

제분방법이 쌀가루의 입자크기에 미치는 영향

금준석 · 이상효 · 이현유 · 김길환 · 김영인*

한국식품개발연구원 쌀이용연구센터, *상지대학교 가정학과

Effect of Different Milling Methods on Distribution of Particle Size of Rice Flours

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

Two different methods (Sieve shaker, Elzone particle size analyzer) were used to investigate rice flour particle size obtained by various milling method. Results of Elzone particle size analyzer were more effective than Sieve shaker in determining particle size, and the distribution of particle size of rice flours was affected by the type of the milling methods used. A rice flour, prepared in a Pin mill had a particle size range of 60~500 mesh, and 30.38% of the sample was in the particle size range 200~270 mesh. A rice flour, prepared in a Colloid mill had a particle size range of 40~500 mesh and more of flour particles appeared in the range 140~200 mesh than any other particle size. A rice flour, prepared in a Micro mill had a particle size range of 140~500 mesh, and 41.62% of the sample was in the particle size range over 500 mesh. A rice flour, prepared in a Jet mill had a finer flour particle size was over the particle size range 500 mesh. The finer rice flour gave the highest L value and the lowest a value. The wet-milled flour particles were observed as a cluster of starch granules and the particles of rice flour (dry-milling) were observed as fragment of rice grains. Scanning Electron Photomicrographs revealed that visual differences in structure between milling methods, and similar results with Elzone particle size analyzer method in particle size.

Key words: Rice flour, Milling method, Rice particle size

서 론

최근 식생활의 서구화, 편의화, 다양화됨에 따라 청소년층에서 쌀밥보다는 빵이나 면류를 선호하는 경향이어서 쌀을 이용한 분식형태의 이용 방안이 필요하다고 보

며^(1,2), 쌀가루를 주원료로 하는 새로운 이용방법의 개발 등 식품가공원료로서 쌀가루, 쌀전분의 제조, 성상 및 이용 연구분야에 관심이 집중되고 있다⁽³⁻⁷⁾.

이러한 쌀의 이용연구에 있어서 품종에 따른 전분의 특성차이 등의 요인 이외에도 쌀가루 제조시 사용되는 제분기의 종류 및 제분방법에 따라 입자크기가 달라지게 되며, 입자크기에 따라 호화도, 결합력, 수분흡수력, 전분손상도, 반죽의 물성들이 변화되어지게 된다^(8,9). 이러한 특성들은 pasting 성질⁽³⁾, 젤강도⁽¹⁰⁾, 제빵, 제면특성 등⁽¹¹⁻¹³⁾ 가공적성에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져

있다. 이와 같이 쌀을 가공하기 전의 전처리 과정이 쌀가루의 성질에 큰 영향을 미치므로 가공용도에 적합한 쌀가루의 제조방법 개발이 절실하다.

본 연구에서는 국내에서 널리 사용되는 제분기와 새로운 제분기로 제조한 쌀가루의 특성을 조사하여 보고하고자 한다.

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

건식은 Micro mill과 Jet mill을 사용하고, 습식은 Pin mill과 Colloid mill을 사용하였다. 이때 Pin mill을 사용한 쌀가루는 원료쌀을 상온에서 6시간 수침(수분함량 30%)한 다음 탈수하여 분쇄하고, 60℃ 송풍건조기에서 수분

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

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 mm×6 plate×30 pins Screw feeder: 4 rpm Air supply: 50m ³ /min (570 g) Orifice: 450 φmm Throughput: 400 Kg/h
	Jet mill	Alpine Aktiengesellschaft, Model 100AFG, Augsburg, German Grinding air: 50~80 Nm ³ /h, 6bar g # of grinding nozzle: 3 Throughput: 20 Kg/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, 3 phase Throughput: 100 Kg/h

함량 15%까지 건조시켰다. 또한 Colloid mill을 사용한 쌀가루는 실온에서 24시간 수침(수분함량 40%)한 후 수마쇄하여 60°C 송풍건조기로 건조한(15%) 다음 분쇄하였다. Jet mill은 multi-processing system으로 jet milling만 사용하였다. 제분기의 종류별 제원은 Table 1과 같다.

