

압출성형에 의한 알파미분의 물리화학적 특성

한 역 · 이상효 · 이현유 · 김영명 · 민병용
한국식품개발연구원

Physicochemical Characteristics of Rice Flour Gelatinized by Extrusion-Cooking

Ouk Han, Sang-Hyo Lee, Hyun-Yu Lee, Young-Myoung Kim and
Byong-Lyong Min

Korea Food Research Institute, Banwol, Kyonggi-do

Abstract

The extrusion-cooking method was used to make gelatinized rice extrudate from rice grits of the Chuchung and the Samgang varieties. The water contents of raw rice grits varied from 15% to 25%, and the physicochemical properties of extrudates were evaluated. Low moisture content showed high expansion ratio in rice extrudate and resulted in some decrease in gelatinization, bulk density and break strength. Increasing the water content to 25% resulted in increase in water absorption index but decrease in water solubility index. With regards to Brabender Amylograph values and rheological patterns, higher moisture content in raw materials revealed stronger pseudoplastic flow behavior with lower viscogram property. Hunter's color values of rice flours extruded at low water content were low in b values. Scanning electron microscopy demonstrated the break-down of starch granules during extrusion.

Key words: extrusion, gelatinization, rice grits

서 론

지금까지의 쌀가루의 이용은 주로 빵, 스낵, 면 등의 제품에 소량 첨가되고 있으나 혼합비율로 볼 때 쌀을 주원료로 한 제품이 아니기 때문에 쌀 가공제품의 특성이 부각되기 어렵다. 이와 같은 쌀가루를 식품가공용 소재로서 이용하기 위하여 인스턴트성질을 갖도록 물리적 특징을 개선시키면 이유식이나 스프류 등의 중간소재 원료로 사용할 수 있으므로 쌀가루의 기능성을 보다 높일 수 있을 것이다. 이러한 가공용 원료로서 용도를 개발하기 위하여 압출성형에 의한 알파미분의 제조가 최근에 많이 시도되고 있는데 압출성형공법은 드럼건조 방법에 비하여 에너지 비용이 훨씬 절약되는 공정으로 알려져 있다. 압출성형기에 의하여 알파미분을 제조할 때 고려해야 할 인자들

은 원료수분함량, 바렐의 온도, 그리트의 크기, 원료투입 속도 등이다. Anderson 등⁽¹⁾에 따르면 옥수수의 경우 그리트 크기가 14메쉬 이상이 되면 열처리를 충분히 받지 못하게 되어 원하는 물성을 얻기 어려우며 바렐의 온도가 높아짐에 따라 WAI(water absorption index)가 증가하여 188°C 부근에서 최대값을 나타내는 것으로 보고하였다. 한편 WSI(water solubility index)는 232°C 까지 계속 증가하였으며 온도가 지나치게 높아지면 이후부터 갈변화가 진행된다고 하였다. 또한 Doublie 등^(2,3)은 밀가루 전분을 압출성형기와 드럼건조기로 호화시킬 때 물리적 및 구조적인 변화를 관찰하였는데 두 공정 모두 비중이나 일차구조에는 변화를 주지 않았으나 아밀로오즈나 아밀로펙틴을 분해시켜 저분자 물질로 변화시키는 것을 확인하였다. 이 밖에 압출성형기에 의하여 제조된 호화전분 보다는 드럼건조기에 의하여 제조된 것이 높은 팽윤력을 보인 반면 용해도는 낮았다고 보고하였다. Chiang 등⁽⁴⁾은 전분을 압출성형시키면 원료의 수분함량이 증가할 수록 호화도가 증가하며 이는 60°C의 저온보다

Corresponding author: Ouk Han, Korea Food Research Institute, 148-1, Dangsoo-ri, Banwol-myun, Hwasung-gun, Kyonggi-do 445-820

는 100°C 전후의 고온에서 큰 영향을 받는다고 하였으며 전단응력이 증가할 수록 전분의 호화도는 떨어진다고 하였다.

본 연구에서는 압출성형공정으로 제조한 압출성형물의 물리적 성질과 호화특성 및 알파미분의 여러가지 물리화학적 성질을 품종별, 수분함량별로 검토하여 산업적으로 응용할 수 있는 알파미분의 기초적인 물성특성을 규명하고자 하였다.

재료 및 방법

시료

실험에 사용한 쌀은 1986년산 추정 및 삼강품종의 벼를 구입하여 10분도로 도정하여 사용하였으며 대조구로서 압출성형공법으로 제조된 시중 A사의 알파미분 제품을 사용하였다.

