KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.
Vol. 25, No. 5, pp. 546~551(1993)

제분방법이 쌀가루 및 제품의 특성에 미치는 영향

금준석 · 이상효 · 이현유 · 김길환 · 김영인*
한국식품개발연구원 쌀이용연구센터, *상지대학교 가정학과

Effects of Different Milling Methodes on Physico-chemical Properties & Products

Jun-Seok Kum, Sang-Hyo Lee, Hyun-Yu Lee, Kil-Hwan Kim and Young-In Kim
Rice Utilization Research Center, Korea Food Research Institute
**Department of Home Economics, Sanggi University*

Abstract

Rice flour obtained by four different milling methods, Pin mill, Colloid mill, Micro mill, and Jet mill, were used to investigate physico-chemical properties and product. Crude fat, ash, and protein contents of rice flours between different milling methods were similar. Blue value, amylose content, and damaged starch which related to properties of rice flour were reduced in the order that of Jet mill, Micro mill, Colloid mill, and Pin mill. Water absorption index, water solubility index, and water retention capacity increased as damaged starch increased. Hardness of gel(15%) is the highest value for Pin mill. The finer granules (Jet mill) had lower gelatinization onset(To) and peak(Tp) than any other rice flours. Those result are simillar with amylogram properties. Enthalpy of gelatinization increased as damaged starch increased. Jet mill had the highest score ($p<0.05$) of overall test in sensory evaluation and good paste properties.

Key words: Rice flour, Milling method, Rice properties, Rice dough

서 론

쌀가루 제조는 쌀의 품종에 따른 전분의 특성차이 이외에도 쌀가루 제조시 사용되는 제분기의 종류 및 제분방법 또한 쌀가루의 기능성에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있고[1-4] 건식 제분은 손상전분의 양을 많게 하므로 습식제분이 권장되나 공정상의 문제 및 비용면에서의 개선이 요구되고 있다[2]. 전분입자들은 제분과정중 기계적 손상을 받게 되고, 손상을 받은 전분들은 손상을 받지 않은 전분과는 여러가지 면에서 다른 특성을 가지며[5-10], 밀가루의 경우 물흡수력, 반죽성, 빵의 체적, 색깔 및 조직 등이 손상전분의 양에 의해 영향을 받게 된다고 보고되어 있다[11-18]. 이와 같이 가공하기 전에 전처리 하거나 제분기의 형태에 따라서 큰 영향을 미치기 때문에 쌀도 가공용도에 따라 적합한 쌀가루의 제조 필요성이 절실하다[19]. 그러나 현재 국내에서 쌀의 가공식품 소재 이용율은 생산량의 약 5% 내외로서 주로 떡류, 주류, 장류 등에서 한정적으로 소비되고 있고 최근 쌀과자, 쌀라면, 쌀국수, 쌀막걸리의 등장으로 쌀의 소비확대에 노력하고 있으나 매우 미흡하고 알곡형태의 쌀을 구입하여 자체 설비에 의한 고전적인 제분방법으로 쌀가루를 제조하여 사용하고 있기 때문에 쌀가루 제조에 관한 연구자료는 전무한 상태이다[19,20]. 따라서 본 연구에서는 제분방법을 달리하여 쌀가루 제조후 이화학적 특성을 검토하고, 이들 쌀가루를 이용하여 가공적성 실험을 통해 가공용도별로 적합한 제품의 개발을 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

Corresponding author: Jun-Seok Kum, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-Dong, Bundang-Ku, Songnam-Si, Kyonggi-Do 463-420, Korea

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 재료는 이천 농협에서 구입한 91년산 추청벼로(평균길이 : 4.89 mm, 평균폭 : 2.74 mm, 경도 : 6.0 kg, 천립중 : 21g) 4℃에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

쌀가루의 제조

쌀가루의 제조는 Table 1과 같이 제조하였으며, Pin mill을 사용한 쌀가루는 원료쌀을 상온에서 6시간 수침한 다음 탈수하여 분쇄하고, 60℃ 송풍건조기에서 수분함량 15%까지 건조시켰다. 또한 Colloid mill을 사용한 쌀가루는 실온에서 24시간 수침한 후 수마쇄하여 60℃ 송

