

Bifidobacterium infantis 및 *Streptococcus thermophilus*가 밀가루 반죽의 물성적 성질에 미치는 영향

홍정훈 · 김경자 · 방극승*

동아대학교 식품영양학과, 동아대학교 축산학과*

Effect of Wheat Flour with *Bifidobacterium infantis* and *Streptococcus thermophilus* on Rheological Properties of Wheat Flour Dough

Jeong-Hoon Hong, Kyoung-Ja Kim and Keuk-Seung Bang*

Dep. of Food and Nutrition, Dong-A University

*Dep. of Animal Science, Dong-A University

Abstract

In order to economically utilize dough with *B. infantis* and *S. thermophilus* as a bread improver, WHC, swelling power, solubility, farinograph, extensograph and amylograph of dough were investigated. Swelling power and solubility were less than medium flour and weak flour. WHC was higher than those. On rheological properties of dough, farinograms of dough showed progressively increasing water absorption, peak time only increased with addition of *S. thermophilus*. Extensograms showed that area increased *S. thermophilus* and *B. infantis* at 135 min. Extensibility and resistance to extension of dough were higher in *S. thermophilus* than those in *B. infantis*. On amylograms, maximum viscosity of dough increased by addition of *B. infantis* and *S. thermophilus*.

Key words: *B. infantis*, rheological properties

I. 서 론

지금까지의 bakery products에 관한 연구영역을 살펴 보면 밀 자체의 숙성과 제분과정¹⁾, gliadin, glutenin의 gluten 형성력²⁾, 밀가루 알러지 환자를 위한 hypoallergenic wheat products의 개발³⁾, 영양과 경제면을 감안한 복합분 개발⁴⁾, 제품의 노화⁵⁾ 및 각종 첨가물에 관한 반죽의 물리화학적 특성⁶⁾ 등이 있다. 특히, 첨가물에 대한 연구는 크게 5가지 영역으로 나누어지는데 첫번째가 반죽을 구성하는 단백질 중 SH기와 S-S결합의 산화·환원을 조절하는 산화·환원제⁷⁾가 있고 두번째로는 빵 내부조직을 유연하게 하고 반죽을 강화시키는 유화제⁸⁾, 세번째로는 곡분을 섞은 빵의 조직을 개량시키는 pentosan과 같은 비 전분 다당류⁹⁾, 네번째로 비소화성 물질인 효소 저항성 전분의 첨가가 있으며 마지막으로 발효 유제품 및 젖산균의 첨가가 있다.

최근 소비자들의 건강 기향적인 제품구매 패턴을 고려할 때 효소를 이용하여 제품 품질을 개선시키는 것이 바람직하다. 효소를 이용한 품질 개선 방법에 대한 연구로

는 Chamberlain 등¹⁰⁾의 α -amylase를 이용한 제품 품질 개선 연구와 sour dough에서 빵의 품질을 향상시키는 젖산균(lactic acid bacteria, LAB)을 분리 동정하여 사용하는 연구가 보고되고 있다^{11,12)}. 젖산균의 발효 중 유기산을 생성하여 반죽의 물성을 변화시키고 기계적 내성을 증가시키면서 반죽의 pH를 저하시켜 빵의 부피와 관계가 있는 글리아딘 단백질의 점성을 증가시킨다.

최근에 혐기성균의 배양법이 발달하면서 장내 혐기성 젖산균인 bifidobacteria에 대한 연구가 활발해지게 되고 bifidobacteria가 인간의 장내 flora를 구성하는 젖산균으로서 일반적으로 이용되는 젖산균들보다 더 중요하다는 것이 밝혀지면서 식품가공에 많은 이용이 시도되고 있다¹⁴⁾.

Bifidobacteria는 빵에서 반죽 물성과 소비자 기호에 가장 큰 영향을 미치는 lactic acid와 acetic acid를 1:1.5 정도의 비율로 생산되는 것으로 보고된 바 있다¹⁵⁾. 이 유기산들은 빵의 향미에 영향을 줄뿐만 아니라 gluten의 팽윤을 도와주어 가수 보유력을 높여 조직감을 좋게 하고 체적이 큰 제품을 생산할 수 있는 천

연 제빵 개량제로서의 역할이 가능하다고 알려진 바 있다¹⁵⁾. 이것을 제빵에 이용할 수 있다면 반죽 물성, 빵의 내부상태, loaf volume의 향상이 있는 것으로 기대된다.