압출성형물의 제조 및 공정조건

쌀을 그리트 형태로 만든 다음 수분함량 15%, 20%, 25%로 사전 조정하여 12시간 이상 숙성시킨 다음 압출성형 하였다. 압출성형시에는 사전 예비시험을 거쳐 최적 공정조건을 설정하였으며 이 때 사용한 압출성형기는 당 연구원에서 1986년에 제작 개발한 다목적용 단축스크류 압출성형기를 이용하였으며 최적운전조건은 스크류 회전속도 258rpm, 토출구크기 $\phi 5\text{mm} \times 1\text{hole}$, L/D 비 5:1, 토출구온도 110°C, 예열온도 50°C이었다. 또한 압출성형의 최적공정조건을 만족시켜 주기 위하여 팽화용 스크류(P-3형)를 제작하여 본 실험에 사용하였다.

팽화를 측정

압출성형기로 제조된 압출성형물을 10cm 내외의 적당한 길이로 잘라내어 한 시료당 10개를 준비한 다음, 캘리퍼스로 직경을 10회 측정하여 토출구와의 비를 평균치로 산출하였다.

가밀도(Bulk density) 측정

가밀도는 일정 용적하에 들어가는 압출성형물의 무게를 재어 그의 일정 용적의 부피로 나누어 산출하였다.

전단강도(Break strength) 측정

압출성형물을 일정 크기로 잘라 조직감 측정기(Instron Universal Testing Machine, Model 1140)로

절단할때 걸리는 힘을 전단강도로 나타내었다. 이 때 조직감 측정기의 작동조건은 절단칼날두께 2mm, 크로스헤드(crosshead)무게 5kg, 크로스헤드 이동속도 100 mm/min, 차트(chart)이동속도 100mm/min 이었다.

호화도 측정

알파미분의 호화도는 鴨居郁三⁽⁵⁾의 방법에 따라 측정하였다.

아밀로그램 측정

제조한 알파미분의 점조성은 60메쉬 이하로 분쇄한 분말을 건물기준 8%농도의 용액으로 제조하여 Brabender Amylograph 를 이용하여 측정하였다.

수분흡수지수(WAI) 및 수분용해도지수(WSI)

알파미분의 WAI 값과 WSI 값은 Anderson⁽⁶⁾의 방법으로 측정하였다.

리올로지 측정

조건별로 선정된 알파미분의 리올로지 측정은 회전점도계(Brabender 사, Viscotron, Model No. 8024)를 사용하여 20°C의 온도를 유지하면서 회전속도 0.5~128 rpm의 연속적 변화에 따른 토오크(torque)의 변화를 자동 기록하여 행하였다. 리올로지 특성값의 산출은 Herschel-Bulkley⁽⁷⁾식을 적용하여 산출하였다.

색도측정

알파미분을 색차계(Color and color difference meter, Model No. UC 600IV, Yasada Seiki Co., Japan)를 이용, 표면색도를 측정하여 Hunter system에 의하여 L, a 및 b 값으로 나타내었다.

주사전자현미경(Scanning Electron Microscope)에 의한 알파미분의 구조관찰

쌀원료에서 선정된 조건별로 압출성형 시켰을때 변화된 알파미분의 전분구조를 주사전자현미경(SEM, 히다찌 S-570형, 일본)으로 1000배로 확대하여 관찰하였다.

결과 및 고찰

압출성형물의 물리적 성질

압출성형기에 의하여 제조된 알파화 압출성형물

(extrudate)의 물리적 성질은 Table 1과 같다. 압출성형기로 쌀압출성형물을 제조할때 대체로 수분함량이 낮을 수록 팽화율이 높았으며 가밀도는 떨어지는 경향을 나타내었다. 전단강도는 수분함량이 높을 수록 대체로 증가하는 경향이었으나 원료수분함량 25%의 압출성형물의 경우 압출성형기 운전시 불균일한 토출현상을 나타내어 오히려 전단강도가 떨어지는 현상을 관찰하였다. 이는 동일조건으로 압출성형 하더라도 원료의 수분함량이 운전 조건에 크게 영향을 미치는 것으로 사료되었다. 한편 품종간에는 큰 차이를 나타내지 않았다.

