

흰찰쌀보리 가루를 이용한 제빵특성 연구

1. 흰찰쌀보리-밀가루 혼합분 반죽의 물성

유정희

군산대학교 식품영양학과

Study on Bread-making Quality with Mixture of Waxy Barley-Wheat Flour

1. Rheological Properties of Dough Made with Waxy Barley-Wheat Flour Mixture

Chung-Hee Ryu

Dept. of Food and Nutrition, Kunsan National University, Kunsan 573-701, Korea

Abstract

Rheological properties of dough made from waxy barley(Iri28) flour-wheat flour mixtures with additives were investigated for the preparation of waxy barley bread using farinograph, extensograph and amylograph. The water absorption, development time and dough weakness increased as the waxy barley flour level increased in all blends; however, dough stability decreased. Farinogram properties of 10% waxy barley flour added mixture were similar to those of 100% wheat flour. The addition of A.A(ascorbic acid), gluten, HPMC(hydroxy propyl methyl cellulose) improved rheological properties of dough with 30% waxy barley flour added mixture. In particular, stability and weakness of the dough showed greater dough-improving effect by addition of A.A. For the extensograph data, strength, resistance and extensibility of dough decreased with increasing level of waxy barley flour. With the addition of additives, extensogram properties were variable for 30% waxy barley flour mixture. Of these additives, gluten had highest value in strength of dough. Addition of A.A and HPMC to 30% waxy barley flour added mixture resulted in an increase in the resistance and a decrease in the extensibility. Waxy barley flour added mixtures showed little higher gelatinization temperature on amylograph data than control. Maximum viscosity reduced as the waxy barley flour level increased. Also 30% waxy barley flour added mixture containing A.A and HPMC showed a decrease in maximum viscosity. But addition of gluten to 30% waxy barley flour mixture resulted an increase in the maximum viscosity. All of 30% waxy barley flour added mixture with additives had lower gelatinization temperature than those without additives. In the SEM images, starch granules were dispersed in a protein matrix. A non-continuous, loose protein-starch matrix was observed in all waxy barley flour mixture by SEM. Addition of additives gave the dough a more continuous structure with interactions between the starch granule and protein component.

Key words: waxy barley flour, rheological properties, SEM

서 론

우리나라에서 보리는 쌀보리와 6조 곁보리가 입식형 태의 혼반용으로 오랫동안 사용되어 왔으나 80년대에 이르러 보리소비량이 크게 감소하였다(1). 그러나 최근에 맥주용 2조 곁보리와 함께 식생활의 다양화로 그 수요가 증가하고 있고(1,2), 특히 영양 건강식품재료의 하나로 인정받고 있다(3).

찰보리 육종은 1930년대부터 시작되어 최근에는 식용 및 가공적성에 맞는 개량육종에 치중하여(4) 다양한 품종이 육성되고 있다. 현재 보급되고 있는 흰찰쌀보리는 다른 보리쌀에 비해 철기가 많고, 200mesh 이상의 고운 입자는 화선 찹쌀가루와 물리적 특성이 비슷하나 입식형태로 쌀과 혼반용으로 주로 이용되고 있을 뿐(5), 조리 가공

용으로는 거의 개발되지 않고 있다(6).

빵류의 개발은 밀가루 이외에 영양, 경제성을 고려하여 쌀보리가루, 호밀가루, 옥수수가루, 콩가루, 메밀가루, 쌀가루, 고구마가루 등의 곡분을 사용한 연구가 오래전부터 국내외적으로 행해지고 있으며(7,8), 이 때 밀혼합분의 제빵적성은 소맥분에 비해 빵부피, 향미, crumb 특성치 등이 열등하여 가공방법을 수정·보완한다거나, 산화환원제, 유화제, 발효유제품, 비전분 다당류, 효소저항성 전분 등의 첨가물질(8,9)을 사용하여 반죽의 물성 및 제빵성을 개선하려는 연구가 주를 이루고 있다.

반죽은 식품 중에서 점탄성을 나타내는 대표적인 물질로서 고형물과 액상 두 물질이 섞인 비직선 점탄성 물질이다(10). 즉 일부 밀단백질, 전분, 물이 연속상의 점탄성 그물망을 형성하는 일종의 식품중합체계(food polymer

system)(11)로서 밀가루의 gluten 성분은 주지한 대로 점성의 gliadin과 응집성, 탄성의 glutenin으로 구성되어 있으며(12) 전분 입자와 기포를 포집하는 얇은 막을 형성하여 기공의 크기를 증가시킨다(13,14). 한편 반죽의 물성은 이와 같은 밀단백성분 이외에도 반죽의 pH 및 효소, 밀가루 전분 입자의 손상정도, 반죽의 교반시간 및 물의 양 등 여러 인자가 관여되므로(9,10,15), 반죽의 물성을 제빵성과 관련하여 논하기란 어려운 일이다(16). 더구나 반죽의 물성은 가루가 빵으로 되는 과정의 각 단계에서도 변화가 일어난 바, 혼합후 휴식(relaxation)기간에서도 가루성분의 수화나 물의 재분산(redistribution)이 일어나기도 한다(11,17). 그러나 반죽의 점성은 가스세포 팽창을, 탄성은 강도를 주어 가라 앓는 것을 방지하므로 반죽의 점탄성의 균형으로 제빵특성을 유추할 수 있기 때문에(10,11, 16) 보통 객관적으로 반죽물성을 측정하는 기구가 사용되고 있다(18-21).

일반적인 물성측정기에는 반죽혼합중의 적정 수분과 최적 점탄성의 반죽 발전점율을 기록하는 farinograph와 mixograph 및 적재변형(load-deformation) 측정기구인 extensograph와 alveograph 등이 있다. Farinograph와 mixograph는 반죽의 안정성(stability) 및 반죽의 쇠퇴(breakdown)현상으로 반죽의 강도를 예측하며(22,23), extensograph는 반죽의 신장도와 인장에 대한 저항력을 측정하여 반죽 발효과정의 속성을 예측(21,23)하고 alveograph 역시 시료의 저항성(tenacity), 반죽의 팽창성(extensibility) 및 강도 즉 변형에너지(strength)로부터 물성을 측정하는 것으로서(7,20), extensograph와 기능이 비슷하다.

이에 본 연구에서는 국내외의 보리가루 혼합분의 제빵 절성시험 연구(24-27)에서 쌀보리가루의 밀가루 대체 가능성을 제시한 바 있으므로 흰찰쌀보리 가루의 가공활용도를 높이기 위해 빵의 개발에 앞서 이의 혼합분의 물성과 반죽개량제에 의한 영향을 조사하였으며, 이때 반죽의 물성은 farinograph와 extensograph를 사용하였고, 혼합분의 호화특성 및 반죽의 표면구조는 amylograph와 SEM을 이용하여 각각 측정하였다.

