

밀 및 자색고구마 가루의 제빵성에 대한 첨가제의 영향

김선영 · 유정희
군산대학교 식품영양학과

Effect of Certain Additives on Bread-Making Quality of Wheat-Purple Sweet Potato Flours

Sun Young Kim and Chung Hee Ryu

Department of Food and Nutrition, Kunsan National University

Abstract

The effect of oxidants, gluten and gums on breadmaking quality of wheat-purple sweet potato(*Ipomoea batatas*) composite flour were studied. Alveograph tests of doughs showed that all additives increased the P, L and W values. Of these additives, L-Ascorbic acid, gluten, carboxy methyl cellulose have a significant effect on alveogram indexes. SEM showed that the dough added with additives changed some what in appearance when compared with the control. When oxidants was added, the doughs discontinuous gluten film were observed. No significant differences were evident in bread crumb color among the additives. And textural characteristics of bread crumb were influenced by adding additives. Breads containing additives showed an increase in max weight, strength and hardness and a decrease in springness and cohesiveness. Average enthalpy values for all bread crumb after 7days increased with storage time. However, addition of additives decrease the rate of staling slightly more than that of the control. Addition of L-Ascorbic acid, L-Cystine, carboxy methyl cellulose and hydroxy propyl methyl cellulose increased the loaf volume significantly, and with except potassium bromate bread scores were acceptable.

Key words: purple sweet potato, additive, breadmaking

I. 서 론

빵류는 인류의 중요한 열량 및 단백질 공급원으로¹⁾, 우리나라도 빵류 생산량이 꾸준히 증가하고 있다²⁾. 이 때 제빵의 주 원료는 전량 밀가루이나, 밀가루 앨리지 환자를 위한 non-wheat flours^{3,4)} 및 영양과 경제적 측면을 감안한 복합물을 사용하기도 한다^{2,5,6)}. 우리나라에서는 1970년대부터 쌀, 보리, 옥수수 등의 복합분 제빵에 관한 연구가 계속되었으며^{2,7,9)}, 세계의 개발도상국에서도 이에 관한 연구가 지속되고 있다^{5,10-14)}.

자색고구마는 그 영양성분¹⁵⁾과 독특한 색소^{16,17)}로 인해 여러 가지 식제품 즉, 술, 고추장, 빵류, 앙금류, Jam, 물엿, 떡류 및 국수류 등의 개발이 가능하다¹⁸⁾. 특히 밀가루의 일부를 자색고구마로 대체할 경우 고구마 생paste와 생건조분말 모두 30%까지 식빵제조에 비교적 양호하며¹⁸⁾, 또한 고구마의 고유맛¹⁹⁾으로 인해 식빵의 식이 및 식이섬유 섭취증가가 기대된다. 한편 자색고구마에 함유된 anthocyanin은 안과, 순환계 장

애 및 염증성 질환¹⁷⁾ 등에 식이치료의 효과가 있고, 더욱이 최근에는 이의 항산화성도 인정받고 있는 바, 주로 외국에서는 red wine, jam 등의 식품으로 인해 1인 상당량(25~215 mg/day)을 섭취하고 있다.

따라서 본 실험에서는 전보^{15,18)}의 연구에 이어 자색고구마의 활용도를 높이기 위해, 제빵의 개량을 위한 첨가물질²⁰⁾ 중 산화제 및 gum 물질 등을 이용하여 자색고구마의 반죽특성 및 제빵성을 검토하여 식빵제조의 기초자료를 얻고자 한다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 재료

고구마는 전보¹⁸⁾에서와 같은 완주군 농촌지도소에서 시험재배중인 자색고구마를 구입하였으며, 기타 강력분(대한제분), 버터(해태유업), 생이스트, 소금, 설탕 등은 시판되는 것을 사용하였다.

또한 사용 첨가제는 L-ascorbic acid(Wako pure

chemical, LTD), potassium bromate(Shinyo pure chemicals Co. LTD), L-cystine(Wako), gluten(Sigma Co., 80% protein), carboxyl methyl cellulose(홍성약품(주)) 및 hydroxy propyl methyl cellulose(홍성약품(주)) 등이었다.

2. 자색고구마가루의 제조 및 제빵방법

고구마를 세척하여 껍질을 벗기고, 얇게 절쇄한 후 진공냉동건조하고 분쇄기(Udy cyclone mill)를 통과시킨 다음 150 mesh sieve로 쳐서 실험재료로 사용하였다.

제빵의 원료 반죽구성은 Table 1과 같고, 제빵공정은 AACC straight dough method(10-10A)²¹⁾을 적용하였다.

즉, 각종 반죽에 필요한 재료의 배합비는 Boyacioglu와 D'Appolonia²²⁾, Petrofsky와 Hoseny⁹⁾, 그리고 Ylimaki 등²³⁾의 자료를 참고로 하여 예비실험결과 정하였으며, 밀가루에 고구마가루를 10, 20% 비율로 혼합한 후 기타 재료를 첨가하여 4단으로 되어있는 dough mixer(HAN KOOK SCIENCE, VMV-1214)에서 다시 3분간 premix하고 총 10분간 반죽하였다. 다음 온도 30°C, 습도 85%RH인 발효기(대영공업사)를 이용, 1, 2차 발효를 거친 후 210°C oven(삼성전자, SOR-6420)에서 25분간 baking하였다. 제조한 빵의 부피는 제빵 후 실온에서 2시간 방치한 후 종자치환법(AACC method 72-10)²¹⁾으로 측정하였다.