Table 1. Type of milling methods

Type of milling	Type of miller	Operating conditions
Dry milling	Micro mill	KV-50-6 Yak-Gin Co., Japan 880W×2400L×1661H (mm) Roter:736 φmm×6 plate×30 pins Screw feeder: 4 rpm Air supply: 50m³/min (570 g) Orifice: 450 φmm Throughput: 400Kg/h
	Jet mill	Alpine Aktiengeschellschaft, Model 100AFG, Augsburg, German Grinding air: 50-80 Nm³/h, 6 bar g # of grinding nozzle: 3 Throughput: 20Kg/h
Wet milling	Pin mill	SC-1B Gyoung Chang Machine Co., Korea 400W×420L×670H(3-4 Hp) 60 mesh screen Throughput: 80 Kg/h
	Colloid mill	MKZA 6-3 SUS Masuko Sangyo Co., Japan Motor: 2.2 Kw, 3phase Throughput: 100 kg/h

Table 2. Composition of rice flours prepared in various milling methods

Milling methods	Crude fat(%)	Crude ash(%)	Crude protein(%)
Pin Mill	0.44[a]	0.44[a]	7.14[a]
Colloid Mill	0.37[b]	0.41[a]	7.14[a]
Micro Mill	0.43[a]	0.45[a]	7.07[ab]
Jet Mill	0.43[a]	0.37[a]	6.92[c]

[abcd]Means within columns not followed by a common letter differ ($p<0.05$)

Table 3. Blue value, amylose content, and damaged starch of rice flours

Milling methods	Blue value(O.D)*	Amylose content(%)	Damaged starch(%)
Pin Mill	0.0024[a]	9.26[a]	6.04[a]
Colloid Mill	0.0025[b]	13.28[b]	13.40[b]
Micro Mill	0.0310[c]	13.59[c]	15.99[c]
Jet mill	0.0540[d]	14.79[d]	16.97[d]

[abcd]Means within columns not followed by a common letter differ ($p<0.05$)
*Absorbance at 680 nm-rice flour solution, 10% (w/v)

풍건조기로 건조한(15%) 다음 분쇄하였다. Jet mill은 multi-processing system으로 jet milling만 사용하였다.

쌀가루의 이화학적 특성

일반성분(조단백질, 조지방, 조회분) 분석은 A.O.A.C. 방법[21]에 의하여 정량하였고, 열수가용성 아밀로오스 함량은 Shanthy 등의 방법[22]에 따라 측정하였다. 각 시료의 Blue value는 Gilbert 등의 방법[23]에 의하여 측정하였으며, 쌀가루의 전분손상도는 A.A.C.C.법[24]에 따라 측정하였다. 수분흡수지수 및 수분용해지수는 Anderson의 방법[25]으로 측정하였고, 보수력은 Yamazaki의 방법[26]에 따라 측정하였다. 겔의 특성은 Brabender amylograph를 이용하여 95℃ 까지 온도를 높여 15%(w/w) 농도의 쌀가루 겔을 만든후 rheomter(Model CR 200D Sun Scientific Co., Ltd., Japan)로 측정하였다. 이때의 rheometer의 측정조건은 Table speed : 60(mm/min), Critical area : 25(mm²), Probe type : cylinderical type, Diameter : 20(mm), Chart speed : 60(NO/sec), Sample height : 25(mm), Deformation ratio : 25(%), Load cell : 10 (kg)으로 하였다.

쌀가루의 호화특성은 Juliano의 방법[27]에 따라 Brabender amylograph(Brabender Model 800200 West Germany)를 이용하여 시료농도 8%에서 측정하였다. Differential Scanning Colorimetry에 의한 쌀가루의 호화 열량 측정은 시료와 증류수의 비율을 1 : 2로 혼합하여 DSC-4(Perkin Elmer)를 사용하여, heating rate : 10℃ / min, scanning rate : 10℃ /min, sensitivity : 0.5 mcal/sec, 가열온도 40~120℃ 조건에서 흡열 peak를 얻었다.

통계 분석

IBM PC 386 기종에 내장된 SAS PC Version 6.03의 Software SAS/BAS/STAT를 이용하여 Duncan's Multiple Range Test를 하였다[28].

