

## 녹차가루 첨가에 따른 밀가루 반죽의 물성 및 호화특성 변화

오유경 · 김창순<sup>†</sup>

창원대학교 식품영양학과

### Effects of Green Tea Powder on Dough Rheology and Gelatinization Characteristics

Yu-Kyung Oh and Chang-Soon Kim<sup>†</sup>

Dept. of Food and Nutrition, Changwon National University, Changwon 641-773, Korea

#### Abstract

The effects of green tea powder (GTP) on the rheological properties of dough and gelatinization characteristics were evaluated by farinograph, extensograph, amylograph and DSC. The flours used were high strength flour (HF: 12.5% protein) and blend of 50% high strength flour and 50% low strength flour (HLF: 10.5% protein). As the amount of GTP increased, water absorption, development time and weakness of the dough decreased for both flours, but dough stability increased only for HLF; the extension of the dough decreased but the resistance to extension increased. The pasting temperature increased and maximum viscosity decreased. On the other hand, with the addition of green tea extract to the wheat starch, transition onset temperature, transition peak temperature and enthalpy decreased, demonstrating that catechins in green tea facilitate the starch crystal melting.

**Key words:** green tea, dough rheology, farinograph, extensograph, amylograph, DSC

#### 서 론

밀가루 반죽의 물성은 최종 빵제품의 품질에 크게 영향을 미치게 되며(1), 반죽의 물성은 단백질, 전분, 지방질 및 무기질 등 밀가루 구성성분과 효소 그리고 빵 배합비에 사용되는 여러 가지 첨가재료에 의하여 영향을 받게 된다. 이러한 반죽 물성을 이해하는데 가장 빈번히 사용되는 방법으로는 반죽 혼합특성, 반죽 신장성 변화, 밀가루 현탁액의 호화과정 중의 점도변화 측정을 들 수 있다(2).

최근에는 소비자들의 건강 지향적인 제품구매 성향에 맞추어 빵 제품에도 단백질, 비타민 및 무기질 그리고 식이섬유 등이 풍부히 함유된 각종 곡류, 두류, 과채류 등이 첨가되고 있다(1,3). 그러나 일반적으로 밀가루에 이와 같은 재료들을 넣으면 반죽과정에서 충분한 글루텐막을 형성하기가 어려워지며 발효과정에서 가스 포집능력이 부족하여 빵의 부피가 감소하고 조직이 거칠어지는 등 빵의 품질이 저하된다. 그러므로 글루텐 단백질의 부족이나 글루텐 막의 손상을 보완할 수 있는 gum질이 사용되기도 한다(4,5). 또한 반죽물성 개량제로 산화제나 환원제가 사용되어지는데, Kim과 Ryu(6)의 밀과 고구마를 혼합한 빵 제조 연구에서 carboxy methyl cellulose와 함께 산화제인 ascorbic acid와 환원제인 L-cystein 첨가로 빵의 부피가 크게 향상되었고, Dong과 Hosney(7)

에 의하면 산화제와 환원제를 각각 사용할 때보다 두 물질을 혼합하여 사용할 때 더 좋은 상승효과가 나타났다고 하였다. 일반적으로 산화제는 약한 반죽에 환원제는 강한 반죽에 사용하여 반죽물성을 개량한다고 알려져 있다(8). 반죽에 산화제를 첨가하면 -SH기를 -S-S-결합으로 산화시켜 반죽내 글루텐 단백질의 평균 분자량이 증가함으로써(9) 가스 보유력이 증가되어 결국 빵의 품질이 개선된다(10). 또한 gluten 첨가로 단백질 함량을 증가시켜 산화제를 첨가한 것과 유사한 효과를 나타내기도 한다(11).

최근 폴리페놀성 물질인 카테킨을 다량 함유하고 있는 항산화성의 녹차는 여러 가지 약리효능이 밝혀짐에 따라 녹차를 이용한 식품개발이 활발히 이루어지고 있다. Oh 등(12)에 의하면 전빵에 녹차가루의 첨가는 녹차가 첨가되지 않은 전빵과 비교하여 빵의 부피, 외관, 조직감 등에 있어서 큰 차이를 보이며 밀가루의 품질에 따라 적정 녹차가루 첨가량, 반죽혼합시간, 발효시간이 달라져야 한다고 보고하였다.

