

## 미생물유래 Transglutaminase 첨가가 쌀가루 혼합분 반죽과 조리면의 조직감 및 관능특성에 미치는 영향

신원선<sup>1\*</sup> · 서희선<sup>2</sup> · 우건조<sup>3</sup> · 정용섭<sup>4</sup>

<sup>1</sup>한국식품연구원, <sup>2</sup>(주)보광훼미리마트  
<sup>3</sup>식품의약품안전청, <sup>4</sup>전북대학교

## The Effect of Microbial Transglutaminase on Textural and Sensory Properties of Noodles Mixed with Rice Flour

Weon-Sun Shin<sup>1\*</sup>, Hee-Sun Seo<sup>2</sup>, Gun-Jo Woo<sup>3</sup> and Yong-Seob Jeong<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

<sup>2</sup>Bokwang Family Mart Inc., Seoul 135-090, Korea

<sup>3</sup>Korea Food & Drug Administration, Seoul 122-704, Korea

<sup>4</sup>Chunbuk University, Jeonbuk 561-756, Korea

### Abstract

The present study was attempted to investigate the possibility of modification of functional properties of the rice flour by crosslinking proteins using microbial transglutaminase (mTGase) derived from a variant of *Streptovorticillium* sp. MTGase was added at various levels (3,000, 5,000, 7,000 and 10,000 ppm) during making noodles mixed with the rice flour. Mixograph and farinograph showed that imported wheat flour (IWF) had strong dough stability, while the rice flour showed very weak dough strength. However, addition of mTGase (3,000, 5,000 and 7,000 ppm) resulted in improvement of dough stability of the rice flour. Texture profile analysis (TPA) results indicated that most of texture parameters (gumminess, chewiness and hardness) of cooked noodles prepared from the rice flour were significantly lower than those of noodles prepared from IWF. However, by addition of mTGase (at the levels of 3,000, 5,000, 7,000 ppm) dough stability and all the TPA values and sensory score (at the level of 7,000 ppm mTGase) on chewiness and hardness of cooked noodles made with 30% rice flour were improved significantly. These results suggest that dough stability and texture of rice noodles as well as sensory characteristics could be improved by addition of mTGase to the rice flour.

**Key words:** microbial transglutaminase (mTGase), dough properties, rice noodle, TPA, sensory properties

### 서 론

Transglutaminase(TGase; protein-glutamine  $\gamma$ -glutamyltransferase, EC 2.3.2.13)는 단백질 및 펩타이드를 구성하는 glutamine잔기의  $\gamma$ -carboxlyamide기와 각종 일급 아민간의 아실(acyl) 전이반응을 촉매하여 단백질 내 혹은 단백질 상호간에  $\epsilon$ -( $\gamma$ -glutamyl)lysine 가교 결합(GL 교차 결합)을 형성하여 단백질을 중합시키는 효소이다(1). 1980년대 초부터 기니아피그의 간(2)이나 소의 혈청(3)에서 분리된 transglutaminase를 이용하여 카제인(유단백질), 대두글로블린, 우유, 돈육, 계육, 생선 등의 기능특성(functional property)을 변형할 수 있는 가능성이 대두되면서 많은 연구가 이루어졌고, 특히 *Streptovorticillium mobaraense* 미생물에서 transglutaminase(mTGase)의 대량생산이 가능해짐

에 따라(4) 식품업계에서는 microbial transglutaminase에 의한 새로운 기능적 특성을 가지고 있는 단백질식품을 개발하기 위하여 많은 연구를 수행하여 왔다(5). Kurashi 등(6)은 microbial transglutaminase(mTGase)를 작은 육류조각에 첨가함으로써 탄성과 조직 그리고 맛이 향상됨을 보고하였고, Kumazawa 등(7)은 어육제품에서 mTGase를 처리하면 원료의 신선도 유지와 조직의 질이 향상되는 것을 보고하였다. 또한 Motoki와 Seguro(5)는 유제품인 요거트에 mTGase를 첨가함으로써 물리적인 충동이나 온도의 변화에 따라 일어날 수 있는 내용물의 분리 현상을 막을 수 있음을 보고하였고, Sakamoto 등(8)은 국수와 파스타에 mTGase를 처리함으로써 조리 후 조직이 나빠지는 것을 예방하고, 제품의 탄력이 향상되는 것을 보고하였다. 따라서, 이러한 transglutaminase 가교결합의 응용은 식품의 물성과 저장성을 향

\*Corresponding author. E-mail: hime@kfri.re.kr  
Phone: 82-31-780-9125. Fax: 82-31-709-9876

상시키고 식품이 아닌 다른 제품들의 응용에도 큰 역할을 할 수 있으리라 기대되어진다. Seo 등(9)은 국내산 밀가루인 그루밀에 미생물유래의 transglutaminase를 첨가하여 반죽 특성과 조리면의 물성 및 질감이 크게 개선되었음을 보고하였다. 또한, Yoo 등(10)은 *Streptomyces mobaraensis*로부터 분리한 transglutaminase를 국내산 밀가루인 그루밀에 적용하였을 때 중력분과 유사한 반죽형성 능력을 가지는 것으로 보고하였으며 효소의 정제도를 조절함으로써 밀가루 반죽의 질감개선 효과를 기대할 수 있다고 보고하였다(10).

쌀에는 6~8%의 단백질이 함유되어 있으며 glutelin이 쌀 단백질의 주성분으로서 60~67%를 차지하고 있고 globulin과 albumin이 소량 함유되어 있다. 백미와 다른 곡류의 아미노산가를 비교하여 보면 백미는 옥수수, 밀가루 등에 비하여 현저히 높다(11). 밀가루(중력 기준)의 아미노산가와 단백질이 41, 52인 반면, 백미는 65, 81로 다른 곡류에 비하여 양질의 단백질을 가지고 있다고 할 수 있다. 그러나, 쌀의 가공 및 조리에 대한 연구가 쌀의 영양적 가치에 비해서 적은 이유는, 쌀에는 밀에 함유되어 있는 것과 같은 gliadin이나 glutenin 등의 prolamin류의 단백질 함량은 적고 glutelin류의 단백질이 주종을 이루고 있기 때문에(12) 밀 gluten과 같이 반죽의 망상구조를 형성하지 못하기 때문이다. 따라서 쌀가루 단독으로는 상온에서 면대가 형성되지 못하여(13) 호화·팽화 등의 과정을 거쳐 밀가루와 함께 복합분으로써 연구에 이용되어 왔다(14).