재료 및 방법

재료

밀가루는 대한제분(주) 강력분 1등품(DNS, 단백질 11.4%, 회분 0.4%, 수분 13.5%)을 이용하였고, 보리는 흰찰쌀보리(이리 28호, 단백질 11.8%, 회분 0.7%, 수분 12.4%)로서 호남작물 시험장에서 구입하여 분쇄기(Udy cyclone mill, USA)를 통과한 후 혼합분의 재료로 하였다. 사용 첨가제는 L-ascorbic acid(Wako Pure Chemical LTD), 활

성글루텐(Sigma Co., 80% protein), hydroxy propyl methyl cellulose(주.홍성약품) 등이었고, 첨가량은 전보(9)에 의하였으며, 활성글루텐은 찰쌀보리가루 대체 비율과 연구문헌의 자료를 고려하였다.

입도분석

흰찰쌀보리 가루의 입도분석은 LS particle size analyzer(Coulter LS 100, USA)를, 분산을 위한 용매는 iso-propyl alcohol을 사용하였다.

Farinograph 분석

혼합분의 반죽형성능과 수분흡수율은 AACC 방법(54-21, Brabender)(28)에 의하였고, 흡수율, 반죽형성시간, 안정도 및 약화도 등은 farinogram으로부터 조사하였다. 즉, 흡수율은 커브중심선이 500B.U. 선에 도달했을 때의 물의 양(%)으로, 반죽형성시간(development time)은 반죽의 최고 발전점(peak development)에 도달할 때까지의 시간(분)으로, 안정도는 커브의 중심선이 500B.U.에 도달했을 때부터 벗어날 때까지의 시간(분)으로, 약화도는 반죽형성시간부터 12분 후의 커브 중심의 떨어진 정도를 500B.U. 선으로부터 거리(B.U.)로 나타내었다.

Extensograph 분석

AACC(54-10, Brabender)(28)법에 의해 extensograph(Brabender, 독일)를 이용하여 측정하였다. 시료 300g에 물을 가하여 1분간 혼합하고 5분간 방치한 다음 다시 반죽을 시작하여 farinograph의 500B.U.에 커브 중심이 오게되면 150g의 반죽을 extensograph에서 최종 처리하였다. 다음 30°C의 항온조에 방치하고 시간별로 반복해서 반죽의 신장도(커브의 밀변거리, mm), 신장저항도(커브의 최고 높이, B.U.) 및 강도(전체면적, cm²)로 나타내었다.

Amylograph 분석

혼합가루의 호화특성은 AACC법(28)에 따라 amylograph(Brabender-amylograph, 독일)를 사용하여 호화개시온도, 최고 점도 온도 및 최고 점도를 측정하였고, 시료 65g(수분 13.5% 수준)에 중류수 450ml를 첨가한 혼탁액으로 측정개시온도는 25°C부터 시작하였다.

Scanning electron microscope(SEM)

1, 2차 발효를 마친 반죽을 -20°C에서 20시간 냉동 전조 후 ion sputtering device(JFC-1100E, 일본)에서 Ag를 200Å 두께로 도금시킨 후 SEM(JSM 5410, JEOL)을 사용하여 가속 전압 10kV에서 1500배 및 5000배의 배율로 관찰하였다.

결과 및 고찰

입도분석

밀가루와 보리가루 혼합분의 입도 분석 결과는 Table 1과 같다. 밀가루의 median 값은 53.05 μm , 보리가루는 35.08 μm 로 흰 쌀보리 가루를 첨가함으로써 median 값은 감소하고 단위부과당 표면적은 증가하였다.

반죽의 farinogram 특성

밀가루와 쌀쌀보리가루 대체 혼합분 및 첨가물질의 farinogram은 각각 Fig. 1 및 Table 2와 같다. Farinograph 상의 밀가루의 수분흡수율은 단백질 및 pentosan 함량, 입도, 밀전분의 순상정도(20)에 따라 영향을 받아서, 쌀, 옥수수, 카사바전분을(29) 첨가하면 밀단백질 함량이 희석되어 결국 흡수율이 낮아진다. 그리고 영양강화를 위해 분리대두단백분이나 함께 같은 종실가루를 첨가하면 흡수율이 증가된다(30,31). 밀가루에 쌀쌀보리가루를 혼합하면 역시 밀단백질이 희석되나, 이 혼합분의 수분흡수율이 증가한 것은 보리전분의 손상 정도, β -glucans과 같은 비전분다당류 및 식이섬유 함량에 기인한 것으로(24,32) 생각된다. 이와 맥을 같이 한 것으로 Biliaderis(9)는 밀가루에 수용성 arabinoxylan과 같은 고분자의 비전분 다당류를 첨가했을 때 반죽의 farinogram의 흡수율 및 반죽형성시간이 증가되었음을 보고한 바 있다. 또한 단위 부피당 표면적이 증가하면 수화능력(hydration capacity)^o 높아진다는 것을 감안하면 쌀쌀보리가루의 입도(Table 1) 또한 영향을 준 것으로 사료된다.

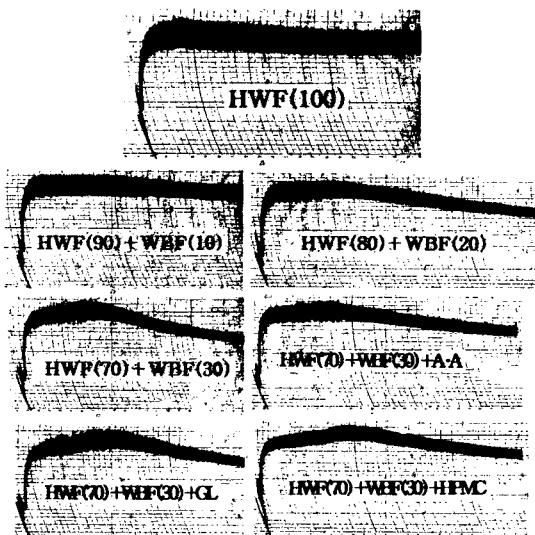


Fig. 1. Farinograms of flour.

HWF : Hard wheat flour, WBF : Waxy barley flour, A·A : Ascorbic acid(150ppm), GL : Gluten(3g), HPMC : Hydroxy propyl methyl cellulose(3g)

한편 흰 쌀보리 가루 혼합분의 수분흡수율의 양상은 메밀가루, 호밀가루 반죽의 수분흡수율과 같은 경향이나(21,33) 쌀가루 복합분일 경우는 반대현상을 나타내었다(34). Ascorbic acid는 흡수율에 별다른 영향을 주지 않았고 HPMC 첨가 반죽에서는 감소되었으며, 글루텐은 흡수율을 증가시켰다.