그러므로 본 연구에서는 녹차가루를 첨가한 밀가루 반죽의 물성 및 호화점도 변화를 farinograph, extensograph, amylograph를 이용하여 조사하고, 녹차가 밀전분의 DSC(differential scanning calorimetry) 호화특성에 미치는 효과를 조사하였다.

<sup>†</sup>Corresponding author. E-mail: cskim@changwon.ac.kr  
Phone: 82-55-279-7482. Fax: 82-55-281-7480

## 재료 및 방법

### 재료

실험에 사용한 모든 재료는 실온에서 보관하여 사용하였으며, 밀가루는 대한제분(주)에서 구입된 1등급 밀가루를 사용하였는데, 밀가루 시료는 강력분(수분 13.7%, 단백질 12.5%, 회분 0.41%)과 강력분과 박력분을 동량 혼합한 혼합분(수분 13.1%, 단백질 10.5%, 회분 0.42%)을 사용하였다. 녹차가루(총 식이섬유량 29.4%, 수분 5%)는 2000년 산 대작을 화개농협에서 구입하고 80 mesh로 분쇄하여 사용하였다. 밀전분(수분 10%)은 Midsol 50(Midwest Grain Products, Inc., Atchison, KS, USA)를 사용하였고, 조카테킨은 구입한 녹차가루에서 추출하여 사용하였다. 밀가루의 수분 및 회분함량은 AACC method 44-16과 AACC method 08-01 방법(13)에 준하여 측정하였으며, 조단백질 함량은 micro-Kjeldahl 방법에 의해 구해진 질소량에 소맥의 질소계수인 5.7을 곱한 값으로 표시하였다.

### 총식이섬유 함량분석

녹차가루의 총 식이섬유의 함량은 AOAC 991.43 방법(14)에 준하여 측정하였다. 즉 탈지된 시료를  $\alpha$ -amylase(Sigma A3306, St. Louis, USA)로 처리한 후, protease(Sigma A3910, St. Louis, USA)를 사용하여 단백질을 분해하고, 다시 glucoamylase(Sigma A9913, St. Louis, USA)를 사용하여 전분을 제거하였다. 그 다음 에탄올을 첨가하여 수용성 식이섬유를 침전시켜 총 잔여분을 구한 후 단백질과 회분분석을 실시하여 총 잔여분에서 단백질과 회분을 감한 값을 총 식이섬유로 하였다.

### 녹차 추출물 제조

녹차 추출물(green tea extract : GTE)은 Wee 등(15)의 방법을 변형하여 다음과 같이 제조하였다. 녹차가루를 90°C 물로 15분간 추출한 후 원심분리(959×g)하여 여과(Whatmann No.1)한 후 동결건조하여 물 추출물을 얻었다. 이 물 추출물 100 g을 80°C의 물 1 L에 녹인 후, 동량의 chloroform으로 추출하여 카페인을 제거하고 그 수용액 층만 분리하여 ethyl acetate로 3회 추출하여 다시 이 ethyl acetate 층을 60°C에서 진공농축기(EYELA N-N series Tokyo Rikakikai Co. Ltd)로 농축하여 유기용매를 제거하고, 이 농축물에 소량의 물을 가하여 녹인 다음 동결건조시켜 분쇄하여 조카테킨을 조제하였다. 이때 조카테킨의 수율은 4%였다.

