

## 소맥분의 액화에 미치는 Gluten의 영향과 Protease의 첨가 효과

김기환 · 한민수 · 오남순\*

(주)해찬들 식품연구소, \*공주대학교 식품공학과

### Influences of Gluten and Effects of Protease on the Liquefaction of Wheat Flour

Ki Hoan Kim, Minsu Han and Nam-Soon Oh\*

Food R&D Center, Haechandle Co., Ltd.

\*Department of Food Science and Technology, Kongju National University

#### Abstract

Influences of gluten and effects of protease on the liquefaction of wheat flour are described in this study. Wheat flour used was similar to medium wheat flour in chemical composition. Cotreatment of  $\alpha$ -amylase and protease have considerably influenced on the decrease of viscosity during liquefaction of wheat flour suspension, however, the differences of produced amounts of reducing sugar and amino nitrogen were not detected. However, reducing sugar contents of hydrolysate were decreased and viscosities of hydrolysate were increased by addition of gluten. When wheat flour gluten was completely denatured by steaming, produced amounts of reducing sugar and amino nitrogen were increased depending on the degree of gelatination of wheat flour starch and denaturation of gluten, compared with hydrolysate of non steamed wheat flour.

Key words: wheat flour, gluten,  $\alpha$ -amylase, protease, liquefaction

#### 서 론

고추장, 간장, 된장 등 장류제조에 있어 주요 원료로 사용되는 대두와 소맥분의 처리 목적은 주로 저분자화된 아미노산과 펩타이드 또는 소당류로의 분해이며, 미생물 starter인 메주 또는 코지(Koji)로 이용되어 진다(신동화 외, 1998). 장류 제품의 생산을 목적으로 한 소맥분의 처리와 이용에 있어서 국내 업체에서 주로 사용하는 방법은 소맥분으로 코지를 제조한 후 밀쌀 등을 첨가하여 발효시키는 방법과, 밀쌀로 코지를 제조한 후 여기에 효소분해된 소맥분을 혼합하여 발효시키는 방법 등을 들 수 있다. 특히, 소맥분 가공에 있어 공정의 편의성을 이유로 효소를 이용한 효소 당화법이 부분적으로 이용되고 있으며, 이러한 추세는 장류의 제조에 필요한 효소를 코지에 전적으로 의존하

던 방식에서 상용효소를 사용함으로써 코지 제조에 필요한 노력의 절감과 원료의 분해도와 제품의 균일도를 달성하고자 함에 있다. 소맥분 가공 중 발생하는 물리적 특성에 관한 연구는 주로 제면, 제빵 등 소맥분의 기계적 가공분야(Lii *et al.*, 1995; Bloksma, 1990)에서 많이 다루어져 왔으며, 소맥분에 함유되어 있는 점질성 단백질인 gluten을 증자 또는 열처리 등 물리적인 방법(Prakash and Rao, 1999)과 효소를 이용한 방법(홍영식 등, 1998; Weegels *et al.*, 1992)으로 소맥분 가공 후 물성적 특성을 개선시키고자 하는 연구가 진행되어 왔다. 소맥분 가공의 한 방법인 효소적 당화공정(Cheetham, 1995)은 이미 보편화되었으나, 기존의 액화, 당화공정은 단당류 또는 소당류 등으로 분해한 후 특정물질을 분리하고 생산하는 공정인데 비하여, 장류산업에서는 분해된 소맥분을 그대로 제품의 원료로 이용한다는 점에서 차이가 있다. 소맥분에 함유된 단백질의 대부분을 차지하는 불용성 물질인 gluten의 점탄성은 소맥분의 물성(홍성희와 이철호, 1988;

Corresponding author: Ki Hoan Kim, Food R&D Center, Haechandle Co., Ltd. 528 Jukbonri, Yeonmueup, Nonsan, Chungnam 320-833, Korea

Champenois *et al.*, 1998a; Wikstrom과 Eliasson, 1998)에 중요한 영향을 미치며,  $\alpha$ -amylase 등의 효소작용을 방해한다(Champenois *et al.*, 1998b). 특히, 장류산업에서의 소맥분의 효소적 가공은 제품의 특성상 고농도의 소맥분 현탁액을 사용해야 하므로, 분해액의 점도 상승과 고점도 상태에서 용이한 효소작용을 기대하기 곤란하다는 점이 있다.

본 연구에서는 고농도 소맥분 현탁액의 액화에 미치는 gluten의 영향과 protease의 첨가 효과를 조사하여 소맥분의 효소적 가공공정의 기초 자료를 얻고자 하였다.