따라서, 본 연구에서는 *Streptoverticillium* sp.에서 생산된 transglutaminase(mTGase)를 쌀가루 혼합분에 첨가하여 물성 및 질감을 중심으로 한 제면적성을 비교하고 조리면의 관능특성을 평가하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 효소

본 실험에 이용한 *Streptoverticillium* sp. 유래의 transglutaminase는 Ajinomoto사에서 제면용(Activa®)으로 제조한 것을 사용하였으며, 성분의 조성은 효소 0.2%, 유당 99.8%이었다.

### 시약

Protein assay 시약 및 sodium dodecyl sulfate(SDS) 등은 Bio-Rad사의 것을 사용하였고, CBZ-L-glutaminyglycine, L-glutamic acid  $\gamma$ -mono hydroxamate, bovine serum albumin(BSA) 등을 포함한 그 밖의 시약은 Sigma에서 구입한 특급으로 사용하였다.

### 밀가루 및 쌀가루의 제조

본 실험에 이용한 수입산 밀가루는 ASW(Australia Soft Wheat)와 AH(Australia Hard Wheat)의 혼합분을 구입하여 사용하였으며 국수품질에 미치는 이화학적 특성을 구명

하였다. 본 실험에 사용된 쌀은 2001년 강원도 철원에서 수확되어 가공된 오대(*Oh-Dae*) 품종을 이용하였다. 쌀가루는 roller mill과 ball mill을 병용하여 건식으로 제조하였으며, roller mill로 1차 분쇄한 뒤 ball mill로 분쇄하였다. 쌀가루의 입도분리는 100 mesh의 표준 망체를 이용하여 잔류된 쌀가루를 사용하였다.

### 효소 활성 측정

Transglutaminase 효소 활성은 Folk 방법(15)을 보완하여 측정하였다. 0.5 M Tris-acetic acid(pH 7.0) 완충용액에 용해시킨 효소액 0.1 mL를 0.1 M CBZ-L-glutaminyglycine 0.2 mL, 4 M hydroxylamine(pH 7.0) 0.05 mL, 0.02 M EDTA 0.05 mL를 넣어 총부피를 0.5 mL로 맞추었다. 이 반응 혼합물을 37°C에서 10분간 반응시킨 후 15% trichloroacetic acid(TCA) 0.1 mL와 0.1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.25 mL를 첨가하여 반응을 정지시키고 발색시켰다. 그리고 침전물이 있을 경우 원심분리로 제거한 후 분광광도계를 이용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 효소의 1 unit는 1분간 1  $\mu$ mol의 L-glutamic acid  $\gamma$ -mono hydroxamate가 생성되는 양으로 정의하였으며, specific activity는 단백질 mg당 생성되는 units으로 정의하였다.

### 단백질 정량

효소단백질은 Bradford의 방법(16)을 이용하여 측정하였으며, protein assay 시약(Bio-Rad사)을 사용하였다. 검출용 표준 단백질로 bovine serum albumin(BSA)을 사용하여 단백질량을 정량하였다.

### 수입산 밀가루, 쌀가루(오대)의 조단백질, 조회분, 수분 함량 분석

조단백질 함량은 Kjeldal 방법으로 자동분석기(Kjeltec Auto 1030 Analyzer, Tecator, Sweden)를 사용하여 측정하였으며 질소계수는 5.73을 이용하였다. 조회분은 550°C, 4시간 건식회화법에 따라 분석하였다. 수분함량은 적외선 수분 측정기를 사용하여 105°C에서 15분간 측정하였다.

### 반죽의 물성

쌀가루 혼합분의 2차 가공적성을 구명하기 위하여 반죽의 물리적 성질을 측정하는 방법으로 mixograph와 farinograph를 이용하여 반죽의 물리적 특성을 측정하였다.

Farinograph는 AACC(54-21)(17) 표준방법을 이용하여 측정하였다. 간단히 기술하면, 시료 300 g을 mixing bowl 30 $\pm$ 0.2°C로 유지시킨 다음 반죽의 굳기가 500 $\pm$ 20 B.U. (Brabender unit)에 도달하도록 수분함량을 조절하여 water absorption, peak time, stability, weakness, valorimeter value를 측정하였다. Mixograph(National Mfg. Co., USA)는 AACC 54-40(17)의 방법에 따라 10 g-mixogram을 측정하였다. Farinograph와 mixograph 측정시 MTGase는 반죽을 하기 직전에 물에 용해하여 용액상태로 첨가하였다.

생면의 제조

국수의 반죽은 Kim과 Koh(18)의 방법을 변형하여, 밀가루 300 g에 소금(밀가루 고형분 기준 1.7%)을 넣고 혼합기(Hobart Kitchen Aid K5SS, USA)로 3분동안 dry mix한 후, 수분함량이 farinograph에서 얻은 수분흡수량의 증가분만큼 증가시켜 최종 40%(밀가루 고형분 기준)가 되도록 물을 첨가하여 속도 1에서 10분간 반죽한 다음, 비닐백에 넣어 20°C 항온에서 3시간동안 숙성시켰다. 숙성된 반죽은 소형 수동식 국수 제조기(Olympia, Italy)의 롤 간격을 2.9 mm로 조절하여 sheeting한 뒤 반을 접어 다시 sheeting하였다. 이러한 방식으로 4단계(2.9 mm→2.2 mm→1.9 mm→1.4 mm)를 2회 반복하면서 단계적으로 두께를 감소시켜 면대를 형성하고, 최종적으로 두께는 1.4 mm, 너비는 3.4 mm 절단하였다. 이것을 약 20 cm의 일정한 길이로 잘라 생면을 제조하였다. 소금은 반죽을 하기 전에 물에 완전히 용해하여 용액상태로 첨가하였다.

조리면의 기계적 texture 측정

반죽은 면발을 만들기 전 형성된 면대(sheet)를 이용하였으며, 생면의 조직감은 10분간 조리후 건져서 흐르는 냉수에 1분간 냉각시킨 후, 2분간 방치하여 물을 뺀 후 25 mm가 되는 면가닥을 platform에 올려놓은 다음 직경 20 mm의 원형 probe를 이용하여 측정하였다. 조직감 측정에 사용된 Texture Analyzer(TA-XT2 stable Microsystems, UK)의 측정 조건은 Table 1과 같으며, 이들 시험은 각각 5 반복으로 측정하였다.