### 밀가루 반죽물성 조사

반죽의 물리적 특성은 farinograph(810108, Brabender, Germany)를 사용하여 AACC method 54-21 방법(13)에 준하여 실시하였다. 즉 farinograph mixing bowl을 30°C로 유지시킨 다음 시료 300 g(수분 14% 기준)을 취하여 peak의 중심선이 500 BU  $\pm$  10 BU에 오도록 가수량을 조절하여, 이때 필요한 수분 흡수율과 반죽형성시간, 안정도와 연화도

등의 물리적 특성을 조사하였다. 수분흡수율은 500 BU에 도달하는데 필요한 수분의 함량, 반죽형성시간은 500 BU에 도달하는 시간, 안정성은 500 BU를 유지하는 시간, 연화도는 혼합시간으로부터 12분 후 커브의 윗부분의 높이와 500 BU와의 차이로 나타내었다.

반죽의 신장력 측정은 extensograph(1310, Brabender, Germany)를 사용하여 AACC method 54-10 방법(13)에 따라 측정하였다. 즉 farinograph에서 혼합된 반죽을 일정시간 휴지시킨 후 45분, 90분, 135분 3회에 걸쳐 잡아늘리는 조작을 하여 반죽의 신장도, 신장저항도, 면적을 구하였다. 신장도는 반죽이 끊어질 때까지의 늘어난 길이로 curve 밀변의 전체길이이고, 신장저항도는 graph에서 curve의 높이를 나타낸다.

밀가루의 호화점도 변화는 amylograph(802725, Brabender, Germany)를 사용하여 AACC method 22-10 방법(13)에 따라 측정하였다. 즉 시료 65 g(수분 14% 기준)을 물 450 mL에 분산시킨 현탁액을 25°C에서 가열을 시작하여 분당 1.5°C씩 상승시키면서 호화계시온도, 최고점도 및 최고 점도시의 온도를 구하였다.

### DSC 호화특성 조사

조카테킨이 밀전분의 호화특성에 미치는 효과를 DSC(model 910/10, TA Instruments, USA)를 이용하여 측정하였다. 밀전분과 카테킨의 무게를 재고 증류수를 전분과 물의 비율이 1:2가 되도록 첨가하여 잘 섞어 현탁액을 제조하고 액체 전용팬에 6 mg 넣은 후, 수분증발을 막기 위해 재빨리 밀봉하였다. 수분확산이 충분히 되도록 하기 위해 상온에서 2시간 방치한 후, 10°C/min의 가열속도로 20°C에서 90°C까지 가열하여 흡열곡선을 얻었다. Reference pan은 빈 상태로 사용하였고, 2회 반복하여 실험하였다.

## 결과 및 고찰

### Farinograph 특성

녹차가루 첨가량을 달리한 혼합분과 강력분의 farinograph 수분 흡수율(water absorption), 반죽형성시간(development time), 안정도(stability), 연화도(weakness)의 측정치는 Table 1과 같다.

Table 1. Farinograph data on HLF and HF<sup>1)</sup> with addition of green tea powder (GTP)

GTP level (%)	Water absorption (%)		Development time (min)		Stability (min)		Weakness (BU)	
	HLF	HF	HLF	HF	HLF	HF	HLF	HF
0	58.9	64.4	5	6	9	18	40	30
1	59.9	65.4	6	9	10	14	50	40
3	60.5	66.4	7	10	14	13	60	55
5	61.1	67.5	8	13	16	11	80	70

<sup>1)</sup>HLF: blend of 50% high strength flour and 50% low strength flour, HF: high strength flour.

수분 흡수율은 혼합분 시료는 58.9~61.1%, 강력분 시료는 64.4~67.5%의 범위를 나타냈으며, 2가지 밀가루 시료 모두 녹차가루 첨가량이 증가할수록 반죽의 수분 흡수율이 증가하였다. 일반적으로 밀가루 반죽의 수분 흡수율은 글루텐 단백질, 손상전분, 입도, 지방, 산화제 등에 의하여 영향을 받으며 (16), 섬유소 첨가시 수분 흡수율이 증가하고 그로 인하여 수분 보유력이 증가되어 빵이나 케익의 노화 지연에 도움이 되는 것으로 알려져 있다(17-19). 본 실험에서의 수분 흡수율의 증가는 녹차가루에 함유된 식이섬유에 의한 것으로 생각된다.