쌀가루의 입도분포와 평균입자크기는 Sieve shaker (Model RX 86, serial #2682, Mentor, OH, U.S.A.)에 60, 80, 100, 120, 140, 200, 270, 325, 400 및 500 mesh의 표준망체를 설치하고 여기에 쌀가루 200g을 취하여 15분간 진탕한 후 각 체상에 잔류된 쌀가루의 양을 평량하여 측정하였으며, 또 전기저항법 즉, 쌀가루 0.2g을 용매 100ml(isopropyl alcohol+2% lithium chloride+소량의 triton X-100)에 분산시켜 쌀가루의 크기에 따라 구형의 150, 380, 760 orifice(micron)를 부착시킨 Elzone particle size analyzer(Model: Elzone 280 pc, England)를 사용하여 각 시료당 100,000개의 쌀가루 입자크기를 측정하여 Sieve shaker 방법과 비교하여 검토하였다.

쌀가루 미세구조 관찰은 gold-palladium으로 도금하여 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, Hitachi 2500, Japan)으로 표면구조와 입자크기를 관찰하였으며, 쌀가루의 크기와 쌀가루의 집합형태의 화상해석을 위하여 크기는 100배율로 확대하여 면적(area), 면적율(fractarea), 원형도계수(peround), 등가원의 직경(H, diameter)을 측정하고, 화상해석은 확대렌즈가 내장된 이동식 HiRox 시스템에서 쌀가루농도가 10%(w/v) 되도록 hexane에 분산시킨 후, 용매를 건조시켜 625배율로 화상해석 장치(KIT-500, PIAS System, Japan)를 이용, 측정

Table 2. Particle size distribution of rice flours measured by Sieve shaker(%)

Mesh	Pin mill	Colloid mill	Micro mill	Jet mill
~60	-	10.02	-	-
60~80	-	10.95	-	-
80~100	-	6.27	-	-
100~120	-	14.08	-	-
120~140	18.52	4.68	-	-
140~200	8.26	18.36	-	-
200~270	52.56	11.74	-	-
270~325	10.30	13.34	5.03	-
325~400	-	-	54.23	1
400~500	10.36	10.09	40.74	99.0
500~	-	-	-	-
Mean size	70.48 μm	100.47 μm	36.17 μm	20.18 μm
S.D.*	27.94	79.29	19.88	3.15

*Standard deviation

하였다.

쌀가루의 입자크기별 색도는 색차계(Color and Color difference Meter, Model No UC 600IV, Yasuda seiki Co., Japan)로 측정하여 Hunter의 L(lightness)값, a(redness)값 및 b(yellowness)값으로 나타내고 Hue값과 SI값을 계산하여 비교하였다. 이때 표준색판으로는 백색판(L=89.2, a=0.921, b=0.78)을 사용하였다.

결과 및 고찰

제분방법별로 제조한 쌀가루의 입도분포를 Sieve shaker에 의하여 측정된 결과는 Table 2와 같다. 제분방법별로 제조한 쌀가루의 입도분포는 Pin mill의 경우 200~270 mesh 사이가 52.56%로 가장 높은 분포도를 나타냈으며 120~140 mesh가 18.52%, 140~200 mesh가 8.26%, 270~325 mesh가 10.30%, 그리고 400~500 mesh의 입자크기를 가진 쌀가루는 10.36%를 나타내었다. 그러나 120 mesh 미만의 입자들은 나타나지 않았다.

반면에 Colloid mill의 경우 60 mesh 이하의 입자크기를 가진 쌀가루도 전체의 10.02%의 분포도를 가졌으며 각 mesh별로 분포가 이루어짐을 알 수가 있었다. 가장 높은 분포도는 140~200 mesh 사이로 18.36%를 나타내었다. Micro mill의 경우는 325~400 mesh 사이의 입자크기를 가진 쌀가루가 54.23%로 가장 높은 분포도를 보였으며, 400~500 mesh 사이의 입도분포도도 40.74%으로 325~500 mesh 사이의 입도분포가 전체의 94.97%로 대부분을 차지하여 입도가 미세함을 알 수 있었다. Jet mill의 경우는 400~500 mesh 사이의 입자크기를 가진 쌀가루가 전체의 99%로 입도가 가장 미세함을 보였다.