반죽형성시간은 쌀쌀보리가루의 혼합율이 증가함에 따라 길어졌으며, 쌀보리가루(26), 메밀가루(21) 및 쌀가

Table 1. Size distribution of waxy barley-wheat flour blends

Flour sample ¹⁾	Mean(μm)	Median(μm)	Mode(μm)	Specific surface area(cm^2/ml)
HWF(100)	56.47	53.05	80.66	4547
HWF(90)+WBF(10)	62.23	52.59	80.66	4886
HWF(80)+WBF(20)	61.49	48.83	80.66	5510
HWF(70)+WBF(30)	60.39	45.04	80.66	5854
WBF(100)	86.84	35.08	17.98	7305

¹⁾HWF : Hard wheat flour, WBF : Waxy barley flour

Table 2. Farinograph properties of waxy barley-wheat flour blends

Flour sample ¹⁾	Absorption (%)	Development time (min)	Stability time (min)	Weakness (BU)
HWF(100)	67.0	5.0	20↑	40
HWF(90)+WBF(10)	70.2	6.0	20↑	40
HWF(80)+WBF(20)	74.4	7.0	12.8	80
HWF(70)+WBF(30)	77.8	7.5	8.8	120
HWF(70)+WBF(30)+A.A	78.0	7.5	12.0	75
HWF(70)+WBF(30)+GL	81.0	8.5	9.3	110
HWF(70)+WBF(30)+HPMC	74.5	9.0	9.1	70

¹⁾HWF : Hard wheat flour, WBF : Waxy barley flour

A.A : Ascorbic acid(150ppm), GL : Gluten(3g), HPMC : Hydroxy propyl methyl cellulose(3g)

루혼합분(34)의 반죽특성과는 다른 양상을 보였다.

Farinograph에서 반죽의 혼합시 날에 의해 저항이 생기고, 밀가루의 gluten 단백의 작용으로 연속적인 망상구조(matrix)를 형성하여 점탄성이 부여되는 반죽의 최고 발전점에 달하는 시간이 반죽형성시간(23)인데 분자량이 적은 gliadin은 발전시간을 줄이고, 약화도를 증가시키며, 반면에 분자량이 큰 glutelin은 반대의 작용을 한다(12,34). 따라서 반죽형성시간은 밀단백질의 품질의 지침으로 사용되며 강력분은 반죽형성시간이 박력분보다 길고 반죽 형성시간이 길면 제빵적성이 양호하다고 한다(20,29). 그러나 찰쌀보리가루 혼합분에서는 반죽형성시간이 길어졌음에도 본제빵 실험결과 빵의 부피(미발표)가 밀가루 빵에 비해 감소되었다.

한편 글루텐과 HPMC를 첨가한 혼합분에서는 반죽형성 시간이 첨가하지 않은 반죽에서 보다 증가된 바 메밀 가루분을 이용한 Chung과 Kim(21)의 연구와 일치하였다.

반죽의 안정도는 반죽의 힘이나 강도(strength)의 지표가 되는데(12,31,35) Lindborg 등(36)에 의하면 반죽의 힘이 강하면 높은 안정도를 갖고 힘이 약한 가루는 낮은 안정도를 갖는다고 하였다. Kim 등(25)에 의하면 쌀보리 가루와 결보리가루를 10%, 30% 혼합했을 때 결보리가루보다는 쌀보리가루가 안정성 및 탄력성이 좋다고 하였다. 본 실험에서는 찰쌀보리가루를 10% 첨가한 혼합분은 박력분과 차이가 없었으며, 20%, 30% 혼합분에서는 감소되었다. 이는 밀가루 이외의 곡분이나 종실단백질, 전분을 첨가하면 안정도가 감소된다는 여러 보고(21,29,31)와 같은 경향이었으나, 첨가제를 사용한 30% 혼합분에서는 안정도가 증가되었다. 특히 ascorbic acid에 의해 안정도의 회복이 증가되었는데, Blocksma(37)는 산화제인 ascorbic acid로 인해 SS기가 증가되어 반죽을 단단하게 하며 결과적으로 가스보유력을 향상시킨다고 하였다(38). 30% 혼합분 반죽의 약화도 역시 ascorbic acid의 효과가 첨가제 중에서 가장 효과적이었다.

반죽의 extensogram 특성

Extensograph에 의한 반죽특성을 Fig. 2 및 Table 3과

같이 시간이 45분에서 135분으로 지남에 따라 면적(area), 신장에 대한 저항도(resistance)는 증가하고 신장도는 감소하였으며, 동시에 신장에 대한 저항도 비율(R/E)은 증가되었다. 또한 각 혼합분의 특성치를 보면 혼합비율에 따라 저항도 및 신장도가 모두 감소하여 30% 혼합분일 경우, 밀가루 저항도 760B.U. 및 신장도 147mm에서 650 B.U. 및 91mm로 저항도, 신장도가 각각 저하되었으며 extensogram의 커브면적도 자연히 감소되었다.

쌀보리가루를 10% 혼합한 반죽은 180분 발효후 신장

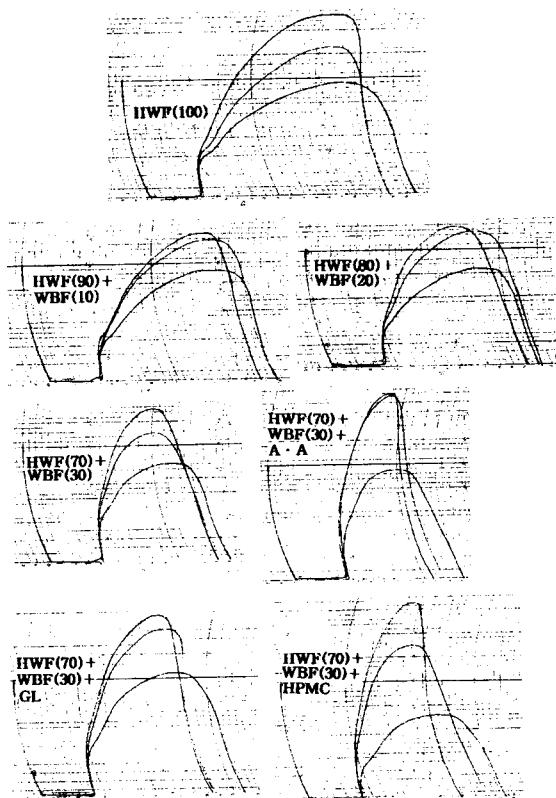


Fig. 2. Extensograms of flour.