반죽 형성시간은 반죽을 시작하면서부터 최고점도에 도달할 때까지의 시간으로 얇은 글루텐 막이 형성되어 완전한 반죽을 형성하는 기간이다. 완성된 반죽은 매끈하고 건조한 외관을 가지며 부드럽고 긴 시트처럼 잡아당겨지거나 발단단계를 넘어서 혼합된 반죽은 탄력성을 잃게 되므로 반죽 형성시간이 중요하다(17). 본 연구에서 녹차가 함유되지 않은 대조군의 반죽형성시간은 혼합분은 5분, 강력분은 6분이었으며, 녹차가루 첨가량이 증가할수록 혼합분은 6분에서 8분까지, 강력분은 9분에서 13분까지 증가되었다. 이는 밀기울 첨가반죽에서 밀기울 첨가로 인해 수분흡수 속도가 늦고 밀가루 반죽의 글루텐 형성을 방해하기 때문에 반죽 형성시간이 길어진다고 한 Kim(20)의 연구와 일치하였다. 혼합분의 경우 대조군의 안정도가 9분이고, 녹차 첨가량이 증가할수록 10분, 14분, 16분으로 증가했으며, 강력분의 경우는 대조군의 안정도가 가장 높은 18분이었고, 녹차 첨가량이 증가할수록 14분, 13분, 11분으로 감소하여 혼합분과 강력분의 반죽 안정도 양상이 다르게 나타났다. 대부분의 연구에서 곡분이나, 종실단백질, 전분 등을 밀가루에 첨가했을 때 안정도가 감소되는 것으로 보고되며 (21,22), 밀가루와 곡분 혼합시 ascorbic acid를 첨가하면 S-S-기가 증가되어 반죽을 단단하게 하기 때문에 안정도가 증가한다(10,23). Kim 등(24)에 의하면, 쪄빵의 빵 품질지수는 반죽 안정도와 양의 상관성을 갖는 것으로 나타나, 반죽의 안정도가 커지면 글루텐이 잘 형성되어 발효내구력이 커지는 것으로 보인다. 따라서 본 실험의 혼합분 반죽에서 녹차가루는 반죽 안정도를 높이는 반죽물성개량제로 작용하여, 강력분에 비해 쪄빵의 제빵적성이 좋아질 것으로 예상된다. 반죽의 연화도는 혼합분, 강력분 시료 모두 대조군이 가장 낮았고, 녹차 첨가량이 증가할수록 혼합분과 강력분 모두에서 연화도가 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 녹차가 함유된 밀가루 반죽의 과도한 혼합은 글루텐 막의 파괴를 빨리 가져올 수 있음을 암시한다.

Extensograph 특성

녹차가루 첨가량을 달리한 혼합분과 강력분 반죽의 신장도(extention), 신장 저항도(resistance to extention), 전체면적(area under curve)의 측정치는 Table 2와 같다. 본 실험에서 반죽의 휴지시간이 45분에서 135분으로 경과함에 따라 혼합분과 강력분 모두 반죽 신장도는 감소하고 신장 저항도는 증가하였다. 신장도는 135분 휴지 후 혼합분의 대조군은 159 mm였

Table 2. Extensograph data on HLF and HF<sup>1)</sup> with addition of green tea powder(GTP)

	GTP level (%)	Extention (mm)			Resistance to extention (BU)			Area under curve (cm <sup>2</sup> )		
		45	90	135	45	90	135	45	90	135
		min	min	min	min	min	min	min	min	min
HLF	0	173	159	156	285	340	380	110	122	126
	1	152	120	111	380	680	760	115	135	136
	3	136	111	91	575	1000	1065	149	166	128
	5	128	95	81	695	1065	1065	159	136	115
HF	0	198	190	174	280	355	380	129	163	155
	1	174	140	125	375	620	730	146	175	162
	3	155	117	112	485	945	1030	156	158	154
	5	135	100	98	640	1040	1065	163	132	127

<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as Table 1.