### 재료 및 방법

#### 재료

본 실험에 사용된 소맥분(제일제당, 한국)과 gluten meal(삼진식품, 한국)은 장류용 제품을 사용하였으며,  $\alpha$ -amylase(복합효소제 5000)와 protease(Protease NP)는 (주)태평양의 상용효소를 구입하여 사용하였다.

#### 소맥분의 효소분해

실험용기에 증류수 500 g을 넣어 항온수조에서 미리 55°C로 온도를 조절한 후  $\alpha$ -amylase (liquefying enzyme)는 0.1% (w/w), protease (endoprotease)는 0.05% (w/w)를 첨가하여 현탁시킨 직후에 500 g의 소맥분을 첨가하여 소맥분과 증류수의 혼합비율을 50:50 (w/w)으로 한 후 교반하면서 120 분 동안 효소반응을 시켰다. 실험용기는 수분이 증발되지 않도록 뚜껑으로 밀폐하였다. 소맥분의 증자는 소맥분을 거즈에 싸서 autoclave에서 처리조건에 따라 상압 또는 가압하여 증자하였다.

#### Gluten의 정량

소맥분 100 g에 증류수 50 g 가한 후 여러번 반죽한 후 거즈에 감싸 흐르는 물에서 흰 물이 나오지 않을 때까지 주무른 후 남은 것을 항량이 될 때까지 건조하여 무게를 측정하여 gluten의 함량(dry gluten)으로 하였다.

#### 일반성분

수분함량은 105°C 상압가열건조법, amino nitrogen (AN)은 formol 적정법, 환원당은 somogyi법, 조지방은 에테르 추출법(식품공전, 2000), 조단백질 함량은 자동 질소 증류장치(Kjeltec 2300 analyzer, Tecator, Sweden)를 이용한 semimicro Kjeldahl법으로 각각 분석하였다.

#### 점도

점도는 시료를 약 100 g 정도 beaker에 취한 후 점도 측정장치인 Viscometer (DV-II+, Brookfield, USA)의 25°C에서 HELIPATH spindle(No. 92)의 회전속도를 10 rpm에서 측정하였다.

### 결과 및 고찰

#### 소맥분의 성분 특성

본 실험에서 사용한 소맥분과 gluten의 성분은 Table 1과 같다. 소맥분은 gluten의 함량에 따라 강력분(13% 이상), 중력분(10-13%) 및 박력분(10%이하)으로 나눌 수 있는데(주현규 외, 1994), 본 시험에 사용한 소맥분의 gluten 함량은 12.8%로 중력분 정도의 함량을 갖고 있었다. 실험에 사용된 gluten은 Table 1에 나타낸 바와 같은 조성의 제품을 사용하였으며, 단백질 함량은 60%이었다.

#### 소맥분의 액화

최적 반응온도가 55-60°C인  $\alpha$ -amylase를 사용하여 소맥분을 액화시켰다. 분해반응의 온도 조건을 55°C와 60°C로 달리했을 때 반응시간에 따른 환원당, 아미노태질소, 점도의 변화를 Table 2에 나타냈다. 효소반응 후 소맥 전분의 환원당으로 전환은 반응초기에서는 60°C에서 많이 이루어졌으나 120 분 동안의 반응에서는 55°C에서 환원당 생성이 많았다. 아미노태질소도 55°C에서 48 mg%로 60°C의 39 mg%보다 약 10 mg%가 더 생성되었다. 즉, 소맥분의 분해에 사용된  $\alpha$ -amylase의 활성이 60°C보다 55°C에서 지속적으로 유지되었으며, 복합효소인  $\alpha$ -amylase에 함유된 protease 활성으로 인한 아미노태질소 생성에서도 55°C에서 높은 결과를 보였다. 특히, 분해액의 점도는 60°C에 비해 55°C의 반응조건에서 감소가 컸다.

#### Protease 첨가 효과

소맥분의 효소분해에 영향을 미치는 점질성 gluten을 분해 또는 변성시킬 목적으로 첨가된 protease의 효과를 조사하였다.  $\alpha$ -amylase에 의한 소맥분의 효소분

Table 1. Composition of wheat flour and gluten used in this experiment

	Moisture (%)	Carbohydrate (%)	Protein (%)	Lipid (%)	Ash (%)
Wheat flour	12.0	70.1	13.3	1.6	3.0
Gluten meal	8.0	23.2	60	4.0	4.8

**Table 2. Physicochemical properties after liquefaction<sup>1)</sup> of wheat flour suspension at different temperatures**