HWF : Hard wheat flour, WBF : Waxy barley flour,
A · A : Ascorbic acid(150ppm), GL : Gluten(3g), HPMC :
Hydroxy propyl methyl cellulose(3g)

Table 3. Extensograph properties of waxy barley-wheat flour blends

Flour sample ¹⁾	Area(cm ²)			Resistance(BU)			Extensibility(mm)			R/E ratio			Absorption (%)
	45min	90min	135min	45min	90min	135min	45min	90min	135min	45min	90min	135min	
HWF(100)	106.7	121.7	149.8	490	630	760	166	147	147	2.952	4.286	5.170	63.0
HWF(90) + WBF(10)	82.9	105.7	97.3	460	590	620	136	137	123	3.382	4.234	5.041	67.0
HWF(80) + WBF(20)	69.3	91.6	81.5	420	570	590	118	123	111	3.559	4.553	5.315	71.3
HWF(70) + WBF(30)	58.3	67.0	76.4	430	550	650	99	92	91	4.343	5.978	7.143	73.9
HWF(70) + WBF(30) + A.A	57.1	71.2	63.3	480	780	800	91	74	67	5.275	10.541	11.940	73.0
HWF(70) + WBF(30) + GL	86.5	88.5	91.6	530	700	760	118	99	95	4.492	7.071	7.100	76.1
HWF(70) + WBF(30) + HPMC	58.9	85.6	78.6	360	650	830	113	99	78	3.185	6.565	10.641	71.2

¹⁾HWF : Hard wheat flour, WBF : Waxy barley flour

A.A : Ascorbic acid(150ppm), GL : Gluten(3g), HPMC : Hydroxy propyl methyl cellulose(3g)

저항도와 신장도가 다소 증가하여(25) 찰쌀보리가루와는 다른 결과를 보였다. Extsosogram의 특성치는 혼합분의 종류와 상태에 따라 다양해서 밀가루에 맵쌀가루, 찰쌀가루를 혼합한 경우 신장성 및 신장저항성이 모두 감소되었고(34), 전립분 혼합분이나 메밀가루 혼합분에서는 이들 가루의 입자가 작고 고운 것보다는 거친 입자상태나 총석이섬유함량이 높은 혼합분에서 신장저항도가 높게 나타났다(21,39).

반죽의 최고 신장저항도는 gliadin과 고분자량의 glutelin의 비율 및 신장도와 높은 상관관계가 있으며(40) 또한 밀의 품종에 따라 밀가루의 신장도, 저항도가 다양하다(20). 강력분에 비해 박력분은 신장성이 좋아 비스켓 sheet 제조가 용이한데(41) 반해 점탄성의 gluten 망상구조를 형성하는데는 한계가 있는 것이다. 즉 gliadin의 점성은 신장도에, glutelin은 이 신장도에 저항하는 강도 및 탄성을 부여한 바 이들의 균형이 제빵성에 영향을 준다(20,21).

찰쌀보리가루 혼합분 반죽의 신장저항도는 혼합비율에 따라 감소하며 찰보리가루 30%일 때 더욱 약한 반죽 특성을 보였고 R/E 비율도 밀가루와 차이가 많았으며 10% 및 20% 혼합반죽의 R/E 비율은 밀가루와 큰 차이가 없었다. 한편 extensograph의 면적의 크기에 따라 밀가루의 특성을 80cm^2 이하는 약한가루(weak)로 $80\sim 120\text{cm}^2$ 은 중간가루(medium), $120\sim 200\text{cm}^2$ 는 강한가루(strong), 200cm^2 이상은 매우 강한가루(very strong) 등 4가지로 분류하기도 하여(20), 10% 혼합반죽 및 20% 혼합반죽은 중간수준의 가루로, 30% 혼합반죽은 약한가루에 속한다고 할 수 있다. 이상의 extensogram의 특성을 살펴볼 때 10% 혼합반죽의 제빵성은 밀가루 반죽과 비슷할 것으로 생각되며 Cho와 Lee(24)의 쌀보리가루빵의 제조에서도 언급한 바 있다.

30% 혼합분에 첨가제를 이용한 경우 공히 신장저항도가 높게 나타났으며, 특히 ascorbic acid와 HPMC는 더욱 뚜렷한 특성을 보여주었다(Fig. 2). Ascorbic acid와 같은 산화제는 SH의 가교결합을 SS결합으로 만들어 앞에서 언급한 고분자량의 glutelin과 2차, 3차원적인 망상구조를 형성하여 gluten 특성에 영향을 준다(37,38). 즉 gluten은 산화된 glutelin의 집합체에 의해 신장도는 감소되고 최대 저항도는 증가된다(12,40). 따라서 ascorbic acid가 밀단백질에 영향을 주어 혼합분가루의 저항도가 높아진 것으로 사료된다. HPMC 역시 쌀가루 혼합분빵의 gluten 대체 효과를 주는 첨가제(9)로서 다른 첨가제와 비슷한 결과를 보였다. 또한 반죽의 점탄성의 힘을 전체적으로 보여주는 면적은 ascorbic acid 첨가군에서는 오히려 적게 나타나 farinograph 상의 안정도 특성 효과와 무관하였다. 또한 글루텐 첨가군에서는 91.6cm^2 로 나타나 30% 혼합반죽의 76.4cm^2 보다 높았고 10% 혼합분 반죽의 97.3cm^2 와 비슷하였다. 글루텐은 메밀가루, 옥수수가루 등의

곡분 혼합반죽의 물성 개량에 긍정적이었으므로(10,11, 19,21) 본 시료의 혼합분에 ascorbic acid와 gluten을 복합적으로 함께 이용하는 것이 더욱 물성개량에 효과가 있을 것으로 추정되어 앞으로 검토해 볼 필요가 있다고 생각된다.

찰쌀보리가루 혼합분의 호화특성

이미 잘 반죽된 gluten 망상구조에는 전분 입자와 가스 세포(gas bubbles)가 공존하고 있으므로, 발효과정 후에 생성된 더 많은 크고 작은 가스세포와 전분입자는 oven 안에서의 물리적 변화에 의해 제빵성에 영향을 주기도 한다(42). 반죽은 열 전도율이 낮으므로(42,43) 처음 oven에서는 가스팽창이 서서히 일어나(oven spring) 60°C 가 되면 yeast가 불활성화되고 차츰 온도가 상승하면 가스세포의 압력의 증가와 아울러 주로 큰 전분의 호화가 시작되고, 호화과정중 수분이 글루텐에서 전분으로 이동한다. 이때 빵의 제한된 수분(43)으로 인해 작은 전분입자가 완전히 호화되지 못하고 오히려 단백질과 전분사이에 강한 결합(bond)이 생겨서 균일한 기공을 가진 crumb의 구조가 만들어진다.

만약 oven spring이 일어나기 전에 CO_2 가 발출되면 가스세포의 압력이 떨어져서 팽창을 하지 못하여 빵부피의 감소를 초래한다. 따라서 전분의 호화특성으로써 oven 안에서의 물리적 변화를 추측할 수 있다.

