

조질 후 Roll Mill과 Pin Mill의 제분 및 쌀가루의 특성

김형열, 이병영*, 유효숙**, 최중경***, 함승시****

서일대학 식품가공과, *한국농업전문학교 교수부,

고려대학교 자연자원대학원, *경희대학교 산업정보대학원, ****강원대학교 식품생명공학부

Properties of Rice Flour Prepared with Roll Mill and Pin Mill after Tempering

Hyong-Yol Kim, Byoung-Young Lee*, Hyo-Sook You**, Joong-Kyoung Choi*** and Sung-Shi Ham****

Department of Food Technology, Seoil College

**Korea National Agricultural College*

***The Graduate School of Nature Resources, Korea University*

****The Graduate School of Industry and Information Science, Kyung Hee University*

*****Division of Food and Technology, Kangweon National University*

Abstract

The properties of rice flour and consumed electricity to make rice flour were compared among three different process ; 1. roll mill after soaking rice in water, 2. roll mill after tempering, 3. dry pin mill. When rice was milled by roll mill and pin-milled after tempering for 10 hrs(TRPMR), consumed electricity and moisture content of rice flour were the least. Particle size of rice flour prepared with TRPMR was 87.4% of 100 mesh or more which was the highest number among the rice flour prepared using different processes. Gelatinization temperature of the rice flour was 63.2°C and was 1.3°C lower than that of rice flour prepared with other processes. Viscosity of the rice flour prepared by TRPMR was the least. Whiteness of the rice flour prepared by TRPMR was similar to that of wheat flour.

Key words : tempering, mill, consumed electricity, rice flour, gelatinization temperature, viscosity, whiteness

서론

생활수준의 향상과 국제화에 따른 음식문화의 변화와 함께 식생활의 양상이 서구화되면서 쌀의 소비 형태가 상당히 달라지고 있다. 쌀가루를 이용한 가공식품을 개발하기 위하여 선행되어야 할 과제는 쌀가루의 제조방법을 개발하고, 식품가공에 적합한 쌀가루를 제조하여 보급하는 것이며, 쌀가루만으로 또는 쌀가루와 밀가루의 혼합분으로 그리고 쌀가루와 밀

가루와 다른 가루의 혼합분 등을 이용한 가공적성을 확립하는 것이 중요시되고 있다. 쌀 가공식품의 개발 방향은 국민건강 향상, 국가경제 안정화, 국토이용증진, 식품산업의 부가가치성 제고 등의 개발 기대 효과에 역점을 두고, 쌀의 제분화(밀가루와 같은 중간 소재 형태의 제품) 및 유통안정성 확보, 종합적 처리 가공시스템 구축 등의 개발여건과 전통식품 기업화, 첨단기술 제품개발, 용도별(기능성) 제품개발, 가공제품별 개발 등의 개발전략이 필요하다. Juliano(1)는 쌀 전분의 호화 개시온도, 입자크기, 밀도, iodine binding capacity, gel viscosity에 대하여 연구하였으며, 쌀전분 호화액의 유동성, 쌀전분 현탁액과 호화액의 유동성,

Corresponding author : Hyong-Yol Kim, Department of Food Technology, Seoil College, Seoul 131-702, Korea