3. Alveograph에 의한 반죽특성

밀가루 및 혼합분의 반죽 형성능은 Alveograph (Chopin MA 95)를 사용하여 AACC Method 54-3021)

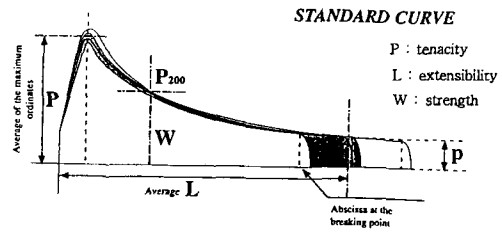


Fig. 1. Typical Alveographic curve for dough.

방법으로 측정하였다. 이 때 Alveogram의 전형적인 곡선은 Fig. 1과 같으며, 이 때 각 시료의 부풀림에 대한 저항성(tenacity, P), 반죽의 팽창성(extensibility, L) 및 반죽의 강도 즉 변형에너지(strength, W)를 구하였다.

4. 반죽의 미세구조 관찰

2차 발효가 끝난 반죽의 표면구조를 주사전자현미경에 의해 시료별로 관찰·비교하였다. 즉, 발효반죽을 -20°C에서 30시간 냉동한 후 상온에서 3시간 방치하여 해동하고 상온 건조 후 ion sputtering device(JFC-1100E)에서 Ag를 200Å 두께로 도금시킨 다음 SEM(JSM 5410, JEOL)을 사용하여 가속전압 25 KV, 2000배의 배율로 관찰하였다.

5. Crumb 색도 측정

빵 crumb의 색도측정을 위해 colorimeter(Minolta Chroma Meter, Model CR-200, Minolta Co., Japan)을 사용하여 L, a, b, ΔE 값을 측정하였다.

이 때 표준 백색판의 L값은 92.6, a값은 0.03 및 b값은 0.32이었다.

Table 1. Basic formula of purple sweet potato bread

Variety	Hard wheat flour (g)	Purple sweet potato flour (g)	Yeast (g)	Sugar (g)	Salt (g)	Butter (g)	Water (ml)
HWF(100) ¹⁾	100	-	4	6	2	4	60
HWF(90)+PSF(10) ²⁾	90	10	4	6	2	4	54
HWF(80)+PSF(20)	80	20	4	6	2	4	52
HWF(80)+PSF(20)+A · A ³⁾	80	20	4	6	2	4	52
HWF(80)+PSF(20)+PB ⁴⁾	80	20	4	6	2	4	52
HWF(80)+PSF(20)+Cys ⁵⁾	80	20	4	6	2	4	52
HWF(80)+PSF(20)+Glu ⁶⁾	80	20	4	6	2	4	55
HWF(80)+PSF(20)+CMC ⁷⁾	80	20	4	6	2	4	52
HWF(80)+PSF(20)+HPMC ⁸⁾	80	20	4	6	2	4	52

¹⁾Hard Wheat Flour.

²⁾Purple Sweet potato Flour.

³⁾L-Ascorbic Acid (100 ppm).

⁴⁾Potassium Bromate (10 ppm).

⁵⁾L-Cystine · HCl (20 ppm).

⁶⁾Gluten (3 g).

⁷⁾Carboxy Methyl Cellulose (3 g).

⁸⁾Hydroxy Propyl Methyl Cellulose (3 g).

Table 2. Instrument condition of Rheometer

Test mode	Mastication
Table speed	60.00 (mm/min)
Critical dia	30.00 (mm)
Load cell	1.00 (kg)
Chart speed	6.00 (mm/sec)
Sample height	10.00 (mm)

6. 빵의 물성 측정

제빵 후 2~3시간 방냉한 crumb 시료에 대한 기계적 물성측정은 Rheometer(COMPAC-100, Sun Scientific Co. Ltd. Japan)를 사용하여 Table 2와 같은 조건으로 최대하중치(max weight), 강도(strength), 경도(hardness), 응집성(cohesiveness) 및 탄성(springiness) 등을 측정하였으며, 각 시료의 측정은 3회측정 평균값을 계산하였다.

7. DSC 측정

Bread crumb의 thermal properties를 살펴보기 위하여 PE film(0.06 mm)봉지에 싸서 7°C에서 냉장저장하면서 1일과 7일 후의 DSC를 측정하였다. 즉, differential scanning calorimetry(DSC 3300, MAC science, Japan)를 사용하여 진공냉동건조시킨 분말화된 시료(3~4 mg)에 15 µl의 증류수를 넣고 밀봉한 후(AI sealing 용기), 상온에서 2시간 방치 후 10°C/min의 가열속도로 25~130°C까지 가열하여 흡열곡선(MIPLLOT MP 4200)을 얻었으며 reference pan은 빈용기 상태로 하였다. 이때의 흡열 peak면적 즉 enthalpy를 측정하여 상대적인 노화도를 결정하였다²⁴⁾.

8. 관능검사 및 통계처리

각 시료의 관능적 특성을 비교하기 위해 관능요원 10명(군산대학교 식품영양학과 재학생 및 교직원)을 대상으로 하여 빵내부의 색, 조직, 향미 등에 대해 scoring difference test²⁵⁾를 실시하였다.

모든 실험은 3회 반복실험하였으며, 실험결과 데이터의 통계분석은 SAS²⁶⁾를 이용하여 평균, 표준편차를 구하였고 분산분석(ANOVA), Duncan의 다중범위검정으로 시료간의 유의성을 검토했다.