Table 1. Changes in expansion ratio, bulk density, and break strength of rice extrudates

Varieties	Moisture content (%)	Expansion ratio	Bulk density (g/cc)	Break strength (g)
Chuchung	15	3.03	0.09	683
	20	2.36	0.20	1340
	25	1.48	0.26	349
Samgang	15	3.01	0.10	344
	20	2.50	0.20	958
	25	1.61	0.23	950

호화특성

쌀압출성형물을 알파미분으로 만들어 원료의 수분함량 별로 측정한 호화도는 Table 2와 같다. 여기에서는 수분 함량이 증가할 수록 호화도가 증가하였으며 시중 A사 제품의 호화도 76.8%보다 높은 수치를 나타내었다. 특히 A사 제품은 본 실험에서 사용한 압출성형기의 토출구보다 직경이 큰 것을 사용하기 때문에 압출시 온도와 압력이 떨어져서 호화도가 떨어지는 것으로 사료되었다. 최종제품의 수분함량은 원료의 수분함량이 높을 수록 증가되었다.

Table 2. Gelatinization of extruded rice flour at different moisture content of raw material

Varieties	Moisture content (%)	Moisture content of gelatinized rice flour (%)	Degree of gelatinization (%)
Chuchung	15	11.2	81.3
	20	14.0	86.9
	25	16.4	92.5
Samgang	15	11.9	81.0
	20	14.8	90.0
	25	16.8	95.3
"A" Products		11.0	76.8

알파미분의 물성특성

압출성형에 의한 알파미분의 아밀로그래프 특성을 Table 3에서 나타내었다. 압출성형시 수분함량이 높을 수록 초기점도가 높았으나 점도의 안정성은 드립건조에 의한 것보다 급격히 떨어졌다⁽⁶⁾. 압출성형을 하였을때 특히 피크점도가 나타나지 않은 것은 압출성형에 의하여 충분히 호화되었기 때문이라고 사료되었다. 또한 A사 제품은 50BU의 피크점도를 나타내어 호화상태가 본 실험에 의한 알파미분보다 떨어짐을 알 수 있었다.

Table 3. Brabender viscogram of extruded rice flour at different moisture content of raw materials

Varieties	Moisture content (%)	Viscosity at 30°C (BU)	Peak viscosity (BU)	Viscosity at 97°C (BU)	Viscosity after 15min holding (BU)
Chuchung	15	60	-	-	10
	20	70	-	-	25
	25	170	-	-	30
	25	170	-	-	30
Samgang	15	56	-	-	15
	20	110	-	-	40
	25	155	-	-	40
"A" Products		50	50	-	40

압출성형한 알파미분의 수분흡수지수(WAI)와 수분용해도지수(WSI)는 Fig. 1과 같다. 대체로 삼강보다는 추청품종에서 WAI와 WSI가 높았으며 수분함량이 증가할 수록 WAI는 증가하는 반면에 WSI는 감소하는 경향을 나타내었다. 또한 대조구인 시중 A사 제품보다는 대체로 높은 수치를 보여주었다.

Fig. 2와 Fig. 3은 각각 원료수분함량 15%, 20%, 25%로 압출성형된 추청과 삼강품종의 알파미분의 리올로지 특성을 나타낸 것이다. 단, A사 제품의 원료품종은 알 수 없었다. 그래프에서 볼 수 있듯이 삼강보다 추청품종이 다소 높은 점도경향을 나타내었다. Table 4는 압출성형된 알파미분의 항복응력(τ_y), 점조도지수(K), 유동지수(n) 및 일정 전단속도(128rpm)에서의 겔보기 점도(apparant viscosity)를 구한 결과이다. 이에 대한 결과는 의가소성 유체의 점도특성을 보여주었다. 또한 겔보기 점도에서 삼강보다 추청품종이 높은 경향을 나타내었으며 수분함량이 증가할 수록 점도가 증가하는 경향을 보여주었다. 이는 호화도와 관련하여 호화도가 증가할 수록 점도가 증가함을 알 수 있었다. 한편 본 실험에서 제조한 알파미분의 겔보기 점도는 A사 제품보다 높게 나타났

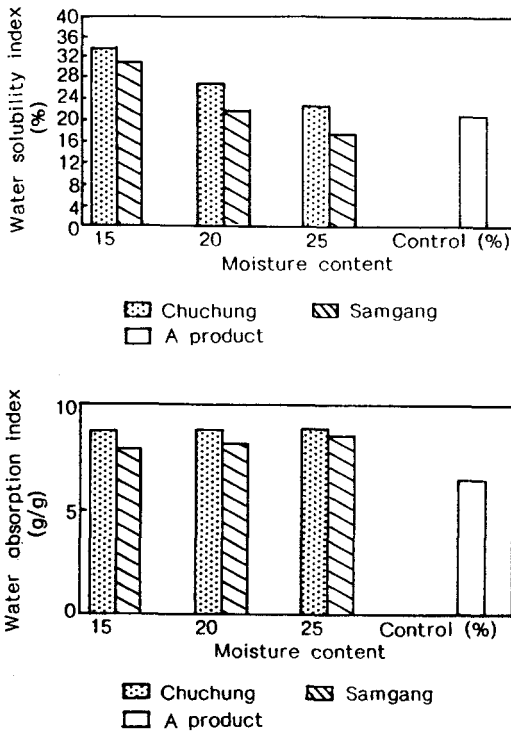


Fig. 1. Changes in water absorption index and water solubility index of extruded rice flour at different moisture content of raw materials.