쌀수제비 제조

수제비 제조는 각 쌀가루의 수분함량을 43%로 조절하여 30분간 증자한 다음 반죽하고, 수제비 형태를 만든 후 끓는 물에 부재료(멸치, 소금)와 함께 50(수제비) : 600 (물) : 1(부재료)의 혼합비율로 10분간 가열하였다. 쌀수제비를 처리구별로 향, 쌀가루가 씹히는 정도, 쫄깃쫄깃한 정도 및 종합 기호도에 대해서 7점 척도법을 사용하여 15명의 관능검사요원에 의해 4회 반복하여 관능검사를 실시하였다.

결과 및 고찰

일반성분, 청값, 열수가용성 아밀로오스, 전분손상도

일반성분 분석은 Table 2와 같으며, 청값(Table 3)은 Jet mill의 경우가 0.054로 가장 높았고($p<0.05$), Pin mill의 경우 0.0024로 가장 낮은 값($p<0.05$)을 나타내었는데, 이는 건식제분의 경우 손상전분에 의해 전분입자가 쉽게 I_2와 결합되기 때문인 것으로 사료된다. 즉 Pin mill과 Colloid mill의 경우는 습식제분으로 건식제분인 Micro mill과 Jet mill보다 낮은 값을 보여주었다. 열수가용성 아밀로오스 함량의 측정결과(Table 3)에 있어서도 Pin mill으로 제조한 쌀가루가 9.26%로 가장 낮고($p<0.05$) Jet mill의 경우가 14.79%로 가장 높아($p<0.05$)

Table 4. Water abaorption index(WAI), water solubility index(WSI), and water retention capacity of rice flours (%)

Milling methods	WAI	WSI	Water retention capacity	
			0.1 N alkali solution	distilled water
Pin Mill	192.09[a]	0.252[a]	184.95[a]	190.73[a]
Colloid Mill	229.87[b]	0.620[b]	205.22[b]	204.61[b]
Micro Mill	256.13[c]	0.780[c]	248.98[c]	272.38[c]
Jet Mill	258.32[c]	1.540[c]	256.24[d]	257.54[c]

[abcd]Means within columns not followed by a common letter differ ($p<0.05$)

Blue value가 증가함에 따라 열수가용성 아밀로오스 함량도 높은 경향을 보여주었다. 전분손상도(Table 3)에 있어서도 Pin mill의 경우 6.04%로 가장 낮았고($p<0.05$) Jet mill의 경우 16.97%로 가장 높아($p<0.05$) 쌀의 제분에는 적합하지 못한 것으로 알려져 있고, 건식제분은 습식제분보다 전분의 손상도가 높아지게 된다는 보고와 일치하였다[4]. 손상된 전분의 X-선 회절양상은 호화전분과 유사한 양상을 보이는데[29], 손상된 전분은 맥아추출액을 사용하여 1시간내에 완전히 분해되는 반면 생전분은 48시간이 경과하도록 완전히 분해되지 않는다고 보고하였다[30]. 물리적 작용에 의한 전분손상도는 주로 amylopectin의 가지점인 α-(1,6) 결합의 파괴에 의해 일어나고 이로부터 떨어져나온 가지부분이 쉽게 냉수에 용해된다고 보고되었다[31]. 이것은 열수가용성 아밀로오스 함량의 측정결과와 일치하여 전분의 손상도가 증가함에 따라 아밀로오스 추출이 다소 용이하게 된다는 보고와 일치하였다[2].

수분흡수지수, 수분용해지수 및 보수력

실온에서 수분흡수지수 및 수분용해지수를 측정한 값은 Table 4와 같다. 수분흡수지수는 습식제분인 Pin mill과 Colloid mill의 경우 각각 192.09%, 229.87%로써 건식제분인 Micro mill과 Jet mill의 258.32%, 256.13%보다 낮은 값($p<0.05$)을 보여주었다. 수분흡수현상은 주로 무정형부분(amorphous region)에서 발생하며 수분흡수량이 증가할수록 전분의 결합력은 약해지는데 이는 결합위치가 수분에 의해 재 배치되는 것으로 생각되며[32], 이는 전분내부조직의 강도와 관련이 있다고 보고되었다[33]. 또한 물을 흡수할 경우 생전분의 직경은 약 10% 증가한 반면 손상전분은 50% 정도 증가하였는데, 이는 손상전분이 많은 양의 물을 흡수하기 때문으로 생각된다[34]. 이러한 현상은 전분입자가 미세다공구조로 변하여 모세관 현상에 의해 흡수력이 증가[31], 또는 결정구조가 파괴되어 비결정구조로 되어 물분자와 접촉면적이 넓어 전분의 -OH-기와 물분자간에 수소결합이 쉽게 형성되기 때문인 것으로 알려져 있다[34].