쌀전분 호화중의 리올로지 특성 및 쌀전분 호화에 미치는 영향에 대해서는 많은 연구가 이루어졌다(2~5). 김 등(6)은 쌀의 수침시간에 따른 이화학적 특성에서 용해도, 물 결합력 및 α -아밀라아제 영향은 4시간 이후는 큰 영향을 주지 않았으며, 최 등(7)은 수침한 쌀가루와 전분의 이화학적 및 호화 특성에서 7일간의 장시간 수침으로 단백질, 지방질 및 무기질 성분이 감소하였으며, 변형 쌀가루 제조에서는 전자오븐 가열 및 α -아밀라아제 가수분해가 증가할수록 노화도가 감소하고 점도가 감소되어 이장율(移腸率)이 증가하여 어린이 조기 이유 실시로 일어나는 탄수화물 소화문제점의 개선 가능성 등이 보고되었다(8~9). 차 등(10)은 효소 가수분해한 고단백 쌀가루는 성장기 아동들의 영양식품으로 이용이 가능하다고 하였으며, 김 등(11)은 습식제분 쌀가루의 증편 품질이 건식제분 쌀가루의 증편보다 우수하였으며 습식제분 쌀가루가 건식제분 쌀가루보다 기공이 작으면서 균일하게 분포되어 발효상태가 더 양호하였고(12), 쌀가루의 입자가 미세하여 집에 따라 호화개시 온도, 최고점도가 점차 낮아지고, gel 강도가 약해졌다(13). 습식제분 쌀가루는 입자들이 밀착 형태로 집합체를 형성하여 부드러우면서 흠더미 같은 입체구조이며 쌀가루가 미세한 입자일수록 L, a 값은 증가하고 b 값은 감소하였다(14). 한편 이 등(15)은 습식제분 쌀가루는 입단구조이면서 백도가 높고 입자가 더 작으며 호화개시 온도는 낮은 반면 최고점도는 높았으며 그러나 냉각시 최저점도는 낮은 것으로 보아 건식 및 습식 제분방법에 따라 쌀가루의 특성이 큰 차이를 나타낸다고 하였다.

본 연구목적은 쌀 제분방법의 최적 조건과 생산된 쌀가루 품질의 특성을 알아보기 위하여, 쌀을 수분함량 24%로 10시간 동안 실온에서 조절한 후 roll mill로 1회 분쇄한 후 pin mill로 1회 분쇄하여 17%의 수분을 14%까지 건조시켜 쌀가루를 얻었으며, 제분시의 소요전력, 쌀가루의 수분함량, 쌀가루의 입도분포, 쌀가루의 입자구조(전자현미경), 아밀로그람 및 색차 등의 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

재료 및 제분 방법

본 실험에 사용한 쌀은 1997년 가을에 수확한 한국산 쌀을 시중에서 구입하여 사용하였고, 분쇄기는 삼일기계에서 제작하여 시판되고 있는 roll mill과 pin mill을 사용하였다.

상온(20~25℃)에서, 쌀의 수분함량을 측정된 후 세척하고 세척시 흡수된 수분함량을 포함하여 전체 수분함량이 24%가 되도록 물을 첨가하여 혼합장치에 되어 있는 조절실에 넣고 1시간 간격으로 혼합시켜 주면서 4~16시간 동안 조절하였다. 조절이 끝난 쌀을 먼저 roll 간격이 0(zero) 상태인 roll mill로 1회 분쇄하고, 바로 100mesh pin mill로 1회 분쇄하였다. 제분한 쌀가루의 수분함량이 17%가 되므로 저장, 유통을 위하여 쌀가루의 수분함량을 14%가 되도록 건조하였다(Fig. 1).

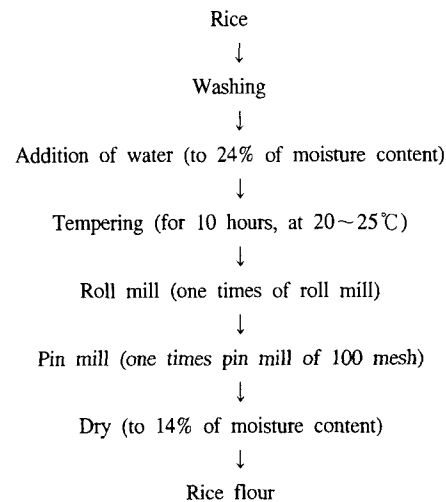


Fig. 1. A process of making rice flour by roll mill and pin mill after tempering for 10 hours.