Time (min)	55°C			60°C		
	Reducing sugar (%)	Amino nitrogen (mg%)	Viscosity (cp)	Reducing sugar (%)	Amino nitrogen (mg%)	Viscosity (cp)
10	4.8	22	6,000	5.2	18	8,050
30	5.5	38	5,650	5.7	25	7,650
60	6.5	42	4,960	5.9	33	6,490
90	6.8	45	4,430	6.0	35	5,640
120	7.1	48	3,910	6.2	39	5,120

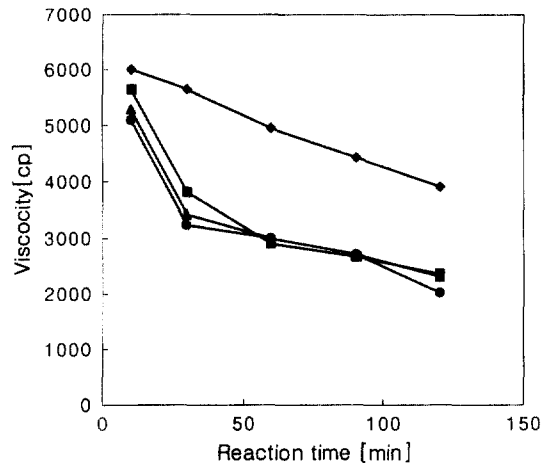
<sup>1)</sup>Liquefaction was carried out by  $\alpha$ -amylase.

**Table 3. Effects of protease addition on the physicochemical properties of wheat flour hydrolysate**

Protease concentration (%)	Reducing sugar (%)	Amino nitrogen (mg%)	Viscosity (cp)
0	7.1	48	3,910
0.01	6.8	50	2,347
0.05	6.9	50	2,300
0.10	6.9	51	2,007

\*condition:  $\alpha$ -amylase 0.1%+protease concentration

해에 있어서 protease를 0.01-0.1% 범위에서 병용하여 환원당, 아미노태질소와 점도의 변화를 조사한 결과 (Table 3), 저분자인 환원당과 아미노태질소의 생성에 있어서는 protease의 첨가농도에 따른 차이를 볼 수 없었다. 그러나, 점도는 protease를 첨가하지 않았을 경우 3,910 cp에 비하여 protease를 첨가한 경우 현저히 감소하여 protease 0.1%첨가에서 약 2,000 cp로 뚜렷한 점도의 감소를 볼 수 있어 protease가 gluten의 변성과 분해에 기여한 결과로 생각된다. 이는 Lindahl과 Eliasson (1992)이 보고한 바와 같이 소맥분의 액화에  $\alpha$ -amylase와 protease의 병용은 소맥분의 물성에 큰 영향을 주어 점도를 낮추어 준다는 결과와 같은 것이다. Protease의 첨가농도별 경시적 점도의 변화(Fig. 1)를 보면  $\alpha$ -amylase 단일첨가인 경우는 거의 직선적이고 완만한 점도의 감소를 보이나, protease를 첨가한 경우는 반응초기에 급격한 점도의 감소를 보였으며 protease의 첨가농도에 따른 큰 차이는 없었다. 120분 동안의 효소반응에서 protease의 첨가에 의한 환원당 및 아미노태질소 생성량에서의 분명한 차이를 볼 수 없었던 것은 본 실험에 사용된  $\alpha$ -amylase와 protease는 endo형의 효소로 소당류나 아미노산의 생성보다는 주로 oligosaccharide(락동찬과 이용현, 1990) 또는 oligo-peptide를 생성하는 효소특성 때문인 것으로 생각된다.



**Fig. 1. Periodical changes of viscosity during liquefaction with  $\alpha$ -amylase and different concentrations of protease.** Control (◆), protease concentration 0.01% (■), 0.05% (▲), 0.1% (●)

**Table 4. Influences of gluten and effects of protease on the physicochemical properties of wheat flour hydrolysate**

Added gluten (%)	Reducing sugar (%)		Viscosity (cp)	
	amylase*	amylase+protease**	amylase	amylase+protease
0	7.1	7.0	4,000	2,300
5	6.3	6.6	3,633	3,555
10	6.0	6.0	5,128	4,080
15	5.1	5.3	7,560	5,450
20	4.9	5.2	10,400	6,734

\*Condition: \* $\alpha$ -amylase 0.1%, \*\* $\alpha$ -amylase 0.1%+protease 0.05%

**Gluten 첨가농도의 영향**

소맥분에 gluten의 첨가농도를 달리하여 액화에 미치는 gluten의 영향과 protease의 첨가효과를 조사하였다 (Table 4). Gluten의 첨가량에 따른 환원당의 생성은 뚜렷이 감소되어 소맥분 단일 사용인 경우 환원당이