조리면의 관능 검사

조리한 국수를 냉수에 식혀서 건져 그물망 그릇에 넣고 물이 빠진 후 소형 흰색 bowl에 담고 예비 실험을 통해 훈련된 9명의 panel들을 선발하여 9점 척도법으로 조직감을 평가하였다. 조직감의 평가 항목은 견고성과 씹힘성이었으며, 이때 견고성은 어금니 사이 혹은 혀와 입천장 사이에 놓고 눌렀을 때 드는 힘의 크기로, 씹힘성은 일정 크기의 시료를 일정한 힘과 속도로 삼킬 수 있을 때까지 씹는 횟수로 정의하여 평가하였다. 관능평가는 조리직후 실시되었으며, 임의 배치법으로 3 반복으로 하여 실시하였다. 관능평가에 사용된 난수는 Microsoft사의 난수생성 프로그램을 사용하여 생성시켰다.

통계처리

결과의 분석은 SPSS 통계 프로그램을 이용하여 Paired-Samples T-test로 시료간의 유의차 분석을 검증하였다.

Table 1. Conditions of texture analyzer for cooked noodle

Option	T.P.A	Post-test speed	10.0 mm/sec
Force unit	Grams	Strain	50.0%
Distance format	Strain	Time	20 sec
Pre-test speed	5.0 mm/sec	Trigger type	Auto
Test speed	0.5 mm/sec	Trigger force	10 g

결과 및 고찰

수입산 밀가루와 쌀가루 혼합분의 조단백질, 조회분, 수분함량 분석

Table 2에서 보는 바와 같이 수입산 밀가루(ASW+AH)와 쌀가루(오대)의 조단백질 함량은 각각 9.3%와 6.4%로, 수입산 밀가루(ASW+AH)의 조단백질 함량이 쌀가루(오대)에 비해서 높게 나타났으며, 혼합분의 쌀가루 함량이 10%, 30%, 50%로 높아질수록 조단백질 함량은 각각 8.8%, 8.4%, 7.4%로 감소하였다. 회분 함량은 수입산 밀가루(ASW+AH)와 쌀가루(오대)가 각각 0.7%, 0.5%로 조단백질 함량과 마찬가지로 수입산 밀가루가 쌀가루(오대)에 비해 높게 측정되었으며, 혼합분의 쌀가루 함량이 10%, 30%, 50%로 높아질수록 회분함량은 감소하는 경향을 보였다. 수분 함량은 수입산 밀가루(ASW+AH)와 쌀가루(오대)가 각각 13.5%, 13.3%로 큰 차이를 보이지 않았으며, 쌀가루 함량이 10%, 30%, 50%인 혼합분의 수분 함량도 각각 13.5%, 13.8%, 13.8%로, 큰 차이를 보이지 않았다. Kum과 Lee(19)는 쌀가루의 단백질 함량은 입자크기와 관계가 있다고 보고하고 있으며, 본 결과에서 조단백 함량이 낮은 것은 제분정도에 따른 것으로 판단된다.

Microbial Transglutaminase 첨가에 따른 수입산 밀가루와 쌀가루 혼합분 반죽의 물성

수입산 밀가루(ASW+AH)와 쌀가루(오대)를 농도별로 (10%, 30%, 50%) 첨가하여 제조한 복합분에 transglutaminase를 첨가한 반죽성질을 나타내는 mixograph 패턴은 Fig. 1 및 Table 3과 같다. 수입산 밀가루(ASW+AH)에 transglutaminase를 첨가한 mixograph 특성은 transglutaminase를 3,000 ppm, 첨가함에 따라 stability는 35.0에서 37.5로 증가하다가 5,000 ppm 이상에서는 감소하여 물성이 약해지는 경향을 보여주고 있다. 수입산 밀가루에 쌀가루(오대)의 첨가량이 증가할수록 mixograph 패턴은 매우 불규칙하고 불안정한 패턴을 보여주고 있으며, stability, midline peak time, midline peak height, width at peak 등의 파라미터 측정치가 쌀가루 첨가량과의 관련성을 보이지 않았다. 이것은 밀가루보다 높은 수분흡수 특성을 가지는 쌀가루의 함량이 증가함에 따라 같은 양의 수분 첨가가 상대적으로 반죽

Table 2. Moisture, ash, and protein contents of imported wheat flour and composite flour with the ratio of rice flour (unit: %)

	Crude protein	Crude ash	Flour moisture
IWF only	9.3	0.7	13.5
IWF90 RF10	8.8	0.6	13.5
IWF70 RF30	8.4	0.7	13.8
IWF50 RF50	7.4	0.5	13.8
RF only	6.4	0.5	13.3

IWF: imported wheat flour (ASW and AH), RF: rice flour (Oh-Dae).