Table 5. Textural properties of rice flours

Parameters	Milling methods			
	Pin Mill	Colloid Mill	Micro Mill	Jet Mill
Hardness(g)	131	70	69	53
Adhesiveness (dyne/cm^2)	249	146	122	124
Cohesiveness*	0.65	0.70	0.69	0.69
Viscosity**	291	187	123	142

Each values were determined after cooling to 25℃
*,**Values of relative comparision

Table 6. Amylogram properties of rice flours

Milling methods	A(℃)	B(B.U.)	C(℃)	D(B.U.)	E(B.U.)	F(B.U.)
Pin mill	65.0	560	95.5	290	270	−190
Colloid mill	65.5	520	95.5	300	220	−220
Micro mill	63.5	430	93.0	190	240	−150
Jet mill	63.5	310	92.5	160	150	−100

A: Initial pasting temp.
B: Maximum viscosity
C: Temp at maximum viscosity
D: Peak height after 30 min
E: Breakdown
F: Setback

수분용해지수는 전분손상도가 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었는데 이는 Meuser 등[30]의 보고와 일치하였다. 쌀가루의 보수력을 측정한 결과 전분의 손상도가 가장 높은 Jet mill의 경우 알칼리조건하에서 256.24%로 가장 높고 증류수에서는 257.54%로 Micro mill의 272.38% 보다는 낮았다($p<0.05$). 또한, 전분손상도가 가장 낮은 Pin mill의 경우 알칼리조건하에서 184.95%, 증류수에서 190.73%의 값을 나타내었다($p<0.05$).

겔 강도

쌀가루의 겔 특성을 알기위해 rheometer로 측정한 결과는 Table 5와 같다. ZM의 경우 경도(hardness)가 53(g)으로 가장 낮은 값을 보였고, Pin mill의 경우 31(g)의 값을 보임으로 전보[35]의 입도분포와 같이 입자가 미세할수록 겔 강도가 약하다고한 Yamazaki 등의 보고[36]와 일치하였으며 수분흡수지수와도 연관이 있는것으로 사료된다. 그러나 응집성(cohesiveness)에서는 상대적으로 차이가 없음을 보여주었다.

호화특성

Table 6은 쌀가루의 호화특성을 amylogram를 사용하여 조사한 결과이다. 쌀가루의 농도를 8%로 맞추어 호화개시온도를 측정한 결과, Colloid mill의 경우 65.5℃로 가장 높았고, Pin mill이 65.0℃, Micro mill과 Jet mill이 63.5℃로 낮아져 대체적으로 전보[35]의 입도분포와 같이 쌀가루의 입자가 미세하여짐에 따라 전분의 팽윤이

Table 7. Differential Scanning Colorimetry properties of rice flours

Milling methods	Parameters			
	ΔH(cal/g)	To(℃)	Tm(℃)	Tc(℃)
Pin Mill	1.95	72.14	76.11	84.11
Colloid Mill	1.30	71.31	75.51	85.57
Micro Mill	0.83	68.65	72.96	83.54
Jet Mill	0.83	65.89	70.54	82.78

ΔH: Enthalpy of gelatinization
To: Onset temp.
Tm: Maximum temp.
Tc: Conclusion of gelatinization temp.