따라서 본 연구에서는 발효시 pH는 낮고 총산도가 높은 *S. thermophilus*와 이상젖산발효균인 bifidobacteria를 배양하여 반죽에 첨가함으로써 반죽의 물성에 어떠한 영향을 미치는가를 검토하고자 한다. *B. infantis* 및 *S. thermophilus*가 함유된 반죽의 farinogram, extensogram 및 amylogram 특성을 조사하였으며, extensograph에서 발효되는 동안의 pH 변화 등을 관찰하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료 및 균주의 준비

(1) 실험재료

밀가루는 제일제당(주)에서 생산된 제빵용 백설 강력 밀가루 강력1등급(단백질 12.71%, 회분 0.44%, 수분 12.8%)을 사용하였다.

(2) 균주, 배지 및 배양방법

균주는 생명공학연구소에서 분양 받은 *B. infantis* ATCC 3226과 *S. thermophilus* ACTT 2185를 사용하였고, *B. infantis*의 배지는 SMRS(Supplemented MRS; MRS배지(Difco)에 L-cystein HCl 0.05%, Na₂CO₃ 0.02%, CaCl₂·2H₂O 0.01%를 첨가한것)를 사용하였고¹⁶⁾ *S. thermophilus*는 MRS배지를 사용하였다.

배양방법은 *B. infantis*는 anaerobic jar(Mitsubishi Gas Chemical Co., Inc.)에 넣어 37°C에서 48시간 동안 혐기적으로 배양하였고 *S. thermophilus*는 37°C incubator(CO₂ Vision Co., LTD KMC-8409C)에서 24시간 동안 호기적으로 배양하여 사용하였다.

(3) 균수 측정 및 실제 사용균주의 균수조정

배양된 *B. infantis*와 *S. thermophilus*를 4000 rpm에서 15분간 원심분리(VS-5500 CF)하여 0.1% bactopectone(Difco)으로 수세하여 다시 같은 방법으로 원심분리, 수세하여 broth를 제거하고 균만을 모은다. 모아진 균에 0.1% bactopectone 10 ml를 분주하고 이것을 10¹ ~ 10¹⁰까지 희석하여 550 nm에서 optical density(O.D.)를 측정하여 표준곡선을 작성한다. 실제 반죽물성측정에 사용되는 균주를 위와 같은 방법으로 모아 측정된 O.D.치를 기준으로 하여 *B. infantis*와 *S. thermophilus* 각각을 0.1% bactopectone으로 희석하여 10⁸ CFU/ml(O.D.치는 0.35)로 조절하여 사용하였다¹⁷⁾. *B. infantis*와 *S. thermophilus*를 함께 첨가한 군도 각각 10⁸ CFU/ml로 첨가하였다.

2. 실험방법

(1) 원료 밀가루의 물결합능력, 팽윤력, 용해도 측정 수분에 대한 원료 밀가루의 이화학적 성질을 측정하기 위하여 물결합력, 팽윤력, 용해도를 측정하였다.

① 물결합능력(WHC) : Medcalf와 Gilles 방법¹⁸⁾을 이용하여 측정하였다. 밀가루 0.5 g에 증류수 70 ml를 첨가하여 실온에서 1시간동안 교반하여 1000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 여기에서 침전된 침전물의 무게를 시료무게로 나누어 물결합능력을 계산하였다.

$$\text{물결합능력(\%)} = \text{침전물/시료무게} \times 100$$

② 팽윤력 및 용해도 : Schoch 방법¹⁹⁾을 사용하였다. 밀가루 0.5 g에 증류수 70 ml를 넣고 상온에서 1시간 동안 교반하여 85°C에서 30분간 가열한 후 냉각하였다. 3000 rpm에서 15분간 원심분리하여 침전물 무게(B)를 구하고, 상등액은 여과한 후 건조하여 그 무게(A)를 구하였다.

$$\text{용해도(\%)} = A/\text{시료무게} \times 100$$

$$\text{팽윤력} = B/\text{시료무게} \times (100 - \% \text{용해도}) \times 100$$

(2) Farinograph에 의한 반죽특성

반죽형성 능력과 형성된 반죽의 물리적 성질은 AACC (54-21, Brabender)방법²⁰⁾에 따라 Farinograph(Brabender Co., Germany)을 이용하여 흡수율(커브의 중심선이 500 B.U. 선에 도달했을 때의 물의 양, %), 반죽시간(그래프가 정점에 도달할 때까지의 시간, 분), 안정도(그래프의 중심선이 500B.U. 선을 처음 지나는 지점에서부터 그 중심선이 500B.U. 선을 벗어나는 지점까지의 시간, 분), 연화도(그래프가 떨어지기 시작하는 점부터 12분 지점의 커브 중심이 500B.U.선에서 떨어지는 점도, B.U.)와 valorimeter를 이용한 전체 강력도(반죽시간동안의 안정도를 종합 평가한 값)를 조사하였다.