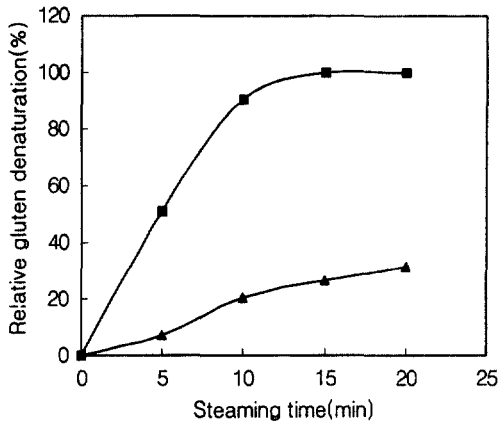


Fig. 2. Denaturation of wheat gluten after steaming at 100°C. Moisture content: 12% (▲), 30% (■)

Table 5. Denaturation of gluten and physicochemical properties of hydrolysate of steamed wheat flour at various steaming temperatures

	Steaming temp.(°C) for 10 min				
	80	90	100	110	120
Relative gluten denaturation (%)	14.8	72.7	90.6	100	100
Reducing sugar (%)	7.3	7.5	8.7	9.6	9.7
Amino nitrogen (mg%)	55	60	65	68	68
Viscosity (cp)	3,000	3,305	3,400	3,500	3,555

\*Condition: α-amylase 0.1%+protease 0.05%

6.9%가 생성된데 비해 gluten을 20% 첨가한 경우 α-amylase 단일처리인 경우는 4.9%, protease를 병용한 경우는 5.2%가 생성되어 gluten의 첨가농도가 높을수록 환원당 생성이 억제되었으며, protease를 병용한 경우가 α-amylase 단일처리인 경우보다 환원당 생성이 많았다. 이는 gluten이 α-amylase의 활성을 억제한다 (Champenois *et al.*, 1998b)는 결과와 같이 상대적으로 gluten 첨가량이 적을수록 환원당 생성량이 많았다. 효소 분해액의 점도는 gluten의 첨가량에 영향을 받아

gluten 무첨가인 경우 2,300 cp에서 gluten이 20% 첨가되었을 경우 약 6,700 cp로 높은 점도를 보였으며, α-amylase 단일처리인 경우 보다 protease를 병용한 경우에 있어서 점도 감소가 두드러졌다. 이러한 결과는 gluten의 첨가에 따른 점도의 상승과 α-amylase 작용에 대한 gluten의 억제작용에 기인되는 것으로 보인다.

증자에 의한 gluten의 변성

소맥분(수분함량 12%)과 수분함량 30%로 조절된 소맥분을 100°C에서 시간별로 증자시켰을 때 gluten의 변성율은 소맥분인 경우에 20분 동안 증자할 때 31.3%로 완만한 증가를 보였으나, 소맥분의 수분함량을 30%로 조절한 경우 증자시간에 따라 급격히 증가하여 15분 이상 증자시킬 때 100% 변성되었다(Fig. 2). 수분함량을 30%로 조절한 소맥분을 온도별로 10분간 증자시킬 경우 gluten 변성율은 100°C까지는 온도에 따라 급격히 증가하여 약 90%의 gluten이 변성되었으며, 110°C 이상에서는 100%가 변성되었다(Table 5). 온도로 증자된 소맥분을 α-amylase와 protease로 효소분해한 후의 환원당, 아미노태질소, 점도를 조사하였다(Table 5). 80-120°C의 증자온도에 따른 효소 분해물의 점도는 3,000-3,500 cp였으며, 환원당의 증가는 소맥전분과 gluten의 변성된 결과 α-amylase의 작용이 용이한 결과로 보이며, 아미노태질소의 생성량도 gluten의 변성율이 높아질수록 증가했으며, gluten 변성율이 100%에 도달한 110°C 이상에서는 증가되지 않았다. gluten이 완전히 변성되는 조건에서, 즉 소맥분의 수분함량을 30%로 조절한 후 110°C에서 상기와 동일한 방법으로 효소분해를 시행한 결과를 Table 6에 나타냈다. 증자된 소맥분으로 효소분해된 경우의 점도는 무증자 소맥분 분해물의 점도보다는 높았으나 증자시간에 따른 점도의 차는 크지 않았다. gluten 변성으로 인한 α-amylase와 protease의 효소작용이 용이하여 환원당 생성은 무증자시 6.9%에서 증자시간에 따라 9.4%-9.9%로 증가하여, 이는 전분의 호화도에 따른 환원당