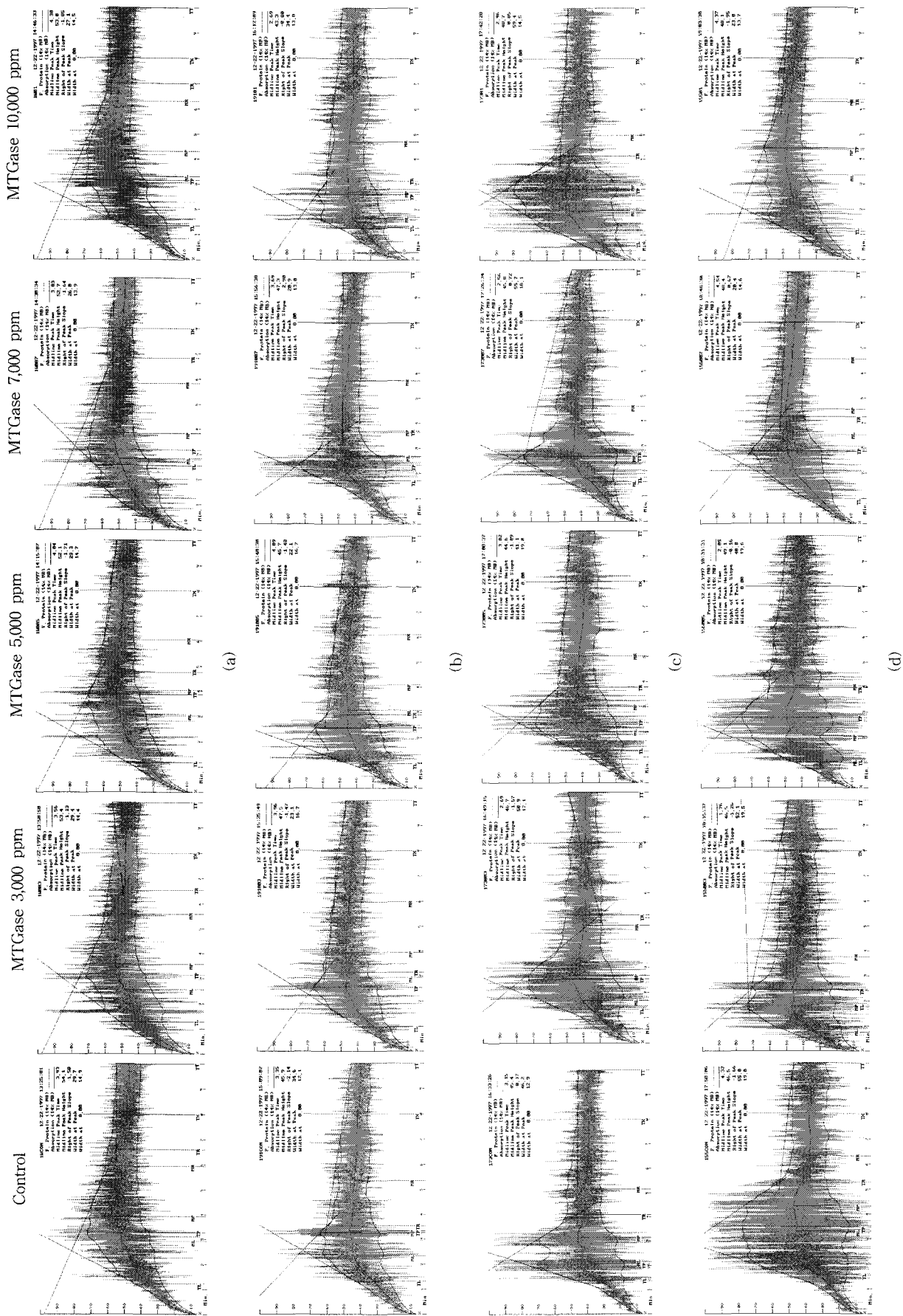


Fig. 1. The effect of adding microbial transglutaminase (mTGase) on mixograph pattern characteristics of imported wheat flour (ASW + AH) and composite flour with the ratio of rice flour.  
 (a) IWF, (b) IWF70 RF30, (c) IWF90 RF10, (d) IWF50 RF50. IWF: imported wheat flour (ASW and AH), RF: rice flour (*Oh-Dae*), mTGase: microbial transglutaminase.

**Table 3.** The effect of adding microbial transglutaminase (mTGase) on mixogram characteristics of imported wheat flour (ASW + AH) and composite flour with the ratio of rice flour

		Stability	Midline peak time (min)	Midline peak height	Width at peak
IWF only	Control	35.0	3.7	55.6	28.2
	MTGase 3,000 ppm	37.5	3.7	54.9	27.9
	MTGase 5,000 ppm	34.5	3.9	54.1	30.2
	MTGase 7,000 ppm	34.5	3.9	54.9	27.3
	MTGase 10,000 ppm	33.0	3.9	54.9	29.1
IWF90 RF10	Control	34.0	3.1	47.6	36.4
	MTGase 3,000 ppm	38.5	3.5	47.6	29.6
	MTGase 5,000 ppm	32.5	4.1	46.4	21.3
	MTGase 7,000 ppm	34.0	3.3	47.0	32.8
	MTGase 1,0000 ppm	35.0	3.6	45.0	27.8
IWF70 RF30	Control	37.0	3.2	45.4	46.2
	MTGase 3,000 ppm	48.0	2.7	46.8	50.9
	MTGase 5,000 ppm	32.0	3.0	44.6	41.1
	MTGase 7,000 ppm	40.0	2.6	45.8	55.7
	MTGase 1,0000 ppm	46.0	2.9	48.7	59.4
IWF50 RF50	Control	47.0	4.3	46.5	55.0
	MTGase 3,000 ppm	48.0	1.8	46.5	52.1
	MTGase 5,000 ppm	52.0	2.1	49.1	40.8
	MTGase 7,000 ppm	34.0	4.5	48.4	20.4
	MTGase 1,0000 ppm	34.0	4.4	48.1	23.0

IWF: imported wheat flour (ASW and AH), RF: rice flour (Oh-Dae), MTGase: microbial transglutaminase.

의 수분부족을 유발하기 때문이나, 수입산 밀가루(ASW + AH)와 쌀가루(오대)의 혼합분에 transglutaminase를 첨가함에 따라 이러한 불규칙성이 감소하였다. 이것은 transglutaminase 첨가에 따라 단백질간의 가교결합이 형성되어 글루텐의 구조적인 변화로 인해 수분흡수능력이 증가된다고 한 Gerrard 등(20)의 연구 결과와 일치한다. 수입산 밀가루(ASW + AH)와 쌀가루(오대)를 첨가하여 제조한 복합분의 반죽성질을 나타내는 farinograph의 특성은 Fig. 2 및 Table 4와 같다. 수입산 밀가루(ASW + AH)는 stability가 20분 이상이고, weakness 20 B.U., valorimeter value 57인 강한 물성을 가진 반죽을 형성하였다. 그러나 수입산 밀가루(ASW + AH)에 첨가한 쌀가루(오대) 함량이 10%, 30%, 50%로 증가할수록 stability가 각각 7.7, 3.0, 1.1분이었으며, valorimeter value가 각각 50, 44, 39로 급격히 감소하였고, weakness는 각각 50, 70, 110 B.U.로 크게 증가하였다. 그러나 transglutaminase를 3,000 ppm, 5,000 ppm, 7,000 ppm, 10,000 ppm까지 첨가량이 증가하면, 수입산 밀가루(ASW + AH)에 쌀가루(오대) 10%를 첨가한 혼합분의 경우, stability가 7.7 min에서 각각 7.7분, 8.0분, 12.3분, 20분 이상으로 증가하였고, weakness는 50 B.U.에서 각각 40 B.U., 30 B.U., 30 B.U., 10 B.U.로 감소하였으며, valorimeter value는 50에서 각각 53, 54, 54, 59로 증가하였다. 수입산 밀가루(ASW + AH)에 쌀가루(오대)를 30% 첨가한 경우, stability 3.0분에서 각