밀가루 300 g(14% 수분함량기준)을 사용하고, bowl의 온도는 30±0.2°C로 유지하도록 하였다. 밀가루를 1분 동안 1단으로 혼합하면서 균주(0.1% bactopecton으로 희석한 cellular suspension 250 ml)를 넣고 5분간 혼합한 후 25초 동안 물 64~65 ml(graph의 peak중심이 500B.U.로 된다고 예상되는 물의 양)을 가하였다. 혼합하는 동안 벽면에 붙은 반죽을 긁어내려 주면서 커브의 중앙이 500B.U.에 도달할 때까지 물의 양을 조절하였다.

(3) Extensograph에 의한 발효특성

발효특성은 AACC 54-10²⁰⁾에 따라 Extensograph(Brabender Co., Germany)를 이용하여 측정하였다. 반죽을 끊어질 때까지 늘릴 때 들어간 힘과 늘어난 길이와의 관계를 나타내는 곡선을 얻었으며, Farinograph에서 얻을 수 없는 반죽 숙성시의 작용을 측정하였다. 300 g 밀가루와 6g의 식염을 사용하였고 물의 양은 farinograph 흡

수량보다 3% 적게 하였다. 균주를 첨가하여 5분간 혼합한 후 물을 넣은 다음 1분간 다시 혼합하였다. 혼합된 반죽을 5분간 방치하고, 다시 혼합하면서 커브의 중앙이 500B.U.에 도달하도록 필요에 따라 흡수량을 조절하였다. Extensogram은 반죽을 1.50±0.1 g으로 분할 한 후, 라운더에서 20회 둥글리기를 하고 원통형으로 성형하여 30±2°C의 발효조에서 45분, 90분, 135분 발효시킨 후 측정하였다.

(4) Amylograph에 의한 호화특성

호화양상은 Brabender/Visco/Amylograph(Brabender Co., Germany)를 사용하여 Medcalf와 Gilles방법²¹⁾에 따라 호화개시온도(그래프가 일직선을 유지하다가 커브를 시작하는 지점의 온도, °C), 최고점도(그래프의 높이가 최고일 때의 수치, B.U.), 최고점도온도(그래프의 높이가 가장 높을 때의 온도)를 조사하였다. 시료(사용하는 중류수에 대한 시료의 비율이 12%)를 중류수와 잘 혼합한 다음 30°C에서 95°C까지 1분간 1.5°C씩 승온시키고, 95°C에서 15분간 유지시켰다.

(5) 통계처리

SAS²⁹⁾를 이용하여 분산분석(ANOVA)으로 p<0.05 수준에서 시료간의 유의성을 검토하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 원료 밀가루의 이화학적 특성

20°C 정도의 상온에서 시료 밀가루의 물결합능력은 250%로 나타났다.

팽윤력은 9.4%였으며 전분입자의 크기나 전분입자내의 분자간 결합력 등에 의해 영향을 받는다²²⁾. WHC가 가장 큰 것은 강력분이며 다음은 중력분, 박력분의 순서였으며 팽윤력은 이와 반대로 박력분이 가장 크고 다음은 중력분, 강력분의 순이었다²³⁾.

용해도는 1.0%로 물에 대한 가용성 성분의 양으로써 중력분이나 박력분에 비해 강력분의 용해도가 적은 것은²³⁾

강력분 중의 불용성 단백질이 총 단백질의 90%이상²⁴⁾을 차지하기 때문으로 사료된다.

2. Farinograph에 의한 반죽특성

밀가루에 *B. infantis*와 *S. thermophilus*를 첨가하여 반죽할 때 측정된 특성치는 Table 1에 나타나 있다.

밀가루의 품질을 평가할 수 있는 지표로 이용되는 valormeter value(v/v)는 전체적인 강력도를 나타내는 하나의 값으로써 반죽시간과 반죽에 대한 저항성을 기조로 하여 유도되는 값이다²⁵⁾. 일반적으로 강력분은 70정도이며 박력분은 30이하의 값을 보이게 된다²⁶⁾. 본 실험에 사용된 밀가루 반죽의 v/v는 69였다. *S. thermophilus*가 첨가된 경우 대조군과 유사한 값인 70을 나타내었으며 *B. infantis*만 첨가된 군과 *B. infantis* + *S. thermophilus* 첨가군에서는 각각 65, 62로 나타났다. 따라서 *S. thermophilus*가 첨가된 군이 강력분과 유사한 반죽형성능력을 가지는 것으로 사료된다.