찰쌀보리가루 혼합분의 호화 양상을 amylograph로 써 조사한 결과는 Table 4와 같다. 호화개시온도는 찰쌀보리가루 첨가시 다소 높아져서 혼합분의 호화가 늦게 시작되었으며, ascorbic acid 및 글루텐을 이용한 혼합분에서는 밀가루의 호화개시온도와 같고, HPMC 첨가 혼합분에서는 60.3°C 로서 10% 혼합분의 온도와 비슷하였다. 찰기가 없는 쌀보리 혼합분(10%)에서도 호화개시온도가 밀가루보다 높으며(25) 전분혼합분이나 쌀가루 혼합분에서

Table 4. Amylograph properties of waxy barley-wheat flour blends

Flour sample ¹⁾	G.T. ²⁾ (°C)	M.T. ³⁾ (°C)	M.V. ⁴⁾ (B.U.)
HWF(100)	58.8	92.5	900
HWF(90)+WBF(10)	60.2	93.5	770
HWF(80)+WBF(20)	61.0	93.0	630
HWF(70)+WBF(30)	61.8	93.5	520
HWF(70)+WBF(30)+A.A	58.8	92.5	500
HWF(70)+WBF(30)+GL	58.8	88.7	580
HWF(70)+WBF(30)+HPMC	60.3	92.5	440

¹⁾HWF : Hard wheat flour, WBF : Waxy barley flour
²⁾A.A : Ascorbic acid, GL : Gluten, HPMC : Hydroxy propyl methyl cellulose

³⁾G.T. : Gelatinization temperature(°C)

⁴⁾M.T. : Temperature at max. viscosity(°C)

⁴⁾M.V. : Maximum viscosity(B.U.)

도 같은 경향이라고 보고되어 있다(23,34).

그리고 전분입자는 글루텐과 같은 단백질, pentosan gum 물질 및 당류 등과 물에 대해 경쟁성을 가지므로 이들 성분의 공존시 호화가 늦을 수 있으나(43), 본 실험에서 글루텐이나 HPMC의 영향은 이와 반대였다.

밀가루의 최고 점도는 900B.U.에서 찰쌀보리를 첨가함으로써 감소되어 30% 혼합분에서는 520B.U.로 현저히 감소하였다. 쌀보리 혼합분(10%)에서는 밀가루 최고 점도 525B.U.에 비해 595B.U.로 증가하여서 찰쌀보리가루의 점성이 쌀보리가루의 점성보다 낮다는 보고(44)와 일치하였다. 그러나 Chang과 Park(45)의 보고에서는 찰보리가 올보리(non-waxy)에 비해 최고 점도가 높다고(46-48) 하여 품종에 따라 독특한 호화 양상을 보인다고 생각된다.

한편 첨가제 중에서는 ascorbic acid 와 HPMC는 호화 점도를 증가시키지 못하였고, 글루텐은 520B.U.에서 580 B.U.로 증가효과가 있었다. 이상의 찰쌀보리가루의 독특한 amylogram 특성치료 미루어 볼 때 흰 찰쌀보리가루 전분의 α -amylase 활성, amylose와 amylopectin, 전분의 소립자와 대입자의 분포 등 이화학적 특성에 대한 연구가 필요하다고 생각되며, 찰쌀보리가루빵을 만들 때 호화온도와 점도에 영향을 주는 달걀이나 유제품 등(9)의 단백질 및 monoacylglycerol, SSL 등의 유화제의 응용도 필요하다고 생각되었다.

반죽의 구조특성

SEM에 의해 2차 밸효가 끝난 반죽의 구조를 관찰한 결과는 Fig. 3과 같았다. 100% 밀가루 반죽에서는 형성된 단백질 matrix에 크고 작은 입자가 밀도있게 잘 분포되어 있고 밸효가 지난 반죽이므로 군데군데 gas가 방출된 흔적(검은 반점)을 볼 수 있다. 또 전분의 입자는 작은 입자와 큰 입자 2형으로 작은 입자들이 더욱 단백질 matrix와 잘 조화되어 있고 큰 입자는 다소 변형된 모양이다. 이로써 잘 밸효된 반죽의 구조는 전체적으로 protein-starch matrix라고 할 수 있고(49) 이 구조가 결국 전분의 호화시 더욱 팽창되어 최종적으로 crumb 구조와 같은 gel을 형성한다. 밀전분의 소립자는 구형으로 1~10 μm , 대입자는 렌즈형으로 20~40 μm 라고 하며(7,50) 혼합과 밸효과정 중 작은 입자보다는 큰 입자가 더욱 변형된다(34)고 하며 본 관찰내용과 일치하였다.

찰쌀보리가루 혼합 반죽에서는 혼합비율이 높아짐에 따라 밀단백 함량이 낮아져서 단백질 matrix 구조가 영성하여졌고(Fig. 3 B,C,D), 기포의 크기도 균일하지 못하며, 전분입자와 단백질 matrix 상호간의 결합형태도 밀가루 반죽과 달리 연속적인 matrix(50)를 형성하지 못하였다. 한편 전분입자의 상태를 살펴보면 보리전분은 입자의 모양과 크기가 밀전분의 그것과 비슷하며(47) 소립자 크기는 2~10 μm , 대입자 크기는 12~30 μm 로서(48,52) 입자 크

