107(1997)
34. Pomeranz, Y. : *Wheat chemistry and technology.* American Association Chemists, st. Paul, Minn., 2nd ed., Vol. III, p.459(1985)
35. Bennett, R. E. : *Baking science laboratory, The amylograph.* American Insititute of Baking(1990)

(1998년 7월 21일 접수)