각 3.2분, 4.0분, 4.2분, 5.1분으로 증가하였고, weakness는 70 B.U.에서 transglutaminase를 3,000 ppm 첨가시 80 B.U.로 증가하였다가 5,000 ppm 이상 첨가한 경우, 각각 70, 60, 50 B.U.로 감소하였으며, valorimeter value는 44에서 각각 44, 46, 47, 50로 증가하였다. 또한 쌀가루(오대)를 50% 첨가한 경우, stability는 1.1분에서 각각 4.2분, 4.5분, 4.5분, 6.6분으로 크게 증가하였고, weakness는 110 B.U.에서 각각 70 B.U., 80 B.U., 70 B.U., 60 B.U.로 감소하였으며, valorimeter value는 50에서 각각 44, 44, 46, 47로 증가하였다. 수분흡수량은 대조군인 수입산 밀가루(ASW + AH)의 반죽이 59.88%이고 쌀가루(오대) 첨가량이 10%, 30%, 50%로 증가할수록 각각 64.42%, 63.16%, 67.57%로 증가하였다. 또한 transglutaminase를 첨가함에 따라 수분 흡수량이 감소하는 경향을 보였다. Transglutaminase를 첨가함에 따라 수분흡수량이 감소하는 것은 수입산 밀가루(ASW + AH)와 쌀가루(오대) 혼합분 모두에서 나타나는 경향인데, 이것은 transglutaminase의 수분흡수능력(water holding capacity)과 관계가 있는 것으로 판단된다. Peak time은 수입산 밀가루(ASW + AH)와 쌀가루(오대)를 첨가할수록 짧은 경향을 나타내었으며, 두 반죽 모두 transglutaminase를 첨가할수록 길어지는 경향을 나타내었다. 수입산 밀가루(ASW + AH)는 stability, weakness, valorimeter value 등에서 매우 높은 수치를 나타냄으로써, transglutaminase를 첨가하지 않은 상태에서도 매우 뛰어난 물성을 지닌 것으로 나타났다. 그러나 쌀가루(오대)의 함량이 증가할수록 낮은 수치를 나타냄으로써 안정성이 떨어지는 물성을 지닌 것으로 나타났다.

그러나 transglutaminase 첨가로 인하여 쌀가루(오대) 혼합분의 반죽은 stability와 valorimeter value가 증가하였으므로 transglutaminase의 첨가가 쌀가루 반죽의 물성과 제면적성을 향상시킬 수 있다고 판단된다. 일반적으로 반죽의 안정도가 긴 특성을 가지는 반죽이 제면용으로 좋은 특성을 가진 것으로 알려져 있으며, transglutaminase의 첨가에 의하여 국내산 밀가루인 그루밀의 제면적성을 향상시킨 결과와 일치하였다(9).

#### 조리면의 기계적 texture 측정

수입산 밀가루(ASW + AH)와 쌀가루(오대)를 첨가한 혼합분에 transglutaminase를 첨가하여 생면을 제조하고 조리 후의 기계적 조직감을 texture analyzer를 통하여 측정하였다. Texture profile 중 조직감과 직접적인 관련이 있는 검성(gumminess), 씹힘성(chewiness), 견고성(hardness) 항목을 중심으로 측정하였으며, 결과는 Table 5와 같다.

수입산 밀가루(ASW + AH)의 TPA 파라미터인 검성, 씹힘성, 견고성은 각각 217.22 g, 173.61 g, 384.13 g으로 측정되었다. 반면, 쌀가루를 10% 혼합하여 제조한 혼합분의 경우 각각 170.65 g, 137.49 g, 329.57 g이었고, 30% 쌀가루 혼합분의 경우 각각 168.29 g, 141.85 g, 281.20 g이었으며, 50% 쌀가루 혼합분의 경우 각각 153.71 g, 130.72 g, 265.77 g으로,