고, 녹차가루 첨가량이 1%에서 3%, 5%로 증가할수록 111 mm, 91 mm, 81 mm로 각각 감소하였다. 강력분에서도 같은 경향으로 대조군 174 mm에서 녹차가루 첨가량이 증가할수록 125 mm, 112 mm, 98 mm로 각각 감소하였다. 135분 휴지 후 신장 저항도(탄성)는 혼합분과 강력분 모두에서 대조군은 380 BU로 낮았으나 녹차 첨가량이 증가할수록 730~760 BU에서 1065 BU까지 증가하는 경향을 보였다.

일반적으로 제빵적성이 좋기 위해서는 신장도와 신장저항도가 균형을 이루어야 하며 신장도가 큰 경우에는 약한 반죽의 성질을 보이고, 탄산가스의 수용력이 낮다. 반대로 신장저항도가 지나치게 큰 경우에는 신장성이 부족하여 경직성의 반죽을 나타낸다(16). 본 실험에서는 녹차가루 첨가량이 증가할수록 신장도는 감소하고, 신장 저항도는 증가하여 전체적으로 반죽이 경직되는 경향을 보였다. 따라서 빵제조시 이를 보완할 수 있는 제조공정의 개선이나 적절한 배합비의 조절이 필요할 것으로 사료된다.

Amylograph 호화점도 변화

녹차가루를 첨가한 혼합분과 강력분의 호화개시온도(pasting temperature), 최고점도온도(temperature of peak viscosity), 최고호화점도(peak viscosity)를 조사한 측정치는 Table 3과 같다.

호화개시온도는 밀가루 현탁액의 점도가 올라가기 시작했을 때의 온도로 혼합분 시료의 대조군은 54°C였고, 녹차 첨

Table 3. Amylograph data on HLF and HF<sup>1)</sup> with addition of green tea powder (GTP)

GTP level (%)	Pasting temperature (°C)		Temperature of peak viscosity (°C)		Peak viscosity (BU)	
	HLF	HF	HLF	HF	HLF	HF
0	54	52	89	89	605	620
1	54	54	89	88	560	560
3	56	54	88	88	550	558
5	57	54	87	88	515	545

<sup>1)</sup>Abbreviations are the same as Table 1.

가량이 1%에서 5%로 증가함에 따라 54°C에서 57°C로 증가하였다. 강력분 시료는 대조군이 52°C였고, 녹차가루 첨가군 모두 54°C로 대조군에 비해 호화개시온도가 증가하여 녹차 첨가량의 증가에 따른 온도 변화는 없었다. 전분 현탁액에 글루텐과 같은 단백질, pentosan, gum질 및 당류 등을 첨가하면 호화과정에서 수분에 대해 전분과 경쟁성을 가지므로 호화가 지연될 수 있다(25). 따라서 본 실험에서도 녹차에 다량 함유되어 있는 식이섬유소(29.4%)에 의해 밀전분 호화에 필요한 수분을 빼앗겨 밀가루 현탁액의 호화온도가 증가한 것으로 사료된다. 최고호화점도는 혼합분과 강력분 시료 모두에서 녹차 첨가량이 증가할수록 점차 감소하였다. 이는 섬유질 첨가량이 증가할수록 상대적으로 전분질 양이 감소되어 최고 점도치가 낮아지기 때문이다(20).

#### 녹차추출물의 DCS 호화특성에 미치는 효과

전분의 호화과정은 흡열과정으로서 전분입자내의 결정질 부분(crystalline region)의 용융이 일어나면서 흡수된 열에너지(enthalpy)를 DSC로 측정한다(26).