적게 일어나서 호화개시온도가 낮아지게 됨을 알 수 있다. 또한 최고점도가 높을수록 호화개시온도는 증가하였다. 최고 점도의 경우 Pin mill과 Colloid mill의 경우 각각 520, 560B.U.로 대체적으로 전보[35]의 입도분포와 같이 쌀가루의 입자가 미세하여짐에 따라 최고점도가 감소하는 경향을 보였다. 이는 입자크기가 크고 거칠수록 점도가 낮아져 thickening agent로 사용할 수 있다는 Nishita 등의 보고[37]와 상반된 결과를 얻었다. Houston 등[38]에 의하면 쌀을 습식제분하게 되면 소량의 겔단백질이 형성되게 되어 점도를 감소시키게 된다고 하는데 이는 입도분포의 영향에 더 큰 영향을 받아 비록 습식제분일지라도 입자의 분포도에 따라 점도가 건식제분보다 커짐을 알 수가 있다. 팽창전분의 파열정도를 나타내는 breakdown ratio는 Pin mill이 0.52, Colloid mill은 0.58, Micro mill과 Jet mill은 각각 0.44, 0.52의 값을 나타내었다. Jet mill의 경우 breakdown ratio값은 높고 피크값은 낮아 팽윤에 비해 전분의 호화 및 파열은 빠른 것으로 생각된다. 이 결과를 토대로 제면 적성에 우수한 쌀가루를 예측하기 위해서는 높은 호화개시 온도와 높은 breakdown ratio 그리고 최고점도가 높은 Colloid mill로 제조한 쌀가루가 우수한 면류제조 적성을 갖는다고 판단된다. 또한 hot paste 상태의 안정도는 Jet mill이 가장 적은 것으로 나타내었다. 노화도를 측정할 수 있는 set-back은 Colloid mill이 −200B.U.로 가장 차이가 컸으며 Jet mill이 −100B.U.로 노화가 지연되는 것을 보여주었고 이는 호화도와도 관련이 있는 것으로 생각된다.

쌀가루의 호화열량 측정

Table 7은 제분방법별 쌀가루의 특성을 조사한 것으로 전분의 호화에 필요한 열량을 측정함 으로서 아밀로그램과 함께 호화특성을 비교하였다. 호화개시온도(To), 호화종료온도(Tc) 및 최고온도(Tm)는 amylogram에서와 동일한 양상을 나타내었고, 호화흡열의 면적에서 산출한 호화엔탈피(ΔH)는 Jet mill이 0.83 cal/g으로 가장 낮았고 Pin mill은 1.95 cal/g으로 가장 높았다. 즉 전보[35]의 입도분포와 같이 입자가 작을수록 호화의 상전이 현상이 빠르다는 Nishita 등의 보고[37]와 일치하였으며, 일반적으로 전분의 손상도가 증가함에 따라 호화엔탈피는 감소하는 경향이었다. 이러한 쌀가루들 사이에 있어서의 호화엔탈피의 차이는 주로 손상전분의 함량에 영향을 받으며 호화엔탈피가 낮은 쌀가루일수록 전분원래의 결정형 구조가 더 많이 파괴 되었음을 의미한다. 이는 Stevens 등의 결과와도 일치하였다[39].

Table 8. Sensory evaluation scores of rice dough(sujebi) prepared in rice flours

Milling methods	Parameters			
	Flavor	Mealiness	Springiness	Overall
Pin Mill	4.43^{ab}	3.64^{b}	4.21^{a}	4.29^{a}
Colloid Mill	4.07^{b}	4.50^{a}	3.07^{b}	2.93^{b}
Micro Mill	4.21^{b}	4.00^{ab}	3.93^{ab}	3.93^{a}
Jet Mill	4.86^{a}	2.71^{c}	4.50^{a}	4.57^{a}

^{abcd}Mens within columns not followed by a common letter differ ($p<0.05$)

쌀 수제비 제조실험

제분방법별로 제조한 쌀가루를 이용하여 수제비 제조공정에 의해 반죽물을 제조하여 반죽상태를 조사하고, 조리 후 관능검사를 실시하여 그 결과를 Table 8에 나타내었다. 반죽물 상태는 Pin mill의 경우 반죽이 단단하고 찰지었으나, Colloid mill은 반죽상태에서도 쌀 입자가 느껴지는 것이 관찰되었고, 건식제분인 Micro mill과 Jet mill은 습식제분인 Pin mill이나 Colloid mill보다 찰지고 부드러우며 잘 밀어지는 특성을 보였다. 관능검사 결과 향은 Jet mill의 경우 4.86으로 가장 높은($p<0.05$) 점수를 보였고 쌀가루가 씹히는 정도가 2.71로 가장 낮아($p<0.05$) 반죽상태가 양호하였다는 것과 일치하였다. 쫄깃쫄깃한 정도도 Jet mill이 4.5로 가장 높아($p<0.05$) 수제비 특성에 가장 적합한 것으로 나타내었다. 종합적인 기호도에서도 Jet mill이 4.57로 가장 높은($p<0.05$) 수치를 나타내어 쌀수제비에는 Jet mill로 제조한 쌀가루를 이용하여 쌀수제비를 제조한 것이 모든 면에서 우수한 것으로 나타났다.