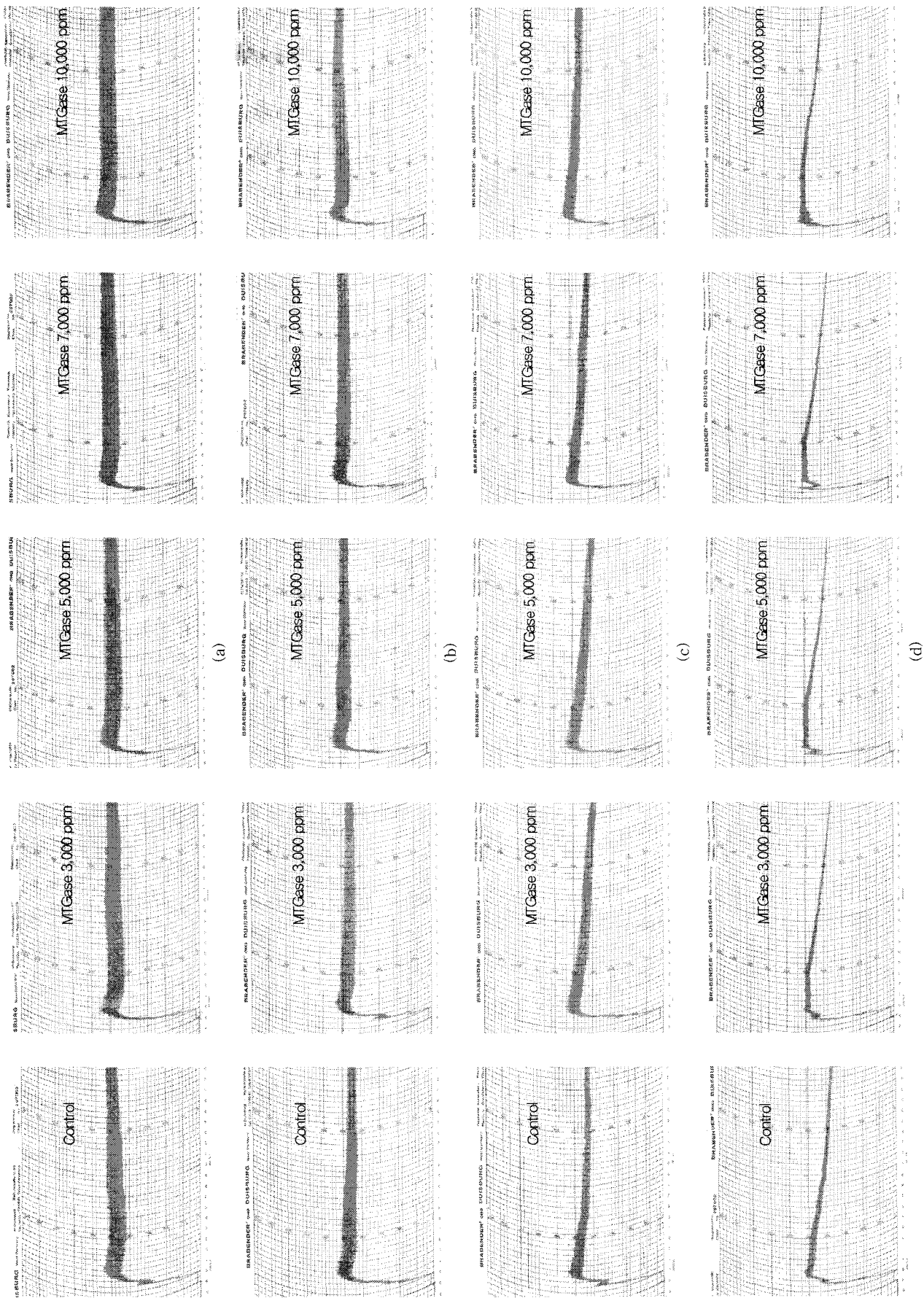


Fig. 2. The effect of adding microbial transglutaminase on farinograph pattern characteristics of imported wheat flour and composite flour with the ratio of rice flour. (a) IWF, (b) IWF70 RF30, (c) IWF70 RF30, (d) IWF90 RF10. IWF: imported wheat flour (ASW and AH), RF: rice flour (*Oryza sativa*), mTGase: microbial transglutaminase.

**Table 4. The effect of adding microbial transglutaminase on farinogram characteristics of imported wheat flour and composite flour with the ratio of rice flour**

		Water Absorption (%)	Peak time (min)	Stability (min)	Weakness (B.U)	Valorimeter value
IWF only	Control	59.9	2.0	>20.0	20	57
	MTGase 3,000 ppm	59.5	1.8	15.8	30	55
	MTGase 5,000 ppm	59.5	2.1	>20.0	25	56
	MTGase 7,000 ppm	60.0	2.1	>20.0	15	56
	MTGase 10,000 ppm	59.5	2.1	>20.0	25	55
IWF90 RF10	Control	64.4	2.0	7.7	50	50
	MTGase 3,000 ppm	64.4	2.4	7.7	40	53
	MTGase 5,000 ppm	63.9	2.3	8.0	30	54
	MTGase 7,000 ppm	64.4	2.1	12.3	30	54
	MTGase 1,0000 ppm	62.2	2.1	>20.0	10	59
IWF70 RF30	Control	65.4	1.9	3.0	70	44
	MTGase 3,000 ppm	63.4	2.0	3.2	80	44
	MTGase 5,000 ppm	63.7	2.0	4.0	70	46
	MTGase 7,000 ppm	64.2	2.0	4.2	60	47
	MTGase 1,0000 ppm	65.7	1.7	5.1	50	50
IWF50 RF50	Control	67.5	1.7	1.1	110	39
	MTGase 3,000 ppm	65.1	1.7	4.2	90	42
	MTGase 5,000 ppm	64.7	1.9	4.5	90	43
	MTGase 7,000 ppm	64.7	2.2	4.5	90	44
	MTGase 1,0000 ppm	64.7	3.5	6.6	75	51

IWF: imported wheat flour (ASW and AH), RF: rice flour (*Oh-Dae*), MTGase: microbial transglutaminase.

**Table 5. The effect of adding microbial transglutaminase on texture profiles characteristics of imported wheat flour and composite flour with the ratio of rice flour**

		Gummi-ness	Chewi-ness	Hard-ness (g)
IWF only	Control	217.22	173.61	384.13
	MTGase 3,000 ppm	229.17	202.42	376.53
	MTGase 5,000 ppm	236.49	216.51	372.60
	MTGase 7,000 ppm	236.40	211.17	389.07
	MTGase 10,000 ppm	222.63	201.48	364.30
IWF90 RF10	Control	170.65	137.49	329.57
	MTGase 3,000 ppm	207.36	171.25	369.90
	MTGase 5,000 ppm	221.27	176.48	383.83
	MTGase 7,000 ppm	236.62	183.74	403.47
	MTGase 1,0000 ppm	219.87	195.75	339.53
IWF70 RF30	Control	168.29	141.85	281.20
	MTGase 3,000 ppm	178.65	153.13	281.57
	MTGase 5,000 ppm	193.56	171.04	304.60
	MTGase 7,000 ppm	232.95	190.75	413.13
	MTGase 1,0000 ppm	214.67	182.52	347.53
IWF50 RF50	Control	153.71	130.72	265.77
	MTGase 3,000 ppm	173.17	147.91	289.83
	MTGase 5,000 ppm	185.03	150.69	317.67
	MTGase 7,000 ppm	184.38	161.96	299.28
	MTGase 1,0000 ppm	178.31	157.89	257.97

IWF: imported wheat flour (ASW and AH), RF: rice flour (*Oh-Dae*), MTGase: microbial transglutaminase.

쌀가루 함량이 증가할수록 대부분의 TPA 파라미터 수치는 크게 감소하였다. 쌀가루(오대)를 첨가하여 제조한 혼합분에 transglutaminase를 3,000 ppm, 5,000 ppm, 7,000 ppm 첨가함에 따라 10% 쌀가루 혼합분의 경우 검성은 170.65에

서 각각 207.36, 221.27, 236.62로 증가하였고, 30% 쌀가루 혼합분의 경우 168.29에서 각각 178.65, 193.56, 232.95로 증가하였으며, 50% 쌀가루 혼합분의 경우 153.71에서 각각 173.17, 185.03, 184.38로 증가하였다. 그러나, transglutaminase 10,000 ppm 첨가시에는 쌀가루 첨가군 모두가 7,000 ppm 첨가군에 비하여 낮은 값으로 측정되었다.