제분시 소요전력 및 쌀가루의 수분함량

쌀 5kg을 분쇄하는 과정 중 ampere meter로 전류와 분쇄 소요시간을 측정하여 다음 공식에 의해 시간당 소요전력을 구하였다.

$$\text{시간당 소요전력} = \sqrt{3 \times V \times I \times \cos \theta}$$

여기서 V : 380Volt, I : ampere, $\cos \theta$: 0.9

쌀가루 100kg 생산당 소요전력 = (시간당 소요전력 / 시간당 쌀가루생산량) × 100으로 구하였다.

그리고 쌀가루의 수분함량은 Infrared moisture determination balance AD-4714(A&D Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 시료 3.5g을 105℃에서 20분간 건조하여 측정하였다. Infrared moisture determination balance는 AD-4714(A&D Co., Tokyo, Japan)를 사용하였으며 rotation tap sieve shaker는 제일과학(주)의 것을 이용하였으나 sieve는 세화산업(주)의 것을 사용하

였다. Amylography는 rapid visco analyser(model rva-3d seria, Newport scientific co., Australia)를 사용하였고, color difference는 color JS555(color technd Co., Japan)를 이용하였다.

쌀가루의 입도 분포, 입자 구조, Amylogram 및 색차

쌀가루의 분리는 체분리기에 60, 80, 100 및 120 mesh의 체를 설치하고 쌀가루 300g을 30분간 체분리한 후 각 체위에 남아 있는 쌀가루의 양을 정평하여 쌀가루 전체량에 대한 백분율로 나타내었다.

쌀가루의 입자구조는 쌀 전분을 금으로 200~300Å 두께로 피복한 후 15kV에서 주사전자현미경(JSM-35 SEM, Jeol)으로 400배 확대하여 관찰하고 사진 촬영하였다.

Amylography는 Rapid visco analyser를 이용하여 측정하였는데, 시료 3.5g(수분함량 14% 기준)을 정평하여 알루미늄 캔에 넣고 물 25ml를 가하여 잘 혼합한 다음 최초 가열온도 50℃에서부터 시작하여 가열속도를 분당 10℃상승시켜 95℃까지 가열하고 3.5분간 유지시켜 준 후 50℃까지 냉각시켰다. 그리고 Fig. 3의 amylograph의 모식도에 따라 호화개시 온도, 가열시 최고점도와 최저점도, 50℃ 냉각시 점도를 구하고, 최고점도에 도달한 후 점도저하 값, 50℃까지 냉각한 후 점도증가 값으로 나타내었다.

색차는 Color JS555를 사용하여 L, a, b, 및 ΔE 값을 측정하였으며, ΔE 값은 다음 식에 따라 산출하였으며 색차계 내에서 전산처리 되었다.

$$\Delta E = \sqrt{(Lt-L)^2 + (at-a)^2 + (bt-b)^2}$$

여기서 Lt, at, bt = 표준시료의 명도, 적색도, 황색도 값이며 L, a, b = 각 시료의 명도, 적색도, 황색도 값이다.

또한 whiteness로 백색도가 떨어질수록 백색도 수치가 작아지는 W(L,a,b), 100에 가까울수록 이상적인 백색도를 나타내는 W(b)를 조사하였다.

결과 및 고찰

제분시 소요전력, 쌀가루의 수분함량 및 입도분포

쌀을 수분함량 24%로 10시간 동안 조질한 후 roll mill로 1회 제분한 후 pin mill로 제분시 소요전력, 쌀가루의 수분함량 및 입도 분포를 다른 제분방법과 비교하여 보면 Table 1과 같다.

Table 1. Effects of milling methods after tempering on moisture content and particle size of rice flour and energy consumption

Milling methods	Energy consumption on rice mill		Moisture content of rice flour(%)	Particle size (meshes, %)			
	kWh	kw/100kg of rice flour		40~60	60~80	80~100	100<
TRPMR ¹⁾	1.02	8.1	17.2	1.3	3.5	7.8	87.4
TRMR ²⁾	1.23	8.8	22.3	46.2	36.4	9.7	7.7
WDRMR ³⁾	1.16	8.5	32.8	52.9	32.8	7.5	6.8
DPMR ⁴⁾	1.95	15.4	14.0	1.8	7.0	11.2	80.0

TRPMR¹⁾ : Rice flour milled by roll mill and pin mill after tempering for 10 hours.