III. 결과 및 고찰

1. Alveograph에 의한 반죽특성

Alveogram상의 P, S, W값은 강력분, 중력분, 박력분 등 밀가루의 종류에 따라 감소되는데³¹⁾ 본 실험에

서도 강력분에 자색고구마 가루를 10, 20% 첨가함에 따라 P, L, W값이 차츰 감소하였고, 산화제, vital gluten, 겔질 등을 사용하므로써 다양한 변화를 보였다(Table 3). 즉 변형에 대한 반죽의 저항성지표인 P값은 potassium bromate(PB)를 제외하고 ascorbic acid(AA), cystine(Cys), gluten(Glu), carboxy methyl cellulose(CMC) 및 hydroxy propyl methyl cellulose(HPMC) 등에 의해 증가하였으나 강력분의 P값과 유의적인 차이가 없었다. L값은 ascorbic acid, gluten, potassium bromate 및 hydroxy propyl methyl cellulose의 순으로 고구마가루 20% 단독 첨가군보다 증가하였다. 그리고 변형에너지인 W값도 역시 고구마가루 20% 단독첨가군보다 다소 증가하였으며 특히 ascorbic acid, gluten, hydroxy propyl methyl cellulose순으로 영향을 미쳤다.

일반적으로 반죽의 물성은 가루의 단백질 함량 특히 SH 결합과 SS 결합의 상호작용의 비율 및 전분의 손상상태 등에 따라 영향을 받는데^{28,29)} 밀가루의 일부를 다른 가루로 대체함으로써 적정량의 물성개량제²⁰⁾를 사용하여 반죽물성을 개선한 바, 본 실험에서도 비슷한 경향을 나타내었다. 산화제로서는 PB보다 AA가 더욱 효과가 좋았는데, 이는 Dong²⁹⁾의 보고와 같았으며, bromate를 첨가하므로써 glutenin 소단위의 중합체가 증가하여 결국 반죽성분의 집합체(aggregation)가 형성³⁰⁾된 것으로 생각되었다. 그리고 Chen 등³¹⁾은 alveograph 시험에서 산화제를 첨가하므로써 P값은 증가하고, L값 및 W값은 감소한다고 하였으나, 그 외 보문³²⁻³⁴⁾에서는 P, W값은 증가하고 L값은 감소하거나 큰 변화가 없는 것으로 보고되었다. 한편 gluten을 첨가하는 경우도 산화제와 같은 경향을 나타내었다³¹⁾.

Table 3. Alveogram data for flour with various additives¹⁾

Flour sample ²⁾	Tenacity, P (mm)	Extensibility, L (mm)	Deformation Energy, W (10 ⁴ Joule)
HWF	125 ^{abc}	85 ^a	392 ^a
HWF(90)+PSF(10)	119 ^c	61 ^b	170 ^c
HWF(80)+PSF(20)	90 ^f	35 ^e	160 ^c
HWF(80)+PSF(20)+AA	134 ^d	60 ^b	250 ^b
HWF(80)+PSF(20)+PB	102 ^d	43 ^d	162 ^e
HWF(80)+PSF(20)+Cys	123 ^{bc}	35 ^e	170 ^c
HWF(80)+PSF(20)+Glu	131 ^{ab}	54 ^c	220 ^c
HWF(80)+PSF(20)+CMC	130 ^{ab}	32 ^e	165 ^c
HWF(80)+PSF(20)+HPMC	129 ^{ab}	42 ^d	190 ^d

¹⁾ Means followed by the same letter in columns are not significantly different (P < 0.05).

²⁾ Same as Table 1.

2. 반죽의 표면구조

각 시료반죽의 표면구조는 Fig. 2와 같이 대체로 2종류의 전분입자를 내포하고 있으며, 작은 입자는 비교적 구형이고 큰 것은 렌즈형태로서, 자색고구마를 첨가한 반죽에서는 약간 다각형의 작은 입자를 관찰할 수 있었다. 보통 밀가루전분 입자는 직경 2~40 μm로 크기가 다양하며 평균으로 10~15 μm정도의 크기가 대부분이고 크고 작은 2종류의 입자형태가 있으며^{35,36)} 고구마전분은 8~18 μm정도로 모두 표면은 매끄러운 감을 주며 둥글거나 약간 다각형의 입자구조를 가진다는 보고^{37,38)}와 일치함을 알 수 있었다. 또한 각 시료 모두 1차발효가 끝난 반죽이므로 균데균데 가스공포(gas vacuoles)인 점은 점을 발견할 수 있으며,

사진 A와 B에서는 사진 C와는 대조적으로 전분입자와 가스기포를 내포하는 얇은 gluten막(film)이 형성되어, 다른 반죽시료와는 달리 전분입자가 포집됨이 관찰되었다. 이런 경향은 사진 G나 Gum 물질을 첨가한 사진 H나 I에서도 다소 나타났다. Pomeranz 등³⁹⁾은 단백질 matrix가 형성된 후 큰 전분입자보다는 일련의 작은 전분입자들이 밀가루 반죽구조에 영향을 주며 형성된 단백질의 미세한 망(network)이 이들을 덮고 있다고 했다. 그러나 사진 C, D, E, F 등에서는 작은 입자의 형태가 분명치 않고 조밀하며 입자를 둘러싼 얇은 gluten막이 거의 관찰되지 않아, 이들이 붕괴되었거나 단절되었음이 발견되었다³⁹⁾. 이는 사진 C일 경우 20% 자색고구마가루 첨가로 인해 단백질이 희석