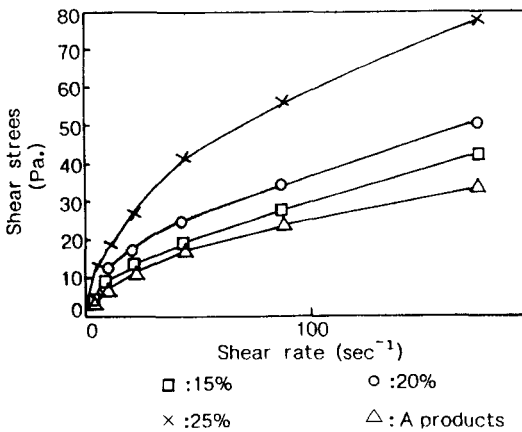


Fig. 2. Rheological patterns extruded rice flour at different moisture contents of raw materials (Chuchung).

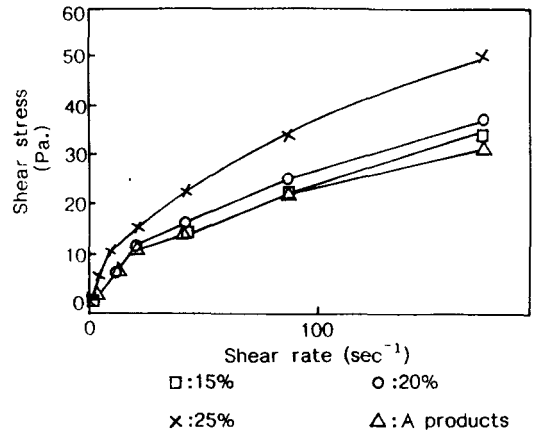


Fig. 3. Rheological patterns of extruded rice flour at different moisture contents of raw materials (Samgang).

Table 4. Rheological properties of extruded rice flour

Varieties	Moisture content of slurry (%)	k ^a	n ^b	τ _y ^c	Coefficient of correlation	Apparent viscosity (cp)
Chuchung	15	2.54	0.5336	0	0.9992	235
	20	3.55	0.5116	0	0.9995	284
	25	5.75	0.5068	0	0.9991	432
Samgang	15	1.54	0.6172	0	0.9972	205
	20	1.33	0.6684	0	0.9917	215
	25	2.58	0.5777	0	0.9988	284
"A" Products	-	1.64	0.5996	0	0.9915	191

a: consistency index b: flow behavior index c: yield stress

다. 압출성형기에 의하여 수분함량별로 제조된 알파미분의 색도는 Table 5와 같다. 압출성형시에 수분함량이 낮을 수록 황색도가 증가하였다.

Table 5. Hunter's color values of gelatinized rice flour extruded at different moisture contents of raw materials

Varieties	Moisture content	Lightness (L)	Redness (a)	Yellowness (b)	ΔE*
Chuchung	15	63.5	0.795	13.3	28.6
	20	58.8	-0.883	12.1	32.4
	25	67.2	-0.315	10.6	24.2
Samgang	15	62.9	0.735	12.7	28.8
	20	60.2	-0.592	11.6	30.9
	25	61.9	-0.383	11.1	29.1
"A" Products	-	84.1	0.606	9.1	9.8

* ΔE = (89.2 - L)² + (0.921 - a)² + (0.78 - b)²

미세구조

Fig 4는 주사전자현미경에 의한 압출성형된 알파미분의 전분구조 변화를 관찰한 것이다. 추청품종의 원료 쌀가루를 수분함량별로 압출성형 하였을때 수분함량이 증가할 수록 전분입자들이 압출성형기 내에서 강한 전단응력에 의하여 호화되면서 부드럽게 퍼져나감(화살표 참조)을 관찰할 수 있었다. 삼강품종에서도 서로 비슷한 양상을 나타내었다.

이상에서 압출성형에 의한 알파미분의 제조공법은 공정이 간편하고 경제적으로 자체의 기계적인 전단응력에 의하여 쌀가루를 쉽게 80%이상의 호화도를 지닌 알파미분으로 만들 수 있었다. 또한 의가소성 유체의 점도특성을 보이므로 이유식과 같은 페이스트상 식품이나 즉석 알파화 식품의 소재원료로서 이용하면 적당할 것으로 사료되었다.