현재 쌀가루의 입도분포 및 크기를 측정하기 위해서는 Sieve shaker에 많이 의존하여 왔는데, Sieve shaker 방법의 정확도를 알기 위해서 Elzone particle size analy-

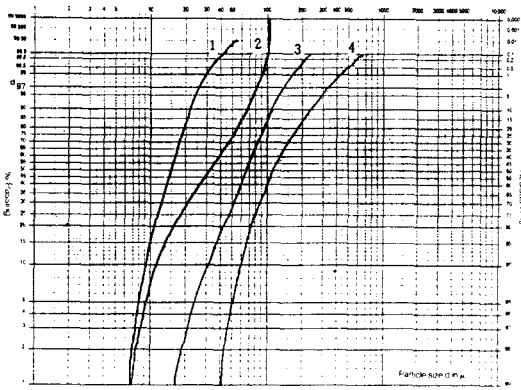


Fig. 1. Particle size distribution diagram of rice flours (Elzone particle size analyzer method)
1: Jet mill, 2: Micro mill, 3: Pin mill, 4: Colloid mill

Table 3. Particle size distribution of rice flours measured by Elzone particle size analyzer(%)

Mesh	Pin mill	Colloid mill	Micro mill	Jet mill
~40	-	1.2	-	-
40~60	-	7.1	-	-
60~80	1.38	11.7	-	-
80~100	1.41	10.78	-	-
100~120	1.96	10.71	-	-
120~140	4.39	11.73	-	-
140~200	25.56	24.03	6.74	-
200~270	30.38	17.25	14.02	-
270~325	11.27	3.56	9.53	-
325~400	6.94	1.69	9.83	0.06
400~500	10.54	0.25	18.26	1.5
500~	6.17	-	41.62	98.38
Mean size	60.41 μ m	114.8 μ m	29.31 μ m	15.44 μ m
Standard deviation	33.83	84.67	22.55	4.818

zer를 사용하여 입도분포와 크기를 측정하여 비교, 검토하였다⁽¹⁴⁾. Elzone particle size analyzer에 의해 측정된 결과는 Fig. 1과 같으며 입도분포를 요약한 결과는 Table 3에 나타내었다. Pin mill의 경우 Sieve shaker에 의해서는 측정되지 않았던 60~80 mesh가 1.38%, 80~100 mesh 1.4%, 100~120 mesh 1.96%, 120~140 mesh가 4.39%로 각각 나타내어 Sieve shaker와 많은 차이를 보여주었으며, 그 이외의 입자분포도 Sieve shaker 결과와 차이를 나타냈으나 각 방법 공히 200~270 mesh 사이가 가장 높은 분포도를 보여주었다. Elzone particle size analyzer의 방법으로 체적에 의한 평균크기를 측정하였는데 Pin mill은 60.41 μ m를 나타냈으며, median size는 63.76 μ m, mode size는 73.93 μ m로 측정되었다. 표준편차는 Pin mill의 경우 33.83으로 나타내었다.

Colloid mill로 제조한 쌀가루의 경우 Pin mill과 다

Table 4. Data of rice flours for Image analyzer

Mill	Attribute				
	Area(μ m ²)	Fractorea(%)	Peround	H. diameter	
Pin	Min.	47.33	0.01	0.62	7.76
	Max.	182.81	0.05	0.89	15.26
	Mean	88.11	0.02	0.81	10.30
	SD	43.64	0.01	0.06	2.48
Colloid	Min.	62.47	0.01	0.54	9.42
	Max.	257.94	0.06	0.88	19.84
	Mean	125.19	0.04	0.78	12.30
	SD	120.18	0.04	0.07	3.62
Micro	Min.	1.94	0.001	0.64	1.57
	Max.	111.25	0.030	1.08	11.90
	Mean	42.26	0.011	0.80	6.63
	SD	33.71	0.009	0.10	3.13
Jet	Min.	4.18	0.001	0.80	2.30
	Max.	82.91	0.022	0.95	10.27
	Mean	32.74	0.009	0.86	6.21
	SD	17.86	0.005	0.04	1.78