TRMR²⁾ : Rice flour milled by roll mill after tempering for 10 hours.

WDRMR³⁾ : Rice flour milled by roll mill after soaking in water for 10 hours.

DPMR⁴⁾ : Rice flour milled by pin mill. 14% of moisture content.

시간당 소요전력은 쌀의 수분함량을 24%로 하여 10시간동안 조질하여 roll mill로 제분한 후 pin mill로 제분하였을 때 가장 낮았다. 쌀가루 100kg당 소요전력은 쌀의 수분함량을 24%로 하여 10시간동안 조질하여 roll mill 만으로 제분하였을 때 보다 0.7kw/100kg, 10시간 수침 후 roll mill로 제분하였을 때 보다 0.4kw/100kg 및 수분함량 14%인 쌀을 그대로 pin mill로 제분한 건식pin mill 보다 7.3kw/100kg나 적게 소요되었다. 이러한 결과로 수분함량 24%로 조질한 쌀은 연화되어 1차 米粒이 roll mill의 압착력으로 쉽게 파쇄되며, 파쇄된 입자를 pin mill의 전단력으로 제분시키므로 소요되는 전력이 수침 후 roll mill이나 조질한 후 roll mill의 압착력으로 15회 순환 제분한 소요전력이나, 또는 수분함량이 14%로 건조된 견고한 쌀을 그대로 pin mill의 전단력으로 제분될 때 소요되는 전력 보다 적다는 것을 알 수 있었다.

수분함량 24%로 조질한 후 roll mill과 pin mill로 제분한 쌀가루의 수분함량은 17.2%로 수분함량 24%로 조질한 후 roll mill로만 제분한 쌀가루의 수분함량 22.3%, 수침 후 roll mill로 제분한 쌀가루의 수분함량 32.8% 보다 각각 5.1%와 15.6%나 낮았다. 이러한 결과는 roll mill로만 제분할 때는 roll의 표면에 순간적으로 압착력이 작용하여 마찰열에 의한 수분증발량이 적으나 roll mill과 pin mill로 제분할 때는 쌀이 제분되는 동안 마찰열이 발생하여 제분기 내의 온도가 올라가 쌀가루에 전도되어 쌀가루가 밖으로 분출될 때 수분 증발이 많이 되었기 때문이라고 생각된다.

쌀가루의 입도는 100mesh 이상의 비율이 수분함량 24%로 조질한 후 roll mill과 pin mill로 제분한 쌀가루는 87.4%로 건식 pin mill의 80% 보다 높았으며, 수분함량 24%로 조질한 후 roll mill로만 제분한 쌀가