이는 손상전분은 많은 양의 물을 흡수하고 알파-아밀레이즈에 의해 쉽게 분해 되기 때문에 쌀 제분에는 적합하지 못한 것으로 알려져 왔으나[2] 가공적성에 따라 다른 영향을 미치기 때문에[13,16,19] 제품특성에 따라 제분방법 및 제분기의 설정이 필요하다.

요 약

제분방법별(Pin mill, Colloid mill, Micro mill, Jet mill)로 제조한 쌀가루의 특성과 쌀 수제비 제조후 식미에 미치는 영향을 조사하였다. 지방, 회분, 단백질은 제분방법에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. 제분방법별 쌀

가루의 청값, 열수가용성 아밀로오스 함량, 그리고 전분 손상도는 Jet mill, Micro mill, Colloid mill, Pin mill의 순으로 높았음을 나타내었다. 수분흡수지수, 수분용해지수 및 보수력을 측정한 결과 전분손상도가 증가함에 따라 전체적으로 증가하였다. 또한 시료농도 15%의 겔을 형성하였을 때 Pin mill의 경우 강도에 있어서 가장 높음을 보여주었다.

아밀로그램을 이용한 호화개시온도와 최고점도는 입자가 미세하여 짐에 따라 점차 낮아지는 경향을 보였으며 Differential Scanning Colorimetry 측정에 의한 측정값도 아밀로그램에서와 동일한 양상을 나타내어 호화흡열의 면적에서 산출한 호화엔탈피(ΔH)가 Jet mill의 경우 0.83 kcal로 가장 낮았다. 즉 전분의 손상도가 증가함에 따라 호화엔탈피는 감소하였다.

쌀수제비 제조실험 결과는 Jet mill이 관능검사 결과 가장 우수한 것으로 판명되었고 반죽상태도 양호함을 보여주었다.