Table 6. Physicochemical properties of wheat flour and hydrolysate after liquefaction with steamed wheat flour<sup>1)</sup> at 110°C

Steaming period (min)	Degree of gelatinization (%)	Relative gluten denaturation (%)	Reducing sugar (%)	Amino nitrogen (mg%)	Viscosity (cp)
non-steamed	-	0	6.9	50	2,300
5	82	100	9.4	68	3,652
10	96	100	9.7	68	3,555
20	100	100	9.9	68	3,620
30	100	100	9.9	67	3,488

<sup>1)</sup>Moisture content of wheat flour was adjusted to 30% before steaming.

생성량의 증가로 보여지며, 아미노태질소의 생성은 무증자인 경우 50 mg%이나 증자에 의한 gluten의 변성으로 증자시간에 관계없이 68 mg%로 생성량이 증가한 후 일정하였다.

## 요 약

실험에 사용한 소맥분은 gluten, 탄수화물, 단백질 등의 조성에서 중력분과 유사하였다. 소맥분의 분해에  $\alpha$ -amylase와 protease를 병용한 경우 환원당 및 아미노태질소 등 저분자 물질의 생성량에서는  $\alpha$ -amylase 단독처리와 분명한 차이는 볼 수 없었으나, protease의 첨가에 따른 효소분해액의 점도 감소는 현저히 나타났다. Gluten의 첨가능도가 높을수록 환원당 생성량은 적었으나, 효소분해액의 점도는 높게 나타났다. 증자된 소맥분에 있어서 환원당과 아미노태 질소의 생성은 gluten의 변성과 전분의 호화에 의하여 무증자시 보다 증가하였다.

## 문 헌

박동찬, 이용현. 1990. Glucoamylase 및  $\alpha$ -amylase의 분쇄 마찰매체 효소반응계에서의 생진분 효소분해 mechanism. 한국산업미생물학회지 **18**(3): 260-267

신동화, 최광수, 김종규, 장창문. 1998. 생물공학적인 기법에 의한 전통 장류의 제품화 연구. 제 2단계 결과보고서, 과학기술부 연구보고

식품공전. 2000. 한국식품공업협회, 문영사, 서울, 대한민국

주현규 외. 1994. 제과 제빵 재료학. 광문각, 서울, 대한민국

홍성희, 이철호. 1988. 열변성 글루텐의 점탄성 측정에 관한

연구. 한국식품과학회지 **20**(2): 148-156

홍영식, 이철호, 이기영. 1998. 고농도 소맥 글루텐의 효소적 가수분해와 약산에 의한 전처리 효과. 한국식품영양과학회지 **27**(6): 1110-1116

Bloksma, A.H. 1990. Rheology of breadmaking process. *Cereal Food World*. **35**: 228-236

Champenois, Y., M.A. Rao and L.P. Walker. 1998a. Walker. Influence of gluten on the viscoelastic properties of starch pastes and gels. *J. Sci. Food Agric*. **78**: 119-126

Champenois, Y., M.A. Rao and L.P. Walker. 1998b. Influence of  $\alpha$ -amylase on the viscoelastic properties of starch-gluten pastes and gels. *J. Sci. Food Agric*. **78**: 127-133

Cheetham, Peter S.J. 1995. The applications of enzymes in industry. In: Handbook of Enzyme Biotechnology, A. Wiseman (3rd ed.), Ellis Horwood Publisher, London, U.K.: 446-457

Lii, C.-Y., Y.-Y. Shao and K.-H. Tseng. 1995. Gelation mechanism and rheological properties of rice starch. *Cereal Chem*. **72**: 393-400

Lindahl, L. and A.-C. Eliasson. 1992. Influence of added enzymes on the rheological properties of a wheat flour dough. *Cereal Chem*. **69**(5): 542-546

Prakash, M. and P.H. Rao. 1999. Effect of steaming on the rheological characteristics of wheat flour dough. *Eur. Food Res. Technol*. **209**: 122-125

Weegels, P.L., J.P. Marseille and R.J. Hamer. 1992. Enzymes as a processing aid in the separation of wheat flour into starch and gluten. *Starch/Staerke*. **44**(2): 44-48

Wikstrom, K. and A.-C. Eliasson. 1998. Effects of enzymes and oxidizing agents on shear stress relaxation of wheat flour dough: Additions of protease, glucose oxidase, ascorbic acid and potassium bromate. *Cereal Chem*. **75**(3): 331-337