Table 5. Effect of milling methods on color values of rice flours

Mesh	Color values*				
	L	a	b	HUE	SI
Pin Mill	87.0	-2.7	3.5	52.35	4.42
Colloid Mill	86.4	-2.7	3.6	53.13	4.50
Micro Mill	87.8	-2.7	3.2	49.84	4.19
Jet Mill	89.0	0.04	3.3	89.30	3.30

*Means of 5 replications

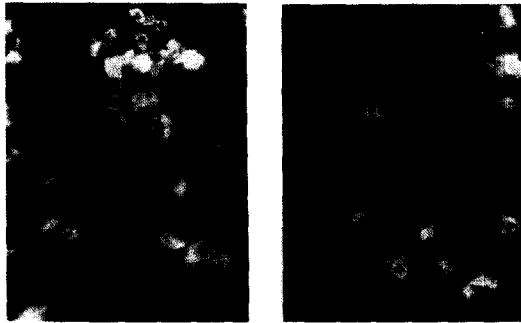
HUE = $\tan^{-1}(b/a)$

SI = $(a^2 + b^2)^{1/2}$

르게 40 mesh부터 500 mesh까지 골고루 분포됨을 Table 3에서 알 수 있었다. 60 mesh부터 270 mesh까지 10%에서 25% 사이의 각각의 분포도를 보여주었으며, 평균 크기가 114.8 μ m, median size가 110.2 μ m, mode size가 87.02 μ m로 입자의 평균크기가 가장 높은 값을 나타내었고 표준편차도 84.67로 분포도가 넓은 것을 알 수 있었다. 즉 Elzone particle size analyzer 방법은 Sieve shaker 방법과 비교하여 수치에 의한 차이는 있으나 140 mesh에서 200 mesh가 가장 높은 분포도를 보여주었다.

Micro mill의 경우 140 mesh 이하의 것은 발견되지 않았으며 500 mesh 이상의 입자가 41.62%로 입자가 작은 것이 주로 분포함을 보여주었다. Median size가 31.4 μ m, mode size가 39.68 μ m로 비교적 작은 입자크기를 가졌으며 표준편차도 22.55로 분포도의 간격이 비교적 적음을 알 수 있었다.

Jet mill의 경우 500 mesh 이상의 입자크기를 가진 쌀가루가 98.38%으로 대부분을 차지하고 있었으며 median size는 16.42 μ m, mode size가 17.73 μ m로 4개의 처리구중에서 가장 작은 입자크기를 보였으며, 표준편차도 4.818로 입자크기의 차이가 제일 적음을 보여주었



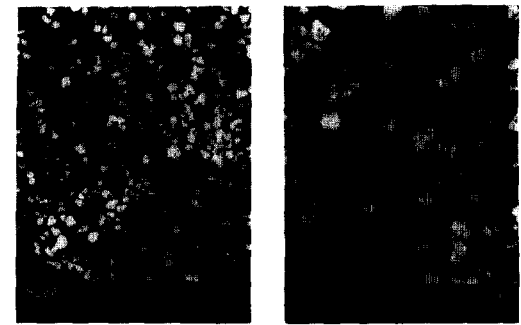
(A) (B)

Fig. 2. Microstructure of rice flour, prepared in a Pin mill(A) and a Colloid mill(B): Image analyzer(625X)



(A) (B)