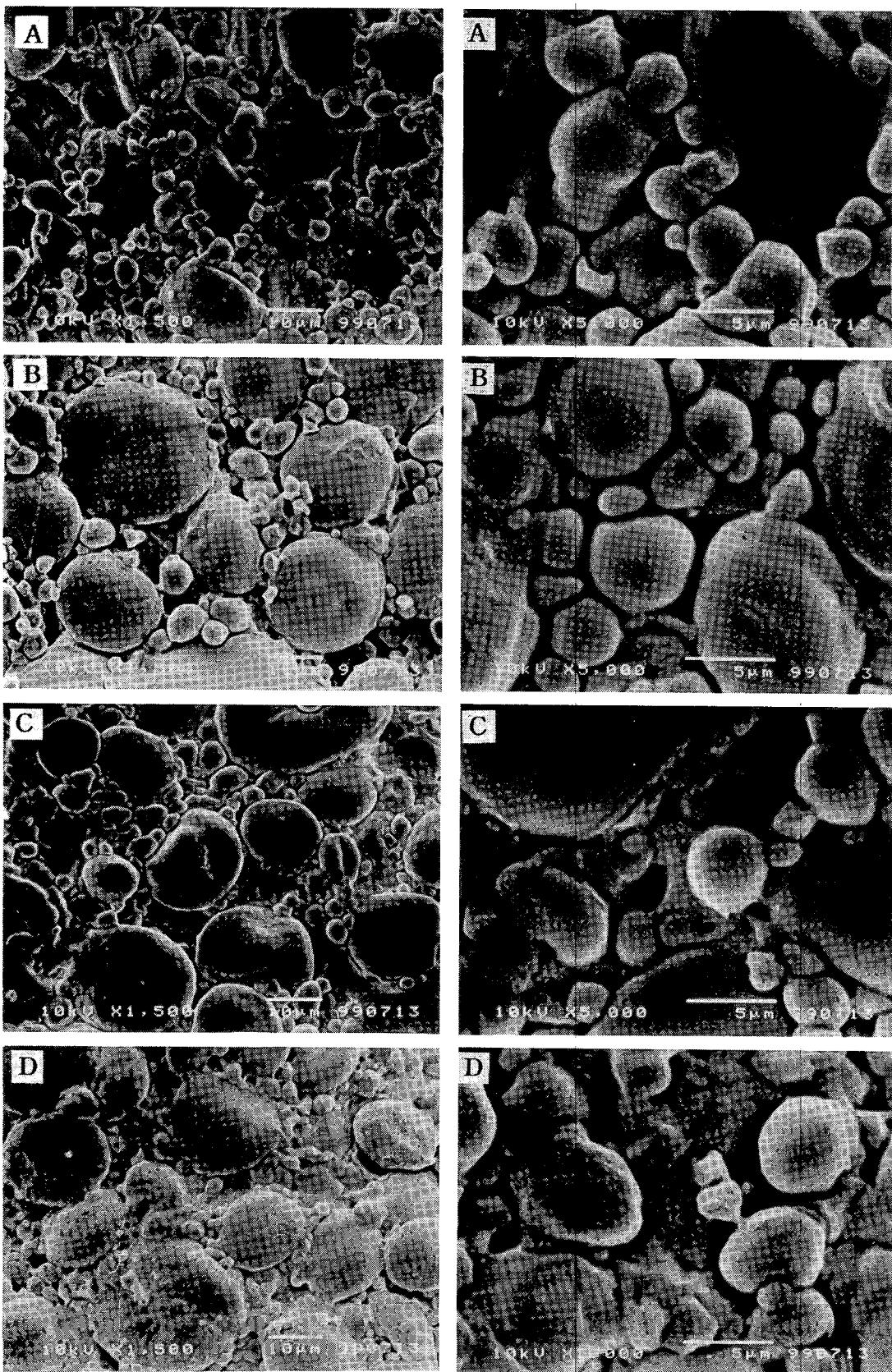
기로서는 밀전분과 보리전분의 구별이 확실치 않다. 그러나 밀가루 반죽과 30% 혼합분 반죽을 비교해 보면 특히 소립자들의 모양이 많이 변형된 것을 발견할 수 있으며 비연속적이다. 따라서 찰보리가루를 혼합함으로써 반죽의 점탄성, oven spring 및 가스포집상태가 100% 밀반죽과 다를 수밖에 없다고 생각되며, 또한 보리전분의 소립자수는 총전분 입자의 80~97%(52)를 차지하므로 흰찰쌀보리전분에 대한 연구가 수행되어야 한다고 본다.

그리고 첨가제를 이용한 혼합반죽의 구조 또한 첨가제를 이용하지 않은 30% 혼합반죽(Fig. 3 D)과 확연히 다름을 알 수 있다. 산화제인 ascorbic acid를 첨가한 경우(Fig. 3E) 30% 혼합반죽에서 변형된 비연속적인 protein-starch matrix 상태와는 또 다른 결합 형태를 보이고 있다. 반죽의 물성과 ascorbic acid에 대해서는 여러 연구자들에 의해 보고된 바(9,37) ascorbic acid는 반죽내의 산소에 의해 DHA(dehydro-L-ascorbic acid)로 산화되고, DHA는 단백질 분자내의 cysteine 잔기인 SH기를 산화하여 SS기를 형성하여 단백질의 matrix에 3차원적인 구조를 형성한다고 한다(51,53). 따라서 전분입자와 구조적으로 변화를 받은 단백질 분자간에 또 다른 결합상태가 형성된 것으로 생각되며, 이경우의 protein-starch matrix는 가스 포집력이 좋기 때문에 빵의 부피 및 crumb 상태가 개선된다(7,9).

글루텐은 밀단백질의 대체 물질이므로 구조적으로는 ascorbic acid와 큰 차이가 없었으며, 역시 제빵특성을 향상시켜 준다(7,19,21). HPMC는 결합상태로 보아 30% 혼합분보다 상당히 개선된 matrix 연속상을 보이고 있으나 ascorbic acid나 gluten 첨가 반죽보다 파열된 기공수가 많고 5000배 배율 그림에서는 파열된 matrix도 관찰되었다.

요약

흰찰쌀보리(이리 28호) 가루를 제빵에 이용하기 위해 찰쌀보리가루-밀가루 혼합분과 ascorbic acid, 활성 gluten 및 HPMC(hydroxy propyl methyl cellulose) 등을 첨가한 혼합분에 대해 반죽의 물성과 호화특성 및 반죽의 구조를 조사하였다. Farinogram 특성 중 혼합분의 수분흡수율, 반죽 형성시간 및 약화도는 밀가루보다 증가되었고, 안정도는 감소하였으나 10% 혼합분은 밀가루 반죽특성과 비슷하였다. 첨가제 중 ascorbic acid에 의해 30% 혼합분 반죽의 안정도 및 약화도가 특히 개선되었고, 글루텐의 첨가로 흡수율, 반죽 형성시간 및 안정도는 증가되고, 약화도는 감소하였다. HPMC는 수분흡수율을 제외하고 반죽형성시간, 안정도는 증가하고 약화도는 다소 감소하여 각 첨가제에 의해 반죽 특성이 개선되었다. Extensograph 특성치에서는 찰쌀보리가루를 혼합하므로써 반죽의 강도, 신장성, 신장에 대한 저항도가 모두 감소하였으며, 특히 30% 혼합분에서는 반죽의 전체적인 강도가 급격히 감소하였다. 이때 ascorbic acid에 의해서는 30%