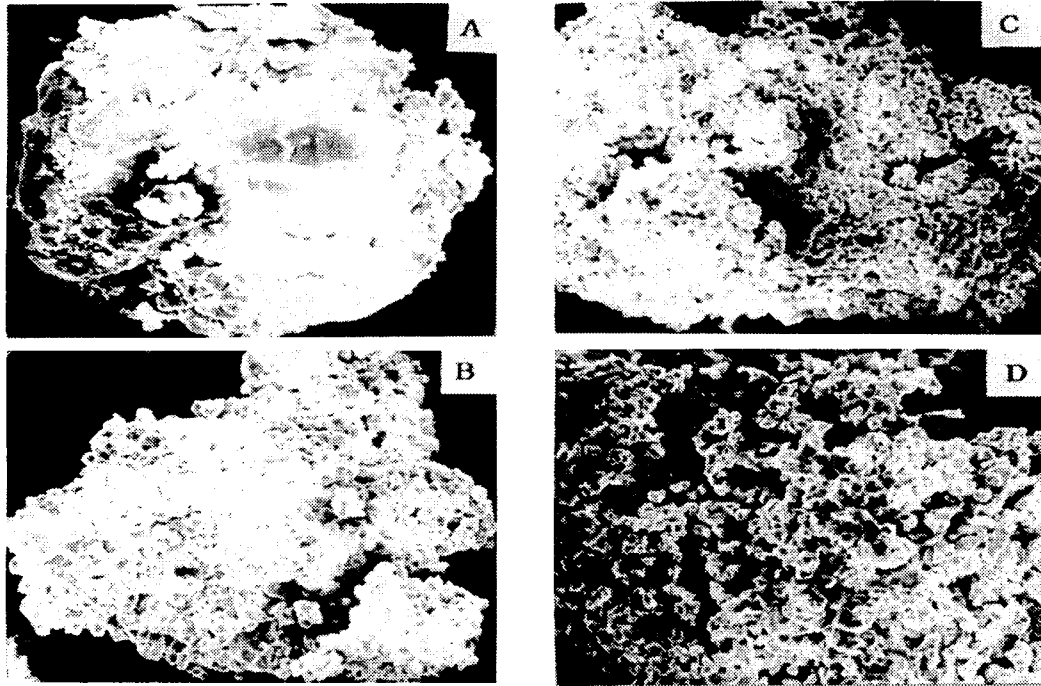


Fig. 2. Scanning electron micrographs of rice flours according to milling process.

A : Rice flour milled by pin mill.

B : Rice flour milled by roll mill after soaking in water for 10 hours.

C : Rice flour milled by roll mill after tempering for 10 hours.

D : Rice flour milled by roll mill and pin mill after tempering for 10 hours.

루의 7.7%, 수침후 roll mill로만 제분한 쌀가루의 6.8% 보다 각각 79.7% 및 80.6%나 높았다.

이러한 결과는 수침쌀이나 조질한 쌀을 roll mill로 제분할 때 제분은 잘 되었더라도 수분함량이 높아 쌀가루의 입자와 입자가 서로 뭉쳐서 체분리가 잘 되지 않으며, 건식pin mill 제분시는 100mesh를 사용하였더라도 수분함량이 14%인 원료쌀을 그대로 제분하므로 제분기내에 강한 압력이 발생하여 분쇄기 망의 mesh 보다 큰 입자가 밖으로 분출되므로 100mesh 이상 입자의 비율이 낮은 것으로 판단된다.

쌀가루의 입자구조

전자현미경으로 본 제분 방법별 쌀가루의 입자 구조를 Fig. 2에 나타내었다. 건식pin mill 쌀가루는 하나의 입자이나, 수침 roll mill 쌀가루, 조질 roll mill 쌀가루 및 조질 roll mill · pin mill 쌀가루는 하나의 전분입자에 수많은 작은 입자들이 모여 하나의 입자를 형성하고 있었다. 이러한 결과는 이 등(15)의 연구결과와 일치하였다. 건식pin mill 제분쌀가루 보다 입자의 크기가 훨씬 작아 쌀가루의 이용 범위가 확대

될 것으로 생각되며 표면적이 커져 반죽할 때 수분 흡수 속도 및 증가할 때 열전달 속도가 빨라져 가공 특성을 향상시킬 것으로 생각된다.

Amylogram

제분 방법별 amylogram은 Table 2 및 Fig. 3과 같다. TRPMR(rice flour milled by roll mill and pin mill after tempering for 10 hours)의 호화 개시온도와 최저 점도시 온도는 각각 63.2°C, 81.6°C로 TRMR(rice flour milled by roll mill after tempering for 10 hours) 및 WDRMR(rice flour milled by roll mill after soaking in water for 10 hours) 64.5°C 및 84.0~84.7°C 보다 낮았으며, 최고 점도시 온도는 모두 같았다. 그리고 최고 점도, 최저점도, 냉각시 50°C에서의 점도도 TRPMR가 TRMR 및 WDRMR 보다 낮아 최고점도시에서 최저점도시까지의 점도저하 값과 최저점도시에서 냉각시 50°C에서의 점도증가 값이 낮았으나 큰 차이는 없었다. 이러한 결과는 TRPMR의 입자가 작아 열전달 속도가 빨랐으며, 점도저하 값이 낮았기 때문이라고 생각된다.