반죽이 일정한 굳기에 도달하는데 필요한 수분 흡수율을 대조군이 66.5%인데 비해 *B. infantis* + *S. thermophilus*군의 경우 67.8%로 증가하였다. 수분 흡수율이 증가한다는 것은 손상전분이 많거나²⁵⁾ 반죽의 상태가 끈적거리면서 달라붙게 된다는 것을 의미한다. Peak time(P/

Table 1. Farinograph data of wheat flour with *B. infantis* and *S. thermophilus*

Kinds of Dough	Valormeter value (v/v)	Water absorption (%)	Peak time (min.)	Stability (min.)	Weakness (B.U.)
CW	69 ^a	66.5 ^a	6.6 ^a	43 ^a	10 ^a
ST	70 ^a	66.7 ^a	6.7 ^a	42 ^a	5 ^a
BI	65 ^{bc}	66.9 ^a	6.0 ^b	41.5 ^a	10 ^a
ST+BI	62 ^c	67.8 ^b	5.5 ^c	40.1 ^b	5 ^a

CW ; Control, Wheat flour, ST ; added wheat flour with *S. thermophilus*, BI ; added wheat flour with *B. infantis*. Mean values in the same column followed by the same letters are not different at p>0.05.

Table 2. Extensograph of wheat flour with *B. infantis* and *S. thermophilus*

Kindtime of dough	Fermentation (min)			Area (cm ³)			Extensibility(E) (B.U.)			Resistance to extention (Rs)(B.U.)			Maximum Resistance (R)			Ratio Figure (R/E)		
	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135	45	90	135			
CW	158 ^a	198 ^a	167 ^a	20.6 ^a	20.3 ^a	17.5 ^a	310 ^a	405 ^a	470 ^a	565 ^a	720 ^a	795 ^a	15.6 ^a	20.0 ^b	26.9 ^a			
ST	191 ^c	207 ^b	221 ^c	23.1 ^c	19.5 ^a	19.0 ^{cd}	305 ^a	425 ^b	495 ^b	605 ^c	815 ^c	885 ^c	13.2 ^b	21.7 ^a	26.1 ^a			
BI	144 ^a	169 ^c	203 ^{bc}	19.4 ^b	18.1 ^b	18.4 ^b	300 ^a	405 ^a	475 ^a	580 ^{bc}	730 ^b	800 ^b	15.5 ^a	22.4 ^{ad}	25.8 ^a			
ST+BI	167 ^b	199 ^a	178 ^a	20.1 ^a	19.6 ^a	17.3 ^a	315 ^a	420 ^b	465 ^a	660 ^d	750 ^{bc}	770 ^b	15.7 ^a	21.4 ^a	26.9 ^a			

CW ; Control, Wheat flour, ST ; added wheat flour with *S. thermophilus*, BI ; added wheat flour with *B. infantis*. Mean values in the same column followed by the same letters are not different at p>0.05.

T)의 경우 모든 군이 6~8분 안에 들어가면서 반죽의 탄력이 증가한 것으로 보인다. *B. infantis* 첨가군과 *B. infantis* + *S. thermophilus*첨가군은 각각 6.0과 5.5로 나타났으며 안정도의 경우 41.5분과 40.1분으로 나타났다.

3. Extensograph에 의한 반죽특성

반죽에 각각의 *B. infantis*와 *S. thermophilus*를 첨가하였을 때의 extensogram이 Table 2에 나타나 있다.

일반적으로 강력분은 박력분에 비해 저항성과 신장성이 크며 R/E도 큰 경향을 나타낸다. 특히, gliadin의 점성은 신장도에, glutenin은 이 신장도에 저항하는 강도 및 탄성을 부여 한 바 이들의 균형이 제빵성에 영향을 준다²⁵⁾.

면적(Area)의 경우, *B. infantis* 첨가군에서 90분과 135분 사이에 큰 폭으로 상승되었다. 135분에서 *S. thermophilus*첨가군이 가장 면적이 넓었으며 다음으로 *B. infantis* 첨가군과 *B. infantis* + *S. thermophilus*첨가군의 순서였으며 면적과 비례하여 신장도와 저항성도 같은 순서였다. 이는 반죽성형이 쉽게 이루어지고 잘 찢어지지 않으며 부드러운 반죽이 형성된다는 것을 의미한다. 즉, 작업성이 좋아지게 되는 것이다.