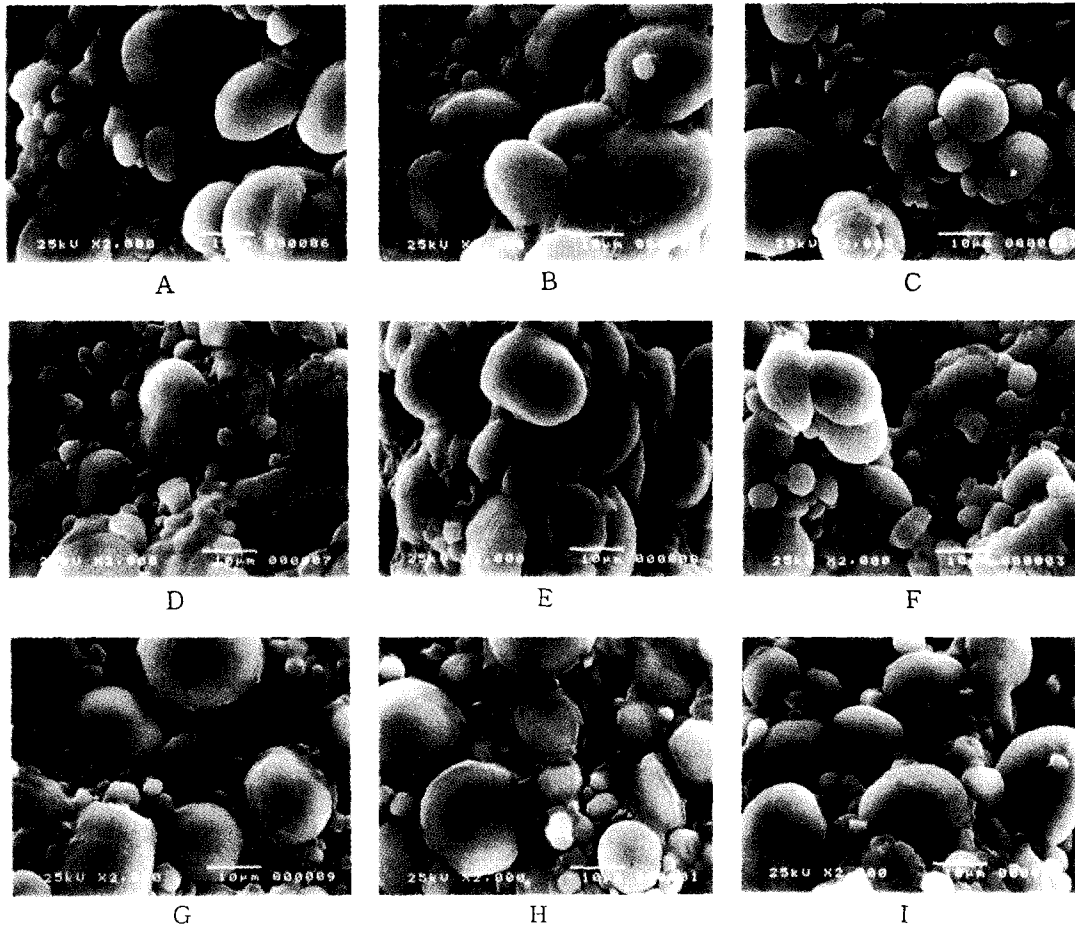


Fig. 2. Scanning electronmicrographs of doughs (×2000).

- | | | |
|------------------------|------------------------|-------------------------|
| A: HWF(100) | B: HWF(90)+PSF(10) | C: HWF(80)+PSF(20) |
| D: HWF(80)+PSF(20)+AA | E: HWF(80)+PSF(20)+PB | F: HWF(80)+PSF(20)+Cys |
| G: HWF(80)+PSF(20)+Glu | H: HWF(80)+PSF(20)+CMC | I: HWF(80)+PSF(20)+HPMC |

되었으며, 사진 D, E, F는 산화제에 의해 일부 gluten에 있어서 새로운 SS 결합이 생겨^{5,29,40)} 섬유상의 집합체가 형성되고^{5,35,39)} 반죽특성이 변화된 것으로 사료되었다.

3. Crumb의 색도

빵 crumb의 색도측정 결과는 Table 4와 같다. L값은 자색고구마가루를 첨가함에 따라 감소하였으며 첨가제에 따른 유의적 차이는 없었다($P < 0.05$). a값은 anthocyanin 자색으로 인해 HWF에서보다 증가하였고 gluten, carboxy methyl cellulose, hydroxy propyl methyl cellulose 첨가구끼리는 역시 유의적 차이가 없었으며, b값은 10% 자색고구마가루 첨가구와 potassium bromate 첨가구, 20% 자색고구마가루 첨가구와 L-ascorbic acid, gluten 및 carboxy methyl cellulose 첨가구간에 유의적인 차이가 없었다. 그리고 총체적

Table 4. Comparison of color properties of bread crumb

Bread crumb ²⁾	Color properties of bread			
	L	a	b	ΔE
HWF	77.81 ^{a1)}	-1.62 ^c	13.33 ^a	23.57 ^c
HWF(90)+PSF(10)	51.73 ^b	13.76 ^d	4.39 ^b	48.27 ^b
HWF(80)+PSF(20)	39.22 ^e	16.40 ^b	3.75 ^{cd}	60.95 ^a
HWF(80)+PSF(20)+AA	39.99 ^e	17.59 ^a	3.48 ^{de}	60.54 ^a
HWF(80)+PSF(20)+PB	40.14 ^e	15.57 ^e	4.19 ^b	59.86 ^a
HWF(80)+PSF(20)+Cys	41.29 ^e	17.41 ^a	3.36 ^e	59.25 ^a
HWF(80)+PSF(20)+Glu	40.11 ^e	16.31 ^b	3.74 ^{cd}	60.07 ^a
HWF(80)+PSF(20)+CMC	40.84 ^e	16.45 ^b	3.22 ^e	59.40 ^a
HWF(80)+PSF(20)+HPMC	40.40 ^e	16.23 ^b	3.90 ^c	59.78 ^a

¹⁾ Means followed by the same letter in columns are not significantly different ($P < 0.05$).