Table 2. Effects of milling methods after tempering on amylogram indices of rice flour

Milling methods ¹⁾	Gelatin-ization temp. (°C)	On heating			At 50°C			
		Temp. at highest viscosity (°C)	Highest viscosity (A) (cps)	Lowest viscosity (B) (cps)	Temp. at lowest viscosity (°C)	viscosity on cooling (C) (cps)	A-B (cps)	C-B (cps)
TRPMR	63.2	94.8	280	164	81.6	255	116	91
TRMR	64.5	94.8	294	165	84.7	265	129	100
WDRMR	64.5	94.8	296	165	84.0	264	131	99
DPMR	67.5	94.9	297	168	86.7	270	129	102

¹⁾ Milling methods are same as Table 1.

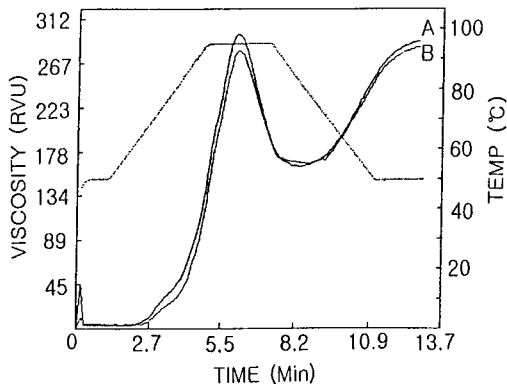


Fig. 3. Amylogram of rice flour milled by roll mill and pin mill after tempering for 10 hours. A : DPMR, WDRMR, TRMR. B : TRPMR.

색차

TRPMR의 색차를 Table 3에서 보면 명도, 백도 및 백색도 값은 TRPMR이 각각 96.04, 96.02 및 89.40으로 DPMR 쌀가루 94.68, 94.28 및 85.33 보다 높았으나 WDRMR와는 거의 같은 수준이었다. 그리고 적색도 및 황색도는 TRPMR가 각각 0.78과 0.80으로 DPMR 1.76과 1.13보다 떨어졌으며, TRMR나 WDRMR과는 거의 같았다. 또한 DPMR(rice flour milled by pin mill, 14% of moisture content)과 TRPMR 식별 정도를 나타내는 ΔE값은 1.70으로 눈으로 감지할 수 있는 색깔 차이를 보였다. 이러한 결과로 쌀의 수분함량을 24% 이상으로 조질하여 roll mill로 제분 후 pin mill로 제분하면 쌀가루의 입자가 고와져 백도가 수침쌀가루와 같은 수준인 쌀가루를 얻을 수 있으며, 건식pin mill 제분쌀가루와는 색깔의 차이를 느낄 수 있을 정도로 향상된다는 것을 알 수 있었다.

Table 3. Effects of milling methods after tempering on color of rice flour

Milling methods ¹⁾	L	a	b	ΔE	W(L,a,b)	W(b)
TRPMR	96.04	0.78	0.80	1.70	96.02	89.40
TRMR	95.90	0.83	0.85	1.56	95.82	88.41
WDRMR	96.17	0.75	0.79	1.83	96.02	89.32
DPMR	94.68	1.76	1.13	0.00	94.28	85.33

¹⁾ Milling methods are same as Table 1.