신장저항/신장도로 계산된 수치로 소위 찰기와 끈기의 balance를 나타내는 값인 Ratio Figure(R/E)치가 대조군의 저항성과 신장도에 비해 크지 않은 것으로 보아 빵의 부피가 대조군 만큼은 커지지 않을 것으로 사료된다.

4. Amylograph에 의한 반죽 특성

반죽에 각각의 *B. infantis*와 *S. thermophilus*를 첨가하였을 때의 amylogram이 Table 3에 나타나 있다.

밀가루의 α -amylase 활성도를 측정하기 위해 최고 점도를 측정하는데 최고점도가 높으면 반죽의 발효성 및 품질이 나빠지게 된다. 따라서 적당한 최고점도의 유지는 빵의 내상을 균일하게 하고 기공이 크면서 기공의 배열

이 가지런하게 한다. *B. infantis* 첨가군과 *S. thermophilus*첨가군은 대조군에 비해 최고 점도가 높게 나타나 빵의 내상이 균일하고 기공배열이 가지런하므로 전체적으로 품질이 좋은 빵이 될 것으로 사료된다.

호화개시온도의 경우 대조군 비해 다소 낮아진 것으로 나타났다. 최고점 온도는 각 군 별로 차이가 없었다.

IV. 요 약

1. 상온에서 시료 밀가루의 물결합능력은 250%이며 용해도는 1.0%였다.

2. Farinograph - 본 실험에 사용된 밀가루 반죽의 v/v는 69였다. *S. thermophilus*가 첨가된 경우 대조군과 유사한 값인 70을 나타내었으며 *B. infantis*만 첨가된 군과 *B. infantis* + *S. thermophilus* 첨가군에서는 각각 65, 62로 나타났다. 반죽이 일정한 굳기에 도달하는데 필요한 수분 흡수율은 대조군이 66.5인데 비해 *B. infantis* + *S. thermophilus*군의 경우 67.8로 증가하였다. Peak time의 경우 모든 군이 6~8분 안에 들어가면서 반죽의 탄력이 증가한 것으로 보인다. *B. infantis* 첨가군과 *B. infantis* + *S. thermophilus*첨가군은 각각 6.0과 5.5로 나타났으며 안정도의 경우 41.5와 40.1로 나타났다.

3. Extenspgraph - *B. infantis* 첨가군에서 90분과 135분 사이에 큰 폭으로 상승되었다. 135분에서 *S. thermophilus* 첨가군이 가장 면적이 넓었으며 다음으로 *B. infantis* 첨가군과 *B. infantis* + *S. thermophilus*첨가군의 순서였다.

4. Amylograph - *B. infantis* 첨가군과 *S. thermophilus* 첨가군은 대조군에 비해 최고 점도가 높게 나타났으므로 빵의 내상이 균일하고 기공배열이 가지런하므로 전체적으로 품질이 좋은 빵이 될것으로 사료된다.

호화개시온도의 경우 대조군 비해 다소 낮아진 것으로 나타났다. 최고점 온도는 각 군 별로 차이가 없었다.

참고문헌

1. Chen, X. and Scofield, D.: Changes in the glutathion content and breadmaking performance of white wheat flour during short-term storage. *Cereal Chem.*, **73**(1): 1 (1996).
2. Dupuis, B.: Characterization of acetic acid soluble and insoluble fraction of glutenin of breed wheat. *Cereal Chem.*, **73**(1): 131(1996).
3. Ylimaki, G.: Application of response surface methodology to the development of rice flour yeast breads : Objective measurement. *J. Food Sci.*, **53**(6): 1800(1988).
4. 권혁련, 안명수: 쌀가루와 기타 전분을 이용한 식빵 및

Table 3. Amylograph of wheat flour with *B. infantis* and *S. thermophilus*

Kinds of Dough	Maximum viscosity (B.U.)	Initial gelatinization temperature (°C)	Temperature at peak viscosity (°C)
CW	585 ^{ab}	55.5 ^c	89.5 ^a
ST	615 ^c	54.0 ^b	89.5 ^a
BI	620 ^c	54.0 ^b	89.0
ST+BI	605 ^b	53.0 ^a	89.0 ^a

CW ; Control, Wheat flour, ST ; added wheat flour with *S. thermophilus*, BI ; added wheat flour with *B. infantis*.