²⁾ Same as the Table 1.

인 차이를 구별할 수 있는 ΔE값은 첨가제 사용에 따른 유의적인 차이는 발견되지 않았고, 자색고구마가루를 첨가함에 따라 HWF의 ΔE값과 유의적인 차이가 나타났다.

4. 빵 crumb의 물성

제빵 후 2~3시간 방냉하여 빵 crumb의 물성을 측정한 결과는 Table 5와 같다. 최대하중치, 강도, 경도 등은 자색고구마가루를 첨가하므로써 증가하였고, 탄성, 응집성은 감소하였다. 그러나 L-ascorbic acid, L-cystine, carboxy methyl cellulose 및 hydroxy propyl methyl cellulose 등을 20% 자색고구마군에 첨가하므로써 각 물성치에 상당한 변화를 보였으며, 특히 potassium bromate 및 gluten를 첨가한 군은 아주 다른 양상을 보였다.

즉 최대하중치는 L-ascorbic acid나 carboxy methyl cellulose를 첨가하므로써 감소하였으며, gluten 첨가군은 100% 강력분제품보다 낮은 값을 보였고, potassium bromate 첨가군은 가장 높은 값을 보였다. 이러한 경향은 Strength나 Hardness 특성치에도 같았으며, L-ascorbic acid, L-cystine, carboxy methyl cellulose 등은 유의적으로 차이가 없었다($P < 0.05$). Springness 특성치는 100% 강력분, L-ascorbic acid, gluten, carboxy methyl cellulose 첨가군간에 유의적인 차이가 없었으며, potassium bromate 및 hydroxy propyl methyl cellulose 첨가군이 가장 낮은 수준이었다. 한편 Cohesiveness는 자색고구마를 20% 첨가함으로써 100% 강력분 및 10% 자색고구마군과 유의적으로 차이가 컸으며, L-ascorbic acid, L-cystine, gluten 및 carboxy methyl cellulose를 첨가함으로써 100% 강력분과 차이가 없었다.

Table 5. Rheological properties of bread crumb with various additives¹⁾

Bread crumb ²⁾	Rheological properties				
	Max. W	Strength	Hardness	Springiness	Cohesiveness
HWF(100)	506 ^c	702 ^d	1206 ^c	0.94 ^a	0.74 ^a
HWF(90)+PSF(10)	569 ^d	789 ^e	1320 ^c	0.86 ^{bc}	0.62 ^b
HWF(80)+PSF(20)	670 ^b	910 ^a	2395 ^b	0.75 ^d	0.47 ^c
HWF(80)+PSF(20)+AA	625 ^c	841 ^b	1756 ^b	0.92 ^a	0.72 ^a
HWF(80)+PSF(20)+PB	750 ^a	920 ^a	2482 ^a	0.81 ^c	0.62 ^b
HWF(80)+PSF(20)+Cys	708 ^b	862 ^b	1920 ^b	0.89 ^b	0.74 ^a
HWF(80)+PSF(20)+Glu	404 ^f	522 ^f	944 ^d	0.90 ^{ab}	0.69 ^a
HWF(80)+PSF(20)+CMC	653 ^c	854 ^a	2111 ^{ab}	0.92 ^a	0.71 ^a
HWF(80)+PSF(20)+HPMC	734 ^a	893 ^a	2215 ^a	0.83 ^c	0.58 ^b

¹⁾ Means followed by the same letter in columns are not significantly different ($P < 0.05$).

²⁾ Same as the Table 1.

일반적으로 산화제, gluten 및 gum 물질 등은 단백질 함량이 비교적 적은 durum wheat dough^{22,35)}나, 여러 복합분의 반죽특성을 향상시킨다는 보고^{5,23,36,41)}에 상응하여 고구마빵의 crumb 물성에도 영향을 주었다.

5. 빵내부의 노화특성

시료 모두 7일 저장한 결과 엔탈피(ΔH)가 증가하였으며, 자색고구마를 10%, 20% 첨가한 구에서도 역시 ΔH 값이 증가하였다(Table 6). 이는 DSC thermogram 상⁴²⁾의 노화흡열곡선은 결정화된 전분의 amylopectin의 용융의 결과로서 흡열곡선정점이 신선한 빵에서는 나타나지 않고 저장기간에 따라 증가하기 때문이다^{42,43)}.

저장 1일 후 고구마전분이 첨가되므로써 ΔH 값이 증가하였으나 여러 첨가제에 의해 감소되었으며, 저장 7일 후에도 같은 경향이였다. 특히 L-ascorbic acid 첨가구와 L-cystine 첨가구는 100% 강력분과 유의적인 차이가 없었으며($P < 0.05$), 저장 후에는 10% 자색

고구마가루 첨가구와 다른 시료간에 차이가 없었으며, L-ascorbic acid, carboxy methyl cellulose 등에서 노화지연 효과가 컸다.