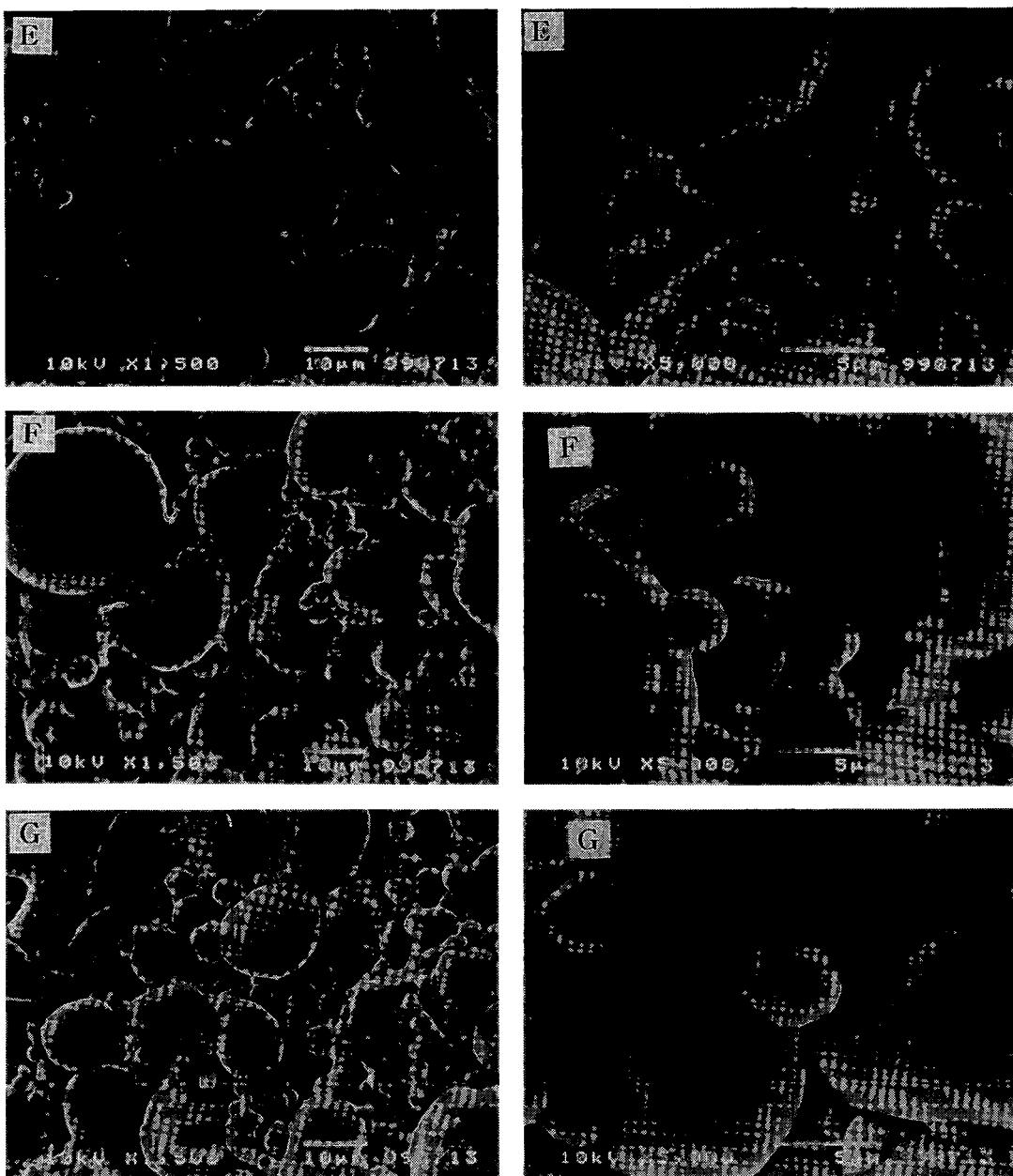


Fig. 3. Scanning electron micrographs of doughs.

(A) Hard wheat flour(100), (B) Hard wheat flour(90)+Waxy barley flour(10), (C) Hard wheat flour(80)+Waxy barley flour(20), (D) Hard wheat flour(70)+Waxy barley flour(30), (E) Hard wheat flour(70)+Waxy barley flour(30)+Ascorbic acid(150ppm), (F) Hard wheat flour(70)+Waxy barley flour(30)+Gluten(3g), (G) Hard wheat flour(70)+Waxy barley flour(30)+Hydroxy propyl methyl cellulose(3g)

혼합분 반죽의 강도가 오히려 감소하였고, 신장에 대한 저항성은 커졌으며, 글루텐에 의해 강도가 상당히 증가되었고, HPMC는 신장에 대한 저항도를 크게 하였다. 혼합분의 호화는 밀가루보다 약간 높은 온도에서 시작되었으며, 최고점도는 혼합율이 증가함에 따라 낮아졌다. 글루텐 첨가제에 의해 30% 혼합분의 최고점도가 증가하였으며, ascorbic acid와 HPMC를 첨가했을 때는 오히려 최고

점도가 낮아졌다. 반죽의 구조는 칠쌀보리가루 혼합비율이 커짐에 따라 연속적인 matrix를 형성하지 못하여 약해졌고, 입자들의 모양이 변형되었다. 그러나 첨가제를 사용함으로써 30% 혼합분 반죽과는 다른 결합상태로서 matrix 구조가 개선된 연속상을 보여주었다. 이와같은 결과로 미루어 볼 때 10% 혼합분의 반죽은 밀가루 반죽의 물성과 비슷한 것으로 판단되며, 30% 혼합분 반죽은 첨

가제에 의해 반죽특성이 개선되었으나 다양한 첨가제의 응용과 보완효과에 대한 연구가 계속 필요하다고 생각되었다.