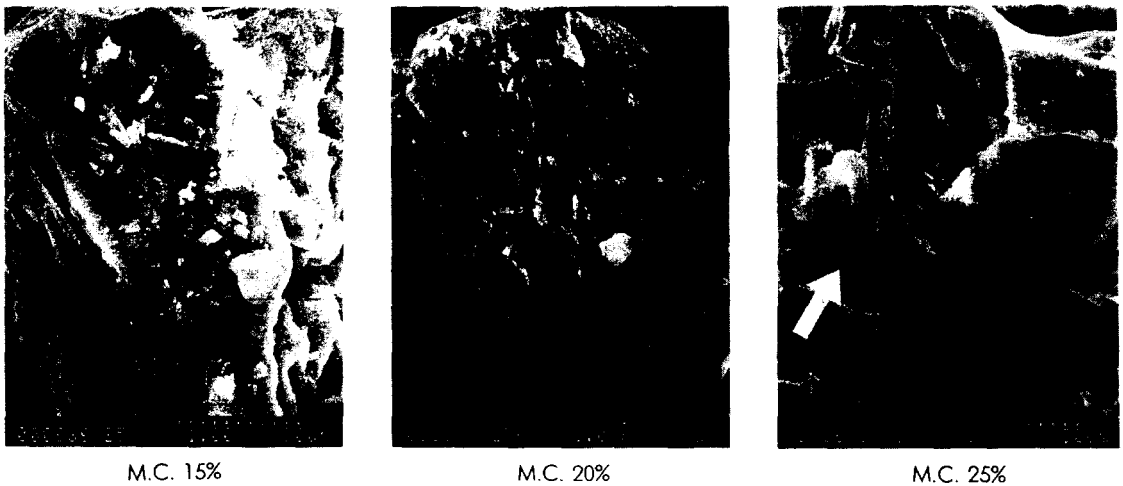


Fig. 4. Scanning electron micrographs of extruded rice flour at different moisture content of raw materials (Chuchung)

요 약

압출성형시 원료의 수분함량이 낮을 수록 팽화율이 커졌으며, 수분함량이 증가되면 호화도, 가밀도 및 전단강도가 증가하였다. 또한 아밀로그래프이나 리올로지 특성에 있어서도 수분함량이 증가할 수록 점도가 증가하였으며 의가소성 유동특성을 보여주었다. 수분함량이 증가하면 WAI 값은 증가하나 WSI 값은 감소하였다. 수분함량이 낮으면 황색도가 증가하였다. 미세구조에 있어서도 수분함량이 높을 수록 전분질의 호화특성을 관찰할 수 있었다. 품종간의 대체적인 물성특성은 삼강보다는 추청품종이 우수하였다.

문 헌

1. Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F. and Griffin, E.L. : Roll and extrusion cooking of grain sorghum grits. *Cereal Science Today*, **14**(11), 372(1969)
2. Colonna, P., Doublier, J.L., Melcion, J.P., de Monredon, F. and Mercier, C. : Physical and functional properties of wheat starch after extrusion-cooking and drum-drying. In *Thermal Processing and Quality of Foods*, Zeuthen, P.(ed), Elsevier Applied Science Publishers, London, p.96(1984)
3. Doublier, J.L., Colonna, P. and Mercier, C. : Extrusion cooking and drum drying of wheat starch. II. Rheological characterization of pastes partes. *Cereal Chem.*, **63**(3), 240(1986)

4. Chiang, B.Y. and Johnson, J.A. : Gelatinization of starch in extruded products. *Cereal Chem.*, **54**(3), 436(1977)
5. Kamoi, I., Shinozaki, T., Matsumoto, S., Tanimura, W. and Obera, T. : Changes of gelatinization degree and physical properties of stored gelatinized-rice after cooking. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **25**(8), 431(1978)
6. Anderson, R.A. : Water absorption and solubility and Amylograph characteristics of roll-cooked small grain products, *Cereal Chem.*, **59**(4), 265(1982)
7. Sherman, P. : *Industrial Rheology*, Academic Press, New York (1970)
8. Han, O., Kim, J.S., Lee, H.Y. and Kim, Y.M. : Physico-chemical characteristics of rice flours gelatinized by drum-drying and extrusion-cooking. *Abstract* 106, 39th Ann. Conference of Korean Society of Food Sci. and Technol., (1987)

(1988년 3월 2일 접수)