Transglutaminase를 3,000 ppm, 5,000 ppm, 7,000 ppm 첨가함에 따라 씹힘성은 10% 쌀가루 혼합분의 경우 137.49에서 각각 171.25, 176.48, 183.74로 증가하였고, 30% 쌀가루 혼합분의 경우 141.85에서 각각 153.13, 171.04, 190.75로 증가하였으며, 50% 쌀가루 혼합분의 경우 130.72에서 각각 147.91, 150.69, 161.96으로 증가하였다. Transglutaminase를 10,000 ppm 첨가시에는 7,000 ppm 첨가군에 비하여 쌀가루 10% 첨가군과 50% 첨가군이 증가하는 경향을 보였으나, 30, 70% 첨가군은 감소하였다. Transglutaminase를 3,000 ppm, 5,000 ppm, 7,000 ppm 첨가함에 따라 견고성은 10% 쌀가루 혼합분의 경우 329.57에서 각각 369.90 g, 383.83 g, 403.47 g으로 증가하였고, 30% 쌀가루 혼합분의 경우 281.20에서 각각 281.57 g, 304.60 g, 413.10 g으로 증가하였으며, 50% 쌀가루 혼합분의 경우 265.77 g에서 각각 289.83 g, 317.67 g, 299.28 g으로 증가하였다. Transglutaminase를 10,000 ppm 첨가시에는 쌀가루 첨가군 모두가 7,000 ppm 첨가군에 비하여 낮은 값으로 측정되었다.

수입산 밀가루(ASW+AH)에 transglutaminase를 3,000 ppm, 5,000 ppm씩 첨가함에 따라 검성은 217.22에서 각각 229.17, 236.49로 증가하였고, 씹힘성은 173.61에서 각각 202.61,



216.51로 증가하였으며, 견고성은 384.13 g에서 376.53 g, 372.60 g으로 증가하였다. 그러나 transglutaminase를 7,000 ppm, 10,000 ppm씩 첨가했을 때 5000 ppm 첨가한 것에 비하여 견고성은 372.60 g에서 각각 389.07 g, 364.30 g으로 증가하다가 감소한 반면, 점성은 236.49에서 236.40, 222.63으로, 씹힘성은 216.51에서 211.17, 201.48로 감소하였다.

Transglutaminase를 쌀가루(오대) 혼합분에 7,000 ppm 까지 첨가할 경우 조리면의 조직감을 나타내는 점성, 씹힘성, 견고성이 증가하였으며 조리면의 조직감이 수입산 밀가루(ASW+AH)로 만든 조리면과 비슷한 정도까지 향상되는 것으로 나타났다. 그러나, transglutaminase 10,000 ppm 첨가시 조직감이 저하되는 경향을 보이는 것은 Sakamoto 등(8)이 transglutaminase를 일정량 이상으로 첨가시 중화면의 파쇄강도(breaking strength)가 떨어지는 결과를 얻은 것과 일치하였다.

#### 조리면의 관능적 특성

수입산 밀가루(ASW+AH)와 쌀가루(오대)를 30% 혼합하여 제조한 혼합분의 조리면과 쌀가루 30% 첨가한 혼합분에 transglutaminase 7,000 ppm을 첨가하여 조리한 면에 대한 관능검사를 실시하였다(Table 6).

조리면의 관능적 특성을 살펴본 결과, 수입산 밀가루(ASW+AH)는 견고성과 씹힘성의 조직감 평가에서 각각  $6.43 \pm 0.10$ 과  $6.60 \pm 1.07$ 의 높은 점수를 보인 반면, 쌀가루(오대) 혼합분의 견고성과 씹힘성은 각각  $4.26 \pm 1.58$ ,  $4.41 \pm 1.69$ 로 유의적으로 감소하였다( $p < 0.01$ ). Transglutaminase를 7,000 ppm 첨가하였을 때 수입산 밀가루(ASW+AH)로 제조한 조리면의 견고성은  $6.73 \pm 1.06$ 으로 향상되었으나 유의적인 차이는 보이지 않았으며, 씹힘성은  $7.07 \pm 1.05$ 으로 유의적으로 증가하였다( $p < 0.05$ ). 쌀가루(오대) 혼합분에 transglutaminase를 7,000 ppm 첨가한 조리면의 견고성은  $4.77 \pm 1.36$ 으로 증가하였으나 유의성은 보이지 않았고, 씹힘성은  $4.81 \pm 1.65$ 으로, 첨가하지 않은 군에 비하여 유의적으로 증가하였다( $p < 0.05$ ).

TPA와 관능평가 결과를 비교하여 보았을 때, 두 결과 모

두에서 수입산 밀가루(ASW+AH) 및 쌀가루 혼합분에 대하여 transglutaminase 첨가가 조리면의 씹힘성의 향상에 기여하는 경향을 나타내었으나, TPA 결과시 쌀가루를 30% 첨가한 혼합분에 transglutaminase(7,000 ppm)를 첨가하여 제조한 조리면의 씹힘성이 수입산 밀가루(ASW+AH)로 제조한 조리면의 씹힘성보다 높게 측정되었으나, 관능평가에서는 낮은 관능품질로 평가받았다. 또한 transglutaminase의 첨가로 인하여 크게 수치가 증가한 혼합분 조리면의 견고성이 수입산 밀가루 및 transglutaminase를 첨가한 조리면보다 높은 수치를 나타낸 TPA결과와 비교하여 관능평가 결과는 유의성을 보이지 않았고 또한 수입산 밀가루의 조리면보다는 낮은 관능품질로 평가되었다.