문 현

1. Korea Rural Economic Institute : *Food balance sheet* (1998)
2. 오세영 : 생물학적, 문화적 측면에서 본 한국인의 식생활 행동, -지난 50여년간을 중심으로-. 한국식문화학회지, 8, 373(1993)
3. Jadhav, S. J., Lutz, S. E., Ghorpade, V. M. and Salunkhe, D. K. : Barley : chemistry and value-added processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38, 123-171(1998)
4. Chang, H. G. and Park, G. G. : Changes in physicochemical characteristics of barley during kernel maturation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 25, 602-607(1993)
5. 농촌진흥청 호남농업시험장 : 보리의 생산성향상과 품질 고급화 방안. p.84(1996)
6. Yoon, G. S. and Koh, H. Y. : Preparation of waxy barley cake and its quality characteristics. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 27, 890-896(1998)
7. Kim, S. Y. and Ryu, C. H. : Effect of certain additives on bread making quality of wheat-purple sweet potato flours. *Korean J. Soc. Food Sci.*, 13, 492-499(1997)
8. Kim, C. S., Lee, S. A. and Kim, H. I. : Development of buckwheat bread : 3. Effects of the thermal process of dough making on baking properties. *J. Food Sci. Nutr.*, 4, 6-13(1999)
9. Kim, S. Y. and Ryu, C. H. : Characteristics of dough rheological properties with additives. *Kunsan National University Theses Collection*, 23, 397-422(1996)
10. Navickis, L. L. : Rheological changes of fortified wheat and corn flour doughs with mixing time. *Cereal Chem.*, 66, 321-324(1989)
11. Petrofsky, K. E. and Hoseney, R. C. : Rheological properties of dough made with starch and gluten from several cereal sources. *Cereal Chem.*, 72, 53-58(1995)
12. Schropp, P., Belitz, H. D., Seilmeier, W. and Wieser, H. : Reoxidation of high molecular weight subunits of glutenin. *Cereal Chem.*, 72, 406-410(1995)
13. Dimler, R. J. : Gluten-The key to wheat's utility. *Bakers Digest*, 37, 52-57(1963)
14. Pomeranz, Y. : *Functional properties of food components*. Academic Press, New York, p.397(1985)
15. Hardman, T. M. : *Water and food quality*. Elsevier Sci. Publishers LTD, p.321(1989)
16. Bloksma, A. H. : Flour composition, dough rheology and baking quality. *Cereal Sci. Today*, 17, 380-386(1972)
17. Hibberd, G. E. and Parker, N. S. : Measurement of the fundamental rheological properties of wheat-flour doughs. *Cereal Chem.*, 52, 1-23(1975)
18. Venkateswara, R. G. and Haridas, R. P. : Methods for determining rheological characteristics of doughs : A critical evaluation. *J. Food Sci. Technol.(India)*, 30, 77-87(1993)
19. Dreese, P. C., Faubion, J. M. and Hoseney, R. C. : Dynamic rheological properties of flour, gluten, and gluten-starch dough. II. Effect of various processing and ingredient changes. *Cereal Chem.*, 65, 354-359(1988)
20. Boycioglu, M. H. and D'Appolonea, B. L. : Charaterization and utilization of durum wheat for breadmaking. I Comparison of chemical, rheological and baking properties between bread wheat flours and durum wheat flours. *Cereal Chem.*, 71, 21-28(1994)
21. Chung, J. Y. and Kim, C. S. : Development of buck-wheat bread : 1. Effects of vital gluten and water-soluble gums on dough rheological properties. *Korean J. Soc. Food Sci.*, 14, 140-147(1998)
22. Oliver, J. R. and ALLEN, H. M. : The mixing requirement of the Australium hard wheat cultivar, Dollarbird. *Cereal Chem.*, 71, 51-54(1994)
23. 송재철, 박현철 : 식품물성학. 울산대학교 출판부, p.681(1995)
24. Cho, M. K. and Lee, W. J. : Preparation of high-fiber bread with barley flour. *Korean J. Food. Sci. Technol.*, 28, 702-706(1996)
25. Kim, S. K., Cheigh, H. S., Kwon, T. W., D'Appolonia, B. L. and Marston, P. E. : Rheological and baking studies of composite flour from wheat and naked barley. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 10, 11-15(1978)
26. Rhee, C., Bae, S. H. and Yang, H. C. : Studies on bread baking properties of naked barley flour and naked barley wheat flour blends. 2. Rheological properties of barley-wheat blend doughs and the variations of loaf volumns with addition of food additives. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 15, 112-117(1983)
27. Nagel, H. B., Marklinder, L., Seibel, W. and Schildbach, R. : Production of barley fractions with high nutritive value and their utilization in baked products. II. Determination of the baking of different milled barley products. *Gebreide, Mehl und Brot.*, 51, 56-60(1997)
28. AACC : *Official methods of the AACC*. 8th ed., Am. Assoc. of Cereal Chemists, St. Paul.(1985)
29. Seyam, A. M. and Kidman, F. C. : Starches of non-wheat origin. *The Bakers Digest*, April, pp.25-31(1975)
30. Bae, S. H. and Rhee, C. : Effect of soybean protein isolate on the baking qualities of bread. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 30, 1295-1300(1998)
31. El-Adawy, T. A. : Effect of sesame seed protein supplementation on the nutritional, physical, chemical and sensory properties of wheat flour bread. *Food Chem.*, 59, 7-14(1997)
32. Knuckles, B. E., Hudson, C. A., Chiu, M. M. and Sayre, R. N. : Effect of β -glucan barley fractions in high-fiber bread and pasta. *Cereal Food World*, 42, 94-96, 98-99 (1997)
33. Pomeranz, Y. : Carbohydrates : Structural polysaccharides, pectins, and gums. In "Functional properties of food components" Academic Press, New York, pp.91-119(1985)
34. Kwon, H. R. and Ahn, M. S. : A study on rheological and general baking properties of breads and their rusks prepared of various flours(I). *Korean J. Food Sci.*, 11, 479-486(1995)
35. MacRitchie, F. : Conversion of weak flour to a strong one by increasing of its high molecular weight gluten protein. *J. Sci. Food Agr.*, 24, 1325-1329(1973)
36. Lindborg, K. M., Tragardh, C., ELiasson, A. C. and Dejmek, 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)
37. Bloksma, A. H. : Thiol and disulfide groups in dough rheology. *Cereal Sci. Today*, 17, 380-386(1975)

38. Yamada, Y. and Preston, K. R. : Sponge and dough bread : Effects of oxidants on bread and oven rise properties of a canadian red spring wheat patent flour. *Cereal Chem.*, **71**, 297-300(1994)
39. Kim, Y. H., Choi, K. S., Son, D. H. and Kim, J. H. : Rheological properties of dough with whole wheat flour. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, **25**, 817-823(1996)
40. Schropp, P. and Wieser, H. : Effect of high molecular weight subunits of glutenin on the rheological properties of wheat gluten. *Cereal Chem.*, **73**, 410-413(1996)
41. Contamine, A. S., Abecassis, J., MoreL, M. H., Vergnes, B. and Verel, A. : Effect of mixing conditions on the quality of dough and biscuits. *Cereal Chem.*, **72**, 516-522 (1995)
42. Marston, P. E. and Wannan, T. L. : Bread baking : The transformation from dough to bread. *Baker's Digest*, **50**, 24-28, 49(1976)
43. Pomeranz, Y. : Carbohydrate : Starch. In "Functional properties of food component" Academic Press, New York, pp.64-69(1985)
44. Choi, I. S. and Lee, S. R. : Effect of lipid constituents on the amylograph characteristics of barley flour. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **16**, 99-107(1984)
45. Chang, H. G. and Park, G. G. : Changes in physicochemical characteristics of barley during kernel maturation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **25**, 602-607(1993)
46. Kim, O. K., Kim, K. and Kim, S. K. : Comparison of some properties of naked barley starches. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **17**, 33-36(1985)
47. Vasanthan, T. and Bhatty, R. S. : Physicochemical properties of small and large-granule starches of waxy, regular, and high-amyllose barleys. *Cereal Chem.*, **73**, 199-207 (1996)
48. Kim, Y. H. and Kim, H. S. : Studies on the properties of barley and naked barley starch. I. On the size frequency distribution of starch granules, amylose content and blue value of starch. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **6**, 30-35(1974)
49. Parkkonen, T., Harkonen, H. and Autio, K. : Effect of baking on the microstructure of rye cell walls and protein. *Cereal Chem.*, **71**, 58-63(1994)
50. Macritchie, F. : Baking quality of wheat flours. In "Advances in food research" Academic Press, New York, Vol. 29, p.9, 227(1984)
51. Moss, R. : Dough microstructure as affected by the addition of cysteine, potassium bromate, and ascorbic acid. *Cereal Sci. Today*, **19**, 557-561(1974)
52. Kang, M. Y. : Some physicochemical properties of large and small starch granules of barley. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **21**, 52-57(1989)
53. Nakamura, M. and Kurata, T. : Effect of L-ascorbic acid on the rheological properties of wheat flour-water dough. *Cereal Chem.*, **74**, 647-650(1997)

(1999년 8월 9일 접수)