문 헌

1. Juliano, B.O. and Sakurai, J.: Miscellaneous rice products. In Rice Chemistry and Technology. 2nd Ed., (Juliano, B.O. Ed.) American Association of Cereal Chemists, St. Paul. MN. p.569(1985)
2. 박용곤, 석호문, 남영중, 신동화 : 제분방법별 쌀가루의 이화학적 특성. 한국식품과학회지, **20**, 504(1988)
3. Nishita, K.D. and Bean, M.M.: Grinding methods-their impact on rice flour properties. *Cereal Chem.* **59**, 46 (1982)
4. Bean, M.M.: Rice flour-its funtional variations. *Cereal Food World.* **31**, 477(1986)
5. Evers, A.D. and Stevens, D.J.: Starch damage. In Cereal Science and Technology. (Pomeranz, Y. Ed.) American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. 7,321(1986)
6. Luh, B.S. and Liu, Y.: Rice flours in baking. In Rice Utilization. 2nd Ed., (Luh, B.S. Ed.) Van Nostrand Reinhold, New York. p9(1991)
7. Mendes, F.P., Brilhante, S., Suzuki, H., Tada, M. and Webb, B.D.: Cooperative test on amylograph of milled rice flour pasting viscosity and starch gelatinization temperature. *Starch.* **37**, 40(1985)
8. Yamazaki, K., Nakazato, T. and Kosegawa, T.: Cooking quality of rice flour II. Experiment on butter cakes. Nihon Shokuhin Kogyo Gakkai-Shi. **18**, 512(1971)
9. Bean, M.M., Elliston-Hoops, E.A. and Wishita, K.D.: Rice flour treatment for cake baking applications. *Cereal Chem.* **60**, 445(1983)
10. Arisaka, M., Nakamura, K. and Yoshii, Y.: Properties of rice flour prepared by different milling methods. *Denpun Kagaku.* **39**, 155(1992)
11. Alsberg, C.L. and Griffing, E.P.: Effect of fine grinding upon flour. *Cereal Chem.* **2**, 325(1925)
12. Jones, C.R.: The production of mechanically damaged starch in milling as a governing factor in diastatic activity of flour. *Cereal Chem.* **15**, 133(1940)
13. Meredith, P.: Dependence of water absorption of wheat flour on protein content and degree of starch granule damage. *New Zealand J. Sci.* **9**, 324(1966)
14. Chung, D.S. and Pfost, H.B.: Adsorption and desorption of water vapor by cereal grains and their products. Part I. Heat and free energy changes of adsorption and desorption. *Trans. of the ASAE.* **10**, 549(1967)
15. Chung, D.S. and Pfost, H.B.: Adsorption and desorption of water vapor by cereal grains and their products. Part II. Development of the general isotherm equation. *Trans. of the ASAE.* **10**, 552(1967)
16. Farrand, E.A.: Starch damage and alpha amylase as bases for mathematical models relating to flour water absorption. *Cereal Chem.* **46**, 103(1969)
17. Williams, P.C.: Nature of mechanically damaged starch, its production in flour. part I Northwestern Miller. **276**, 8(1969)
18. Dodds, N.J.H.: Damaged starch determination in wheat flours in relation to dough water absorption. *Starch.* **23**, 23(1971)
19. 한국식품개발연구원, 쌀이용연구센터: 쌀가공 소비 촉진을 위한 산학연 협의회 자료 (1992)
20. 농림수산부 : 농림수산주요통계. 농림수산부, 과천 (1991)
21. A.O.A.C.: Official Methods of analysis. IIth ed., The association of official analytical chemists. Washington D.C., p.123(1970)
22. Shanthy, A.P., Sowbhagya, C.W. and Battacharya, K.R.: Simplified determination of water-insoluble amylose content of rice. *Starch.* **32**, 409(1980)
23. Gillbert, G.G. and Spragg. S.P.: Iodimetric determination of amylose. *Physical Analysis* **4**, 168(1963)
24. A.A.C.C.: Approved methods. 8th ed., American Association of Cereal Chemists. St. Paul. MN., 76-30A (1983)
25. Anderson, R.A.: Water absorption and solubility and amylograph characteristics of rolled-cooked small grain products. *Cereal Chem.* **59**, 265(1982)
26. Yamazaki, W.T.: An alkaline water retention capacity test for the evaluation of Cookie baking potentialities of soft winter flour. *Cereal Chem.* **30**, 242(1953)
27. Juliano, B.O.: Polysaccharides, proteins, and lipids of rice. In Rice Chemistry and Technology. 2nd Ed. (Juliano, B.O. Ed.) American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul. MN. p.59(1985)
28. SAS: SAS User's guide, Statistics (6.03). SAS Institute Inc., Cary, NC. (1988)
29. Lelievre, J.: Starch damage. *Starch* **26**, 85(1974)
30. Sandstedt, R.M. and Scroeder, H.: A photographic study of mechanically damaged wheat starch. *Food Tech.* **14**, 257(1960)
31. Meuser, F., Klingler, R.W. and Niediek, E.K.: Characterization of mechanically modified starch. *Starch.* **30**, 376(1978)
32. Lechert, H.: Possibilites and limits of pulsed NMR spectroscopy for the investigation of the problems of starch research and starch technology. *Starch.* **28**, 369 (1976)
33. Polmeranz, Y.: Carbohydrate: Starch in Functional properties of food components (Food Sci. and Tech., a series of monographs. (Schweigart, B.S., Hawthorn, J. and Stewart, G.F. Eds.) Academic Press Inc., New

York. (1985)
34. Multon, J.L., Bizot, H. and Savet, B.: Water absorption in cereal foods and water activity measurment in Cereals for Food and Beverages. Academic press Inc., New York. p.97(1980)
35. 금준석, 이상효, 이현유, 김길환, 김영인 : 제분방법이 쌀가루의 입자크기 및 미세구조에 미치는 영향. 한국식품과학회지. 투고중 (1993)
36. Yamazaki, K., Nakazato, T. and Kosegawa, T.: Cooking quality of rice flour II : Experiment on butter cakes. Nihon Shokuhin Kogyo Gakkai-Shi. **18**, 512(1971)
37. Nishita, K.D. and Bean, M.M.: Grinding methods; Their impact on rice flour properties. *Cereal Chem.* **59**, 46(1982)
38. Houston, D.F. and Kohler, G.O.: Nutritional properties of rice. National Academy of Science. A publication of National Academy of science, Washington D.C. (1970)
39. Stevens, D.J. and Elton, G.A.: Thermal properties of the starch/water system. *Starch.* **23**, 8(1971)

(1993년 8월 11일 접수)