#### 요 약

수입산 밀가루(ASW+AH)와 쌀가루(오대)를 첨가한 혼합분에 transglutaminase를 첨가하여 반죽 물성 및 가공적성을 조사한 결과는 다음과 같다. Mixograph의 결과에서, 수입산 밀가루(ASW+AH)에 transglutaminase를 첨가한 mixograph 특성은 transglutaminase를 첨가할수록 각각 stability가 증가하다가 5,000 ppm 이상에서 감소하는 것으로 나타났다. 수입산 밀가루에 쌀가루(오대)를 첨가할수록 mixograph 패턴은 매우 불규칙하고 불안정한 패턴을 보여 주고 있으며, stability, midline peak time, midline peak height, width at peak 등의 파라미터 측정치와 특정한 관련성을 보이지 않았다. 그러나 수입산 밀가루(ASW+AH)와 쌀가루(오대)의 혼합분에 transglutaminase를 첨가함에 따라 이러한 불규칙성이 감소하였다. Farinograph의 결과에서, 수입산 밀가루(ASW+AH)에 첨가한 쌀가루(오대) 함량이 증가할수록 stability와 valorimeter value는 급격히 감소하고 weakness는 크게 증가하여 매우 약하고 안정성이 낮은 반죽을 형성하였다. 그러나 transglutaminase를 첨가함에 따라 수입산 밀가루(ASW+AH)에 쌀가루(오대)를 첨가한 복합분의 stability와 valorimeter value는 증가하였고, weakness는 감소하였다. 수분흡수량은 대조군인 수입산 밀가루(ASW+AH)의 반죽에 비하여 쌀가루(오대) 혼합비율이 커질수록 증가하였으며, transglutaminase를 첨가함에 따라 수분 흡수량이 감소하는 경향을 가졌다. Peak time은 수입산 밀가루(ASW+AH)와 쌀가루(오대)를 첨가할수록 짧은 경향을 나타내었으며, 두 반죽 모두 transglutaminase를 첨가할수록 길어지는 경향을 나타내었다. 조리면의 기계적 조직감을 Texture profile analysis(TPA)로 측정된 결과, 쌀가루(오대)를 첨가하여 제조한 혼합분(10, 30, 50%)에 transglutaminase(3000, 5000, 7000 ppm)를 첨가함에 따라 점성, 씹힘성, 견고성 등 TPA 파라미터 값이 증가하였고, 10,000 ppm 첨가시에는 비슷한 수치를 나타내거나 감소하였다. 관능평가 결과에서는 쌀가루를 30%첨가한 혼합분으

**Table 6.** The effect of adding microbial transglutaminase on sensory evaluation characteristics of imported wheat flour and composite flour

	IWF		Composite flour	
	MTGase 0 ppm	MTGase 7,000 ppm	MTGase 0 ppm	MTGase 7,000 ppm
Texture- Chewiness	$6.60 \pm 1.07^{1)}$	$7.07 \pm 1.05^*$	$4.41 \pm 1.69^{**}$	$4.81 \pm 1.65^*$
Texture- Hardness	$6.43 \pm 0.10$	$6.73 \pm 1.06$	$4.26 \pm 1.58^{**}$	$4.77 \pm 1.36$

Rating scale: 1 to 9.

<sup>1)</sup>Mean  $\pm$  SD.

\*Significantly different by paired t-test at  $p < 0.05$ .

\*\*Significantly different by paired t-test at  $p < 0.01$ .



로 제조한 조리면의 조직감(썩힘성, 견고성)은 수입산 밀가루에 비해서 낮게 평가되었으나, transglutaminase를 7,000 ppm 첨가한 쌀 혼합분 조리면의 썩힘성이 향상되었다.

### 감사의 글

이 논문은 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구비지원으로 수행한 연구결과의 일부로 이에 감사드립니다.

### 문헌

- Soeda KA. 1997. Study of new protein ingredient by transglutaminase. *Shouhin Kougok* 12: 18-25.
- Ikura K, Sasaki R, Motoki M. 1992. Use of transglutaminase in quality-improvement and processing of food proteins comments. *Agric Food Chem* 2: 389-407.
- Kurth L, Rogers PJ. 1984. Transglutaminase catalyzed crosslinking of myosin to soya protein, casein and gluten. *J Food Sci* 49: 573-576.
- Ando H, Adachi M, Umeda K, Matsuura A, Nonaka M, Uchio R, Tanaka H, Motoki M. 1989. Purification and characteristics of a novel transglutaminase derived from microorganism. *Agric Biol Chem* 53: 2613-2617.
- Motoki M, Seguro K. 1998. Transglutaminase and its use for food processing. *Food Sci Technol* 9: 204-210.
- Kuraishi C, Sakamoto J, Soeda T. 1996. The usefulness of transglutaminase for food processing. In *Biotechnology for improved foods and flavors*. Kuraishi C, Soeda T, eds. American Chemical Society, MN. p 29-38.
- Kumazawa Y, Sakamoto H, Kawauiri H, Motoki M. 1995. Determination of  $\epsilon$ -( $\gamma$ -glutamyl)lysine in several fish eggs and muscle proteins. *Fisheries Sci* 62: 331-332.
- Sakamoto H, Yamazaki K, Kaga C, Yamamoto Y, Ito R, Kurosawa Y. 1996. Strength enhancement by addition of microbial transglutaminase during Chinese noodle processing. *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi* 43: 598-602.
- Seo HS, Shin WS, Yoon S, Lee SJ. 2003. Effect of microbial transglutaminase on physical and textural properties of noodles made with Korean wheat flour (Geurumul). *Food Sci Biotechnol* 12: 1-8.
- Yoo JS, Shin WS, Chun GT, Kim YS, Jeong YS. 2003. The separation of transglutaminase produced from *Streptomyces mobaraensis* and its application on medel food system. *Korean J Food Sci Technol* 35: 260-265.
- Guo YJ, Bishop R, Ferhnstrom H, Yu GZ, Lian YN, Huang SD. 1986. Classification of Chinese rice varieties by electrophoresis. *Cereal Chem* 63: 1-3.
- MAFF. 1994. Annual Report for agriculture, forest and fishery. Korea.
- Juliano BO, Sakurai J. 1985. Miscellaneous rice products. In *Rice Chemistry and Technology*. 2nd ed. Juliano BO, ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. p 569-618.
- Lee SY, Hur HS, Song JC, Park NK, Chung WK, Nam JH, Chang HK. 1997. Comparison of noodle-related characteristics of domestic and imported wheat. *Korean J Food Sci Technol* 29: 44-50.
- Folk JE. 1980. Transglutaminase. *Annu Rev Biochem* 49: 517-531.
- Bradford MA. 1976. Rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochem* 72: 248-254.
- AACC. 1995. *Approved Methods*. 9th ed. American association of cereal chemists, St. Paul, MN, USA.
- Kim MS, Koh BK. 2000. Discoloration of Korean wheat flour noodles with additives. *Korean J Food Sci Technol* 32: 792-798.
- Kum JS, Lee HY. 1999. The effect of the varieties and particle size on the properties of rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 31: 1542-1548.
- Gerrard JA, Fayle SE, Wilson AJ, Newberry MP, Ross M, Kavale S. 1998. Dough properties and crumb strength of white pan bread as affected by microbial transglutaminase. *J Food Sci* 63: 472-475.

(2005년 8월 22일 접수; 2005년 10월 27일 채택)