Mean values in the same column followed by the same letters are not different at p>0.05.

- 러스크의 제조 방법과 물성에 관한 연구 (I). 한국조리과학회지, **11**(5): 479(1995).
5. Pisesookbunterny, W.: Bread staling studies. II. The role of refreshing. *Cereal Chem.*, **60**(4): 301(1983).
 6. 김선영, 유정희: 첨가물-질에 따른 반죽물성의 특성. 군산대학교 논문집, **23**: 397(1996).
 7. Dong, W. and Hosney, R.C.: Effects of certain breadmaking oxidants and reducing agents on dough rheological properties. *Cereal Chem.*, **72**(1): 58(1995).
 8. Knightly, W.H.: Shortening system : Fats, oil and surface-active agents-present and future. *Cereal Chem.*, **58**(3): 171(1981).
 9. Andersson, R.: Predictive modelling of the bread-making performance and dough properties of wheat. *J. Cereal Sci.*, **20**: 129(1994).
 10. Chamberlam, N., Collins, T.H. and McDermott, E.E.: α -Amylase and bread properties. *J. Food Tech.*, **16**: 127(1981).
 11. Martinez-amaya, Pitarich, B., Bayrari, P. and Benedito de Barber, C.: Microflora of the sourdough of wheat flour bread. X. Interactions between yeast and lactic acid bacteria in wheat dough and their effects on bread quality. *Cereal Chem.*, **67**: 85(1990).
 12. Sugihara, T.F.: Microbiology of the soda cracker process. I. Isolation and identification of microflora. *J. Food Sci.*, **16**: 127(1981).
 13. Corsetti, A., Gobetti M., Balestrieri, F., Paoletti, F., Russi, L. and Rossi, J.: Sourdough Lactic Acid Bacteria Effects on Bread Firmness and Staling. *J. Food Sci.*, **63**(2): 347(1998).
 14. 정창민, 강국희: 유산균의 산업적 이용과 개발 전망. 생물산업, **63**(2): 16(1999).
 15. Galal, A.M., Johnson J.A. and Varriano-Marston, E.: Lactic acid volatile(C_2 - C_5) organic acids of Sanfrancisco sourdough fresh bread *Cereal Chem.*, **55**: 461(1977).
 16. 신순영, 박종현: 산소 스트레스에 따른 *Bifidobacterium adolescentis*와 *Bifidobacterium longum*의 산화효소의 활성과 세포 지방산 조성의 변화. 한국산업미생물학회지, **26**(1): 7(1998).
 17. Coretti, A., Gobetti, M., Balestrieri, F., Paoletti, F., Russi, L. and Rossi, J.: Sourdough lactic acid bacteria effects on bread firmness and staling. *J. Food Sci.*, **63**(2): 347(1998).
 18. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Wheat starches I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, **42**: 558(1965).
 19. Schoch, T.J.: Swelling power and solubility of granular starches. In *Methods in Carbohydrate chemistry*, whistler, R., Smith, R. and BeMiller, J.(ed). AP, New York, Vol. 4, p. 106(1964).
 20. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Effect of a lyotropic ion series on the pasting characteristics of wheat and corn starches. *Stärke*, **4**: 10(1966).
 21. American Association of Cereal Chemists: Cereal Laboratory Methods. The Association, St. Paul, Minnesota, pp.21-54(1983).
 22. 박용곤, 석호문, 남영중, 신동화: 제분방법별 쌀가루의 이화학적 특성. 한국식품과학회지, **20**(4): 504(1988).
 23. 김명애, 오승희: 미분을 이용한 choux의 제과 특성 연구. 한국조리과학회지, **11**(1): 69(1995).
 24. 문수재, 손경희: 식품학 및 조리원리, 수확사, p.128 (1992).
 25. 김성곤: 제분과 밀가루의 이용, 한국제분공업협회, 미국소맥협회, pp.247-250(1990).
 26. Boycioglu, M.H. and D'Appolonea, B. L.: Characterization 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(1994).
 27. Macrae, R., Robinson, R.K. and Sadler, M.J.: Bread, In *Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition*, Academic Press(1993).
 28. Pyler, E.J.: Baking science and technology. In *Physical and Chemical Test Methods*. Sosland Publishing Co., Merrian Kansas, Vol. 2, pp.891-895(1979).
 29. 송문섭, 이영조, 조신섭, 김병천: SAS를 이용한 통계자료 분석, 자유아카데미, p.97-122 (1992).

(1999년 12월 16일 접수)