한편 100% 강력분의 H값은 이미 보고된 연구결과^{42,43)}보다 다소 높으나, 이는 비교적 낮은 온도(7°C)에서 저장했기 때문에 노화가 촉진된 것으로⁴⁴⁾ 보였다.

보통 빵의 노화는 전분의 종류, 저장기간, 온도, 빵의 수분함량 등⁴²⁻⁴⁵⁾에 의해 영향을 받으며, 특히 전분 입자중 아밀로오스에 비해 아밀로펙틴이 빵의 노화에 주된 원인이라는 보고도 있는 바⁴⁵⁾, 앞으로 자색고구마전분의 이화학적 특성에 대한 연구가 필요하다고 생각되었다.

6. 빵의 부피 및 관능검사

자색고구마가루를 첨가한 빵의 부피는 다른 복합분^{2,3,7-9)}의 연구결과와 마찬가지로 감소하였으며, 20% 자색고구마가루를 첨가한 경우는 감소폭이 더욱 컸다. 빵의 부피는 특히 단백질 함량^{22,32)}과 glutenin, gliadin의 함량에 크게 영향을 받는데^{29,40,41)}, 자색고구마가루는 다른 곡류보다도 단백질의 함량¹⁵⁾이 낮고 전분이 상대적으로 많기 때문에 가스 보유력^{46,47)}이 약한 것으로 판단되었다. 그러나 여러 첨가제에 의해 10~35 ml의 부피가 증가하였으며, 특히 산화제 중 L-ascorbic acid와 L-cystine 및 carboxy methyl cellulose, hydroxy propyl methyl cellulose 등의 효과가 컸으며 서로 유의적인 차이가 없었다($P < 0.05$).

물성개량제 중 적정량의 산화제는 -SH기를 SS결합으로 산화하여 반죽내 단백질의 평균 분자량을 증가시킴으로써^{28,29,47)} 가스 보유력이 증가되어 결국 빵의 품질을 개선^{22,30,46)}시키며, gluten은 단백질 함량을 증가시켜 빵의 부피 및 조직을 향상시키고²²⁾ carboxyl

Table 6. DSC data of bread crumbs stored at 7°C¹⁾

Bread crumb ²⁾	ΔH (cal/g)	
	Day 1	Day 7
HWF(100)	0.68 ^c	1.03 ^d
HWF(90)+PSF(10)	0.76 ^b	1.26 ^b
HWF(80)+PSF(20)	0.87 ^a	1.45 ^a
HWF(80)+PSF(20)+AA	0.71 ^c	1.02 ^d
HWF(80)+PSF(20)+PB	0.79 ^b	1.24 ^b
HWF(80)+PSF(20)+Cys	0.73 ^c	1.16 ^{bc}
HWF(80)+PSF(20)+Glu	0.75 ^b	1.17 ^{bc}
HWF(80)+PSF(20)+CMC	0.76 ^b	1.12 ^c
HWF(80)+PSF(20)+HPMC	0.81 ^{ab}	1.19 ^{bc}

¹⁾Means followed by the same letter in columns are not significantly different ($P < 0.05$).

²⁾Same as the Table 1.

Table 7. Loaf volume and sensory evaluation¹⁾ of breads with various additives

Bread products ²⁾	Bread properties					
	Loaf volume (ml)	Crumb color	Crumb texture	Flavor	Taste	Overall quality
HWF(100)	840 ^{ab3)}	2.4 ^c	2.0 ^c	3.0 ^b	3.1 ^a	2.5 ^c
HWF(90)+PSF(10)	750 ^b	3.1 ^{bc}	2.3 ^{bc}	2.9 ^b	3.2 ^a	2.8 ^{ch}
HWF(80)+PSF(20)	605 ^d	3.1 ^{bc}	3.4 ^a	3.6 ^a	3.6 ^a	3.3 ^{ba}
HWF(80)+PSF(20)+AA	635 ^c	2.9 ^c	2.6 ^{bc}	3.5 ^a	3.3 ^a	2.9 ^{ch}
HWF(80)+PSF(20)+PB	615 ^d	3.7 ^{ab}	3.7 ^a	3.6 ^a	3.6 ^a	3.6 ^a
HWF(80)+PSF(20)+Cys	630 ^c	2.9 ^c	3.0 ^b	3.5 ^a	3.3 ^a	2.8 ^{ch}
HWF(80)+PSF(20)+Glu	625 ^{cd}	3.0 ^{bc}	2.8 ^b	3.2 ^b	3.3 ^a	3.0 ^c
HWF(80)+PSF(20)+CMC	640 ^c	2.8 ^c	2.5 ^{bc}	3.2 ^b	3.3 ^a	2.8 ^c
HWF(80)+PSF(20)+HPMC	630 ^c	3.9 ^a	3.5 ^a	3.5 ^a	3.4 ^a	3.3 ^{ba}

¹⁾Scores based on scale of 1-6 (1=high, 6=low).