요약

쌀을 수분함량 24%로 10시간 동안 조질한 후 roll mill로 1회 분쇄한 후 pin mill로 1회 분쇄하였을 때의 특성을 조사하였다. 소요전력은 다른 제분방법(TRMR, WDRMR, DPMR) 보다 가장 적었다. 쌀가루의 수분함량은 수침하여 제분한 쌀가루의 32.8%, 조질하여 제분한 쌀가루의 22.3%보다 훨씬 적은 17.2%였다. 쌀가루의 입도는 100 mesh 이상의 입자가 87.4%로 수침 roll mill 쌀가루 6.8%와 조질 roll mill 쌀가루 7.7%보다는 훨씬 높았고 건식 pin mill 쌀가루의 80%보다도 높았다. 전자현미경으로 본 쌀가루의 입자구조를 살펴본 결과 수침한 쌀과 조질한 쌀의 분쇄된 쌀가루 입자 한 개는 수많은 작은 입자들이 모여 덩어리 모양의 입단(粒團, group)을 형성하고 있었다. 호화 개시온도는 63.2°C로 다른 방법으로 제분한 쌀가루보다 1.3°C 낮았다. 최고점도, 최저점도, 냉각시 50°C에서의 점도도 다른 방법으로 제분한 쌀가루보다 낮았다. 이 방법으로 쌀을 제분하면 밀가루와 같이 고우며 백도가 높고 품질이 좋은 쌀가루 제품을 얻을 수 있었다.

참고문헌

- Juliano, B. O. (1984) Rice Chemistry and Technology(2nd), Chap. 3. Polysaccharides, protein and lipid of rice. AACC., 60-62
- 김영숙, 김주봉, 이신영, 변유량 (1984) 쌀전분 희석 호화액의 유동학적 특성. 한국식품학회지, 16(1), 11-16
- 이신영, 변유량, 조형용, 유주현, 이상규 (1994) 쌀전분 현탁액과 호화액의 유동거동. 한국식품과학회지, 16(3), 273-278
- 김주봉, 김영숙, 이신영, 변유량 (1984) 쌀전분 호화중의 리올로지 특성. 한국식품과학회지, 16(4), 451-456
- 이신영, 조형용, 김성곤, 이상규, 변유량 (1984) 쌀

- 전분의 호화에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 16(3), 279-284
6. 김명희, 박미원, 박용근, 장명숙 (1993) 쌀의 수침 시간에 따른 쌀가루의 이화학적 특성. 한국조리과학회지, 9(3), 210-214
 7. 최은정, 김향숙 (1997) 수침한 찹쌀가루와 전분의 이화학적 및 호화 특성. 한국식품영양과학회지, 26(1), 17-24
 8. 최정선, 손경희, 윤 선 (1997) 반고형 이유식의 개발을 위한 변형 쌀가루 제조 및 이화학적 특성. II. 초산 처리 쌀가루. 한국식생활문화학회지, 12(5), 463-468
 9. 최정선, 손경희, 최희선 (1997) 반고형 이유식의 개발을 위한 변형 쌀가루 제조 및 이화학적 특성 III. 초산 -가교 처리한 쌀가루. 한국식생활문화학회지, 12(5), 469-475
 10. 차재호, 권기화, 박관화, 장학길 (1988) 고단백 쌀가루의 제조 및 이용. 한국식품과학회지, 20(6), 840-844
 11. 김영인, 금준식, 김기숙 (1995) 쌀가루의 계분방법이 증편의 품질 특성에 미치는 영향. 한국조리과학회지, 11(3), 213-219
 12. 김영인, 김기숙 (1994) 건식 및 습식제조 쌀가루로 제조한 증편의 팽화 특성. 한국조리과학회지, 10(4), 329-333
 13. 금준식, 이상효, 이현유, 김길환, 김영인 (1993) 계분방법이 쌀가루 및 제품의 특성에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 25(5), 546-551
 14. 금준식, 이상효, 이현유, 김길환, 김영인 (1993) 계분방법이 쌀가루의 입자크기에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 25(5), 541-545
 15. 이병영, 윤인화, 손종록 (1994) 건식 및 습식 계분 방법에 따른 쌀가루의 특성 차이. 농업논문집, 36(1), 684-687

(1999년 6월 29일 접수)