밀 전분에 GTE와 GTP를 첨가한 시료의 호화특성을 Table 4와 Fig. 1에 나타내었다. GTE의 첨가량이 증가할수록 호화개시 온도( $T_o$ )와 정점온도( $T_p$ ), 호화 종결온도( $T_c$ )가 낮아졌

Table 4. DSC data for wheat starches in the presence of green tea extract (GTE) and green tea powder (GTP)

	Addition level (%)	Transition temperature (°C) <sup>1)</sup>			$\Delta H$ (J/g)
		$T_o$	$T_p$	$T_c$	
Control	0	54.6±1.7	64.2±0.1	73.5±1.2	2.7±0.2
GTE	1	53.7±1.8	63.5±0.0	72.8±1.9	2.7±0.4
GTE	2	53.1±1.0	62.9±0.0	72.4±1.8	2.6±0.3
GTE	3	52.7±1.6	62.4±0.0	72.4±0.3	2.4±0.3
GTP	5	54.4±0.2	64.3±0.3	73.1±0.0	2.6±0.4
GTP	10	54.3±0.3	64.4±0.3	73.2±1.7	2.4±0.4

<sup>1)</sup> $T_o$  = onset temperature.

$T_p$  = peak temperature.

$T_c$  = conclusion temperature.

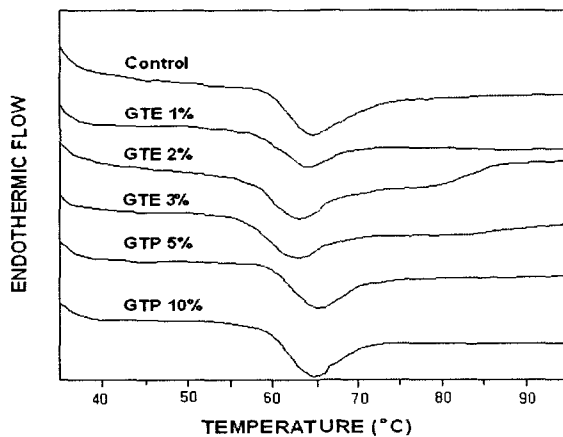


Fig. 1. DSC-thermograms of wheat starch-water mixture, starch-water-GTE mixture and starch-water-GTP mixture.

다. 호화에 요구되는 에너지의 양인 엔탈피( $\Delta H$ )는 측정된 흡열곡선 아래의 면적을 계산한 것으로 GTE의 첨가량이 증가할수록 엔탈피가 감소한 것으로 나타났다. 이는 환원성 물질인 카테킨의 작용으로 인해 전분 입자내 결정질 부분의 용융이 쉽게 일어나 호화가 촉진된 것으로 사료된다. 본 실험에서 GTP를 첨가했을 때는 호화온도변화는 나타나지 않았으며, 엔탈피는 GTP 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 이는 GTP 첨가에 따른 밀전분 함량의 감소에 기인한다. 따라서 위의 결과로 미루어볼 때 밀전분의 DSC 호화특성에 영향을 주는 것은 녹차의 성분 중 섬유질보다는 카테킨인 것으로 사료된다.

## 요 약

혼합분과 강력분의 farinograph 수분 흡수율, 반죽형성시간, 연화도는 녹차가루 첨가량(0~5%)이 증가할수록 증가하였으며, 안정도는 혼합분은 점차 증가하였고, 강력분은 점차 감소하여 다른 경향을 보였다. 혼합분, 강력분 모두 녹차 첨가량이 증가할수록 반죽의 신장도는 감소하고, 신장 저항도는 증가하여 전체적으로 반죽이 경직되는 경향을 보였다. Amylograph에서 혼합분과 강력분 시료 현탁액 모두 녹차가루 첨가로 호화개시온도가 상승하였고, 최고호화점도는 감소하였다. DSC에 의한 밀전분의 호화특성에서 환원성 물질인 녹차의 카테킨 성분은 밀전분의 결정질 구조의 용융을 촉진하는 것으로 나타났다.

## 감사의 글

본 연구는 2001년도 창원대학교 학술진흥재단에서 지원된 연구비로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 문 헌