²⁾Same as the Table 1.

methyl cellulose 및 hydroxy propyl methyl cellulose 같은 gum류는 gluten 대체물질로서 역시 효과가 있다는 연구^{12,23,48)}와 같이 자색고구마를 첨가한 빵의 관능검사 (Table 7)에서도 첨가제의 효과를 볼 수 있었다. 빵내부의 색은 안토시아닌 색소로 인해 10%, 20% 자색고구마가루를 첨가하므로써 100% 강력분군과 빵내부색의 차이가 확인했으나 관능자의 기호도에서는 유의적인 차이가 없었다($P < 0.05$). 그리고 조직감은 L-ascorbic acid, carboxy methyl cellulose 첨가군은 100% 강력분군과 유의차가 없었으며, gluten, L-cystine 첨가군은 10% 자색고구마군과 유의차가 없었다. 냄새에 있어서는 고구마 특유의 냄새^{19,49)}로 인해 100% 강력분과 차이가 있었으며, 맛에는 시료간에 차이가 없었다. 전체적인 빵의 품질에서는 100% 강력분군, 10% 자색고구마 첨가군, L-ascorbic acid 첨가군, L-cystine 첨가군, gluten 첨가군 및 carboxy methyl cellulose 첨가군 사이에 유의차가 없었다.

IV. 요약

밀가루(80%)와 자색고구마가루(20%)를 이용한 복합분으로 고구마빵을 제조하기 위하여 L-ascorbic acid, potassium bromate, gluten, carboxy methyl cellulose 및 hydroxy propyl methyl cellulose 등의 물성개량제를 첨가하여 고구마빵의 제빵성을 비교·검토하였다.

Alveograph에 의한 반죽특성은 물성개량제를 첨가에 따라 P, L, W값이 증가하였으며, 특히 L-ascorbic acid, gluten, carboxy methyl cellulose 등의 영향이 컸다. 반죽의 표면구조는 산화제를 첨가한 경우 gluten의 얇은 막이 거의 관찰되지 않았고, gluten, carboxy methyl cellulose, hydroxy propyl methyl cellulose를 첨가한 경우 전분입자의 형태는 비교적 선명하나 큰 전분입자를 중심으로 얇은 막으로 둘러싸여 있었다. 빵 내부색의 총체적인 차이를 구별할 수 있는 ΔE 값은 첨가제에 의한 영향은 없었으며, 빵 내부의 물성은 최대하중치, 강도, 경도 특성치가 사용첨가제에 의해 감소하였으며, 탄성, 응집성의 특성치는 증가하였다. 빵 내부의 노화특성은 7일 냉장저장 결과 엔탈피(ΔH)값이 증가하였으나 각 첨가제 모두 노화지연효과가 있었다. 빵의 부피도 첨가제를 사용함으로써 증가하였으며 특히 L-ascorbic acid, L-cystine, carboxy methyl cellulose 및 hydroxy propyl methyl cellulose 등의 효과가 좋았고 관능검사결과 potassium bromate를 제외하고 전반적으로 제빵의 품질이 양호하였다.

參考文獻

- Sidhu, J.S., Al-Saquer, J. and Al-Zenki, S.: Comparison of methods for the assessment of the extent of staling in bread, *Food Chem.*, **58**: 161 (1997).
- 한국식품연구문헌총람: 한국식품과학회편, 제4권 (1989).
- Kim, J.C. and Ruitter, D.E.: Bread from Non-wheat flour, *Food Technol.*, **22**, 867 (1968).
- Watanabe, M., Ikezawa, Z. and Arai, S.: Fabrication and quality evaluation of hypoallergenic wheat products, *Biosci. Biotech. Biochem.*, **58**: 2061 (1994).
- Petrofsky, K.E. and Hosney, R.C.: Rheological properties of dough made with starch and gluten from several cereal sources, *Cereal Chem.*, **72**: 53 (1995).
- 김명애, 오승희: 미분을 이용한 choux의 제과특성연구, 한국조리과학회지, **11**: 69 (1995).
- 이춘영, 김성곤, 피이 마스톤: 쌀 및 밀 복합분의 물리적 성질 및 제빵시험, 한국식품과학회지, **11**: 99 (1979).
- 조미경, 이원중: 보리가루를 이용한 고식이섬유빵의 제조, 한국식품과학회지, **28**: 702 (1996).
- 권혁련, 안명수: 쌀가루와 기타 미분을 이용한 식빵 및 러스크의 제조방법과 물성에 관한 연구(I), 한국조리과학회지, **11**: 479 (1995).
- Roach, R.R. and Hosney, R.C.: Effect of Certain surfactants on the starch in bread, *Cereal Chem.*, **72**: 578 (1995).
- Parkkonen, T., Härkönen, H. and Autio, K.: Effect of baking on the microstructure of rye cell walls and protein, *Cereal Chem.*, **71**: 58 (1994).
- Nishita, K.D. and Bean, M.M.: Phytochemical properties of rice in relation to rice bread, *Cereal Chem.*, **56**: 185 (1979).
- Stampfli, L. and Nersten, B.: Emulsifiers in bread making, *Food Chem.*, **52**: 353 (1995).
- 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 (1997).
- 김선영, 유정희: 자색고구마의 영양성분에 관한 연구, 한국식품과학회지, **27**: 819 (1995).
- 김선재, 임종환, 이란숙, 이준설, 정병춘: 자색고구마의 생육특성 및 색소함량의 변화, 한국식품과학회지, **28**: 1180 (1996).
- Bridle, P. and Timberlake, C.F.: Anthocyanins as natural food colours-selected aspects, *Food Chem.*, **58**: 103 (1997).
- 김선영, 유정희: 자색고구마를 이용한 제품개발연구, 군산농촌지도소 연구보고 (1995).
- Purcell, A.E., Later, D.W. and Lee, M.L.: Analysis of the volatile constituents of baked, "Jewel" sweet potatoes, *J. Agric. Food Chem.*, **28**: 939 (1980).