1. Chung JY, Kim CS, Kim HI. 1997. Breadmaking properties of composite flours of wheat and buckwheat with different properties. *J Human Ecology* (Changwon Natinal Univ) 1: 113-123.
2. Macrea R, Robinson RK, Sadler MJ. 1982. *Encyclopaedia of Food Technol and Nutr*. Academic Press, San Diego, CA. Vol 1, p 464.
3. Kim YS, Ha TY, Lee SH, Lee HY. 1997. Effects of rice bran dietary fiber on flour rheology and quality of wet noodles. *Korean J Food Sci Technol* 29: 90-95.
4. Nishita KD, Roberts RL, Bean MM. 1976. Development of a yeast-leaved rice-bread formula. *Cereal Chem* 53: 626-635.
5. Mettler E, Seibel W. 1995. Optimizing of bread recipes containing mono-diglyceride, guar gum and carboxymethyl cellulose using a maturograph and ovenrise recorder. *Cereal Chem* 72: 109-115.
6. Kim SY, Ryu CH. 1997. Effects certain additives on bread-making quality of wheat-purple sweet potato flours. *Korean J Food Sci* 13: 492-499.

7. Dong W, Hosney RC. 1995. Effects of certain breadmaking oxidation and reducing agents on dough rheological properties. *Cereal Chem* 72: 58-64.
8. Pyler EJ. 1988. Physical chemistry and colloidal system. In *Baking Science and Technol.* 3rd ed. Sosland Pub Co, Merriam, KS. Vol I, p 226.
9. Bekes F, Gras PW, Gupta RB. 1994. Mixing properties as a measure of reversible reduction and oxidation of doughs. *Cereal Chem* 71: 44-50.
10. Yamada Y, Preston KR. 1994. 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.
11. Boycioglu MH, D'Appolonea BL. 1994. Characterization and utilization of durum wheat for breadmaking. II. Study of flour and blends and various additives. *Cereal Chem* 71: 28-34.
12. Oh YK, Kim CS, Chang DJ. 2002. Optimization of steamed bread making with addition of green tea powder using response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 451-459.
13. AACC. 1983. *Approved method of the AACC.* 8th ed., American association of cereal chemist, St Paul.
14. AOAC. 1981. *Official method of analysis.* 13th ed. Association of official analytical chemists, Washington DC. Chapter 17, p 7.
15. Wee JH, Moon JH, Park KH. 1999. Catechin content and composition of domestic tea leaves at different plucking time. *Korean J Food Sci Technol* 31: 20-23.
16. Pyler EJ. 1988. Physical and chemical test methods. In *Baking Science and Technol.* 3rd ed. Sosland Pub Co, Merriam, KS. Vol II, p 850.
17. Yook HS, Kim YH, Ahn HJ, Kim DH, Kim JO, Byun MW. 2000. Rheological properties of wheat flour dough and quality of bread prepared with dietary fiber purified from ascidian tunic. *Korean J Food Sci Technol* 32: 387-395.
18. Kang KC, Baek SB, Rhee KS. 1995. Effect of the addition of dietary fiber on staling of cakes. *Korean J Food Sci Technol* 22: 19-25.
19. Lee YH, Moon TW. 1994. Composition water-holding capacity and effects on starch retrogradation of rice bran dietary fiber. *Korean J Food Sci Technol* 26: 288-294.
20. Kim YH. 1998. Rheological properties of dough added with wheat bran. *J Korean Soc. Food Sci Nutr* 27: 1125-1131.
21. Ryu CH. 1999. Study on bread-making quality with mixture of waxy barley-wheat flour, 1. Rheological properties of dough made with waxy barley-wheat flour mixture. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 1034-1043.
22. Chung JY, Kim CS. 1998. Development of vital wheat gluten and water-soluble gums on dough rheological properties. *Korean J Food Sci Technol* 14: 140-147.
23. Blocksma AH. 1975. Thiol, disulfide groups in dough rheology. *Cereal Sci Today* 17: 380-386.
24. Kim CS, Hwang CM, Song YS, Kim HI, Han JH. 2001. Commercial wheat flour quality and bread making condition for Korean-style steamed bread. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 1120-1128.
25. Pomeranz Y. 1985. Carbohydrate: starch. In *Functional Properties of Food Component.* Academic Press, New York. p 64.
26. Hosney RC. 1994. *Principles of Cereal Science and Technology.* 2nd ed. American association of cereal chem. St Paul, MN. p 805.

(2002년 7월 10일 접수; 2002년 9월 6일 채택)