20. 김선영, 유정희: 첨가물질에 따른 반죽물성의 특성, 군산대학교 논문집, **23**, 397 (1996).
21. AACC: Approved Methods of the AACC, 8th ed., AACC, St. Paul, MN. (1983).
22. Boyacioglu, M.H. and D'Appolonia, B.L.: Characterization and utilization of durum wheat for breadmaking. II Study of flour blends and various additives, *Cereal Chem.*, **71**: 28 (1994).
23. Ylimaki, G., Hawrysh, Z.J., Hardin, R.T. and Thomson, A.B.R.: Application of response surface methodology to the development of rice flour yeast breads: Objective measurements, *J. Food Sci.*, **53**: 1800 (1988).
24. Sahlström, S. and Bråthen, E.: Effect of enzyme preparations for baking, mixing time and resting time on bread quality and bread staling, *Food Chem.*, **58**: 75 (1997).
25. 김광옥, 이영춘: 식품의 관능검사, 학연사, p. 166 (1989).
26. SAS-STAT Guide Personal Computer, SAS Institute Inc., Cary, North Carolina (1988).
27. Addo, K. and Pomeranz, Y.: Effect of lipids and emulsifiers on alveograph characteristics, *Cereal Chem.*, **69**: 6 (1992).
28. MacRitchie, F.: Baking quality of wheat flours, In Advances in Food Research, **29**: 202, AP (1984).
29. Dong, W. and Hoseney, R.C.: Effects of certain breadmaking oxidants and reducing agents on dough rheological properties, *Cereal Chem.*, **72**: 58 (1995).
30. Fanozzo, J.F., Bekes, F., Wrigley, C.W. and Gupta, R. B.: The effects of bromate (0-30 ppm) on the proteins and lipids of dough, *Cereal Chem.*, **71**: 195 (1994).
31. Chen, J. and D'Appolonia, B.L.: Effect of starch damage and oxidizing agents on alveogram properties. p. 117. in: Fundamentals of Dough Rheology, H. Faridi and J.M. Faubion, eds. *Am. Assoc. Cereal Chem.*, St. Paul, MN (1986).
32. Faridi, H. and Rasper, V.F.: The Alveograph Handbook, AACC. Inc. St. Paul. MN (1986).
33. Bennett, R. and Coppock, J.B.M.: Measuring the physical characteristics of flour, *J. Sci. Food Agric.*, **3**: 297 (1952).
34. Hlynka, L. and Barth, F.W.: Chopin Alveograph Studies. II. Structural relaxation in dough, *Cereal Chem.*, **32**: 472 (1995).
35. Morita, N., Nakata, K., Hamauzu, Z. and Toyosawa, I.: Effect of α -Glucosyl rutin as improvers for wheat dough and breadmaking, *Cereal Chem.*, **73**: 99 (1996).
36. Pomeranz, Y.: Functional Properties of Food Components, Carbohydrate: Structural Polysaccharides, Pectins, and Gums, p. 136, AP (1985).
37. 이신경, 신말식: Surfactant를 처리한 고구마 전분의 물리·화학적 특성, 한국조리과학회지, **8**: 255 (1992).
38. 신말식, 안승요: 한국산 고구마 전분의 이화학적 특성에 관한 연구, 한국농화학회지, **26**: 137 (1983).
39. Pomeranz, Y., Meyer, D. and Seibel, W.: Wheat, wheat-rye, and rye dough and bread studied by scanning electronmicroscopy, *Cereal Chem.*, **61**: 53 (1984).
40. Bloksma, A.H.: Rheology and Chemistry of dough. In: Wheat: Chemistry and technology, ed. by Y. Pomeranz, *Am. Asso. Cereal Chem.*, St. Paul (1971).
41. Navickis, L.L.: Rheological changes of fortified wheat and corn flour doughs with mixing time, *Cereal Chem.*, **66**: 321 (1989).
42. Russell, P.L.: A kinetic study of bread staling by differential scanning calorimetry and compressibility measurements. The effect of added monoglyceride. *J. Cereal Sci.*, **1**: 297 (1983).
43. Czuchajowska, Z. and Pomeranz, Y.: Differential scanning calorimetry, water activity and moisture contents in bread center and near crust zones of bread during storage, *Cereal Chem.*, **60**: 305 (1989).
44. Longton, J. and LeGrys, G.A.: Differential scanning calorimetry studies on the crystallinity of ageing wheat starch gels, *Starch*, **33**: 410 (1981).
45. Martin, M.L., Zeleznak, K.J. and Hoseney, R.C.: A mechanism of bread firming I. Role of starch swelling, *Cereal Chem.*, **68**: 498 (1991).
46. Yamada, Y. and Preston, K.R.: Sponge-and-dough bread: Effects of oxidants on bread and rise properties of a canadian red spring wheat patent flour, *Cereal Chem.*, **71**: 297 (1994).
47. Bekes, F., Gras, P.W. and Gupta, R.B.: Mixing properties as a measure of reversible reduction and oxidation of doughs, *Cereal Chem.*, **71**: 44 (1994).
48. Kulp, K., Hepburn, F.N. and Lehmann, T.A.: Preparation of bread without gluten, *Bakers Digest*, **48**: 34 (1974).
49. Tiu, C.S., Purcell, A.E. and Collins, W.W.: Contribution of some volatile compounds to sweat potato aroma, *J. Agric. Food Chem.*, **33**: 223 (1985).

(1997년 10월 9일 접수)