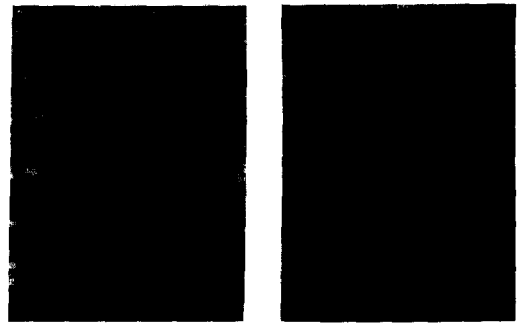
Fig. 3. Microstructure of rice flour, prepared in a Micro mill(A) and a Jet mill(B): Image Analyzer(625X)



(A) (B)

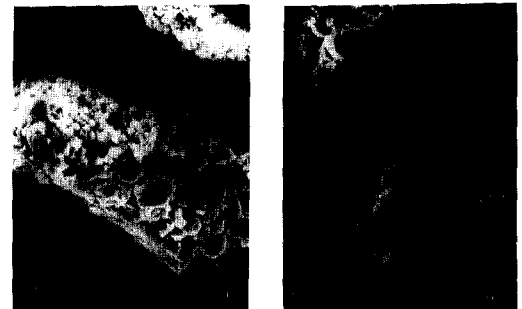
Fig. 4. Scanning Electron Micrographs(SEM) of rice flours, prepared in a Pin mill(A) and a Colloid mill(B) (1000X)

두 방법을 비교한 결과 입도분포의 측정방법에 따라 다른 결과를 보여주었으며 이는 쌀가루의 입자가 미세한 경우 Sieve shaker의 방법은 서로 응집을 일으켜 표준체의 망을 통과하지 못하는 경우가 발생하기 때문이다¹¹⁾. Table 4는 각 제분방법별로 제조한 쌀가루의 입자를



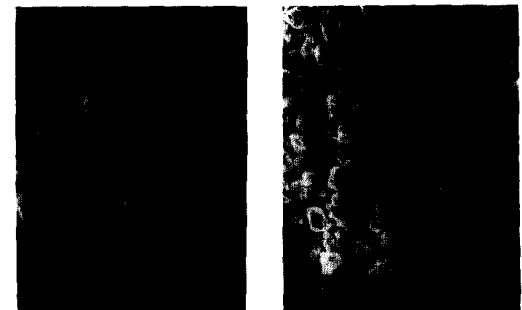
(A) (B)

Fig. 5 . Scanning Electron Micrographs(SEM) of rice flours, prepared in a Micro mill(A) and a Jet mill(B) (1000X)



(A) (B)

Fig. 6. Scanning Electron Micrographs(SEM) of rice flours, prepared in a Pin mill(A) and a Colloid mill(B) (1000X)



(A) (B)

Fig. 7 . Scanning Electron Micrographs(SEM) of rice flours, prepared in a Micro mill(A) and a Jet mill(B) (1000X)

화상처리한 후 수치계산을 한 것이다¹⁰⁾. Jet mill로 제조한 쌀가루가 32.74 μm^2 으로 면적이 가장 작았으며 평균면적율도 0.009로 가장 작은 비율을 보여주었다. 제분기별로 제조한 쌀가루의 색도는 Table 5와 같다. 모든

제분방법에 있어서 입도가 미세해질수록 L값과 a값은 증가함을 보였고 b값은 감소하였다. 이는 쌀가루의 입자가 색도와 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었으며 Nishita⁽⁶⁾ 등의 시험결과와 유사하였다. Figs. 2와 3은 쌀가루의 집합체를 관찰한 것이다. Fig. 2는 습식제분인 Pin mill과 Colloid mill을 이용하여 제조한 쌀가루로 분리된 쌀가루의 집합체 형태로 구성되어 있는 것을 보여주고 있다. 습식제분은 침지된 쌀이 분쇄대상이므로 부드럽고 제분후에는 광산의 갭에서 떠낸 흙더미 같은 입체구조를 가졌다고 Arizaka 등⁽¹⁷⁾은 보고하였으며, 이는 본 실험의 결과와 일치하였다. 분리된 쌀가루의 집합체로 나타나는 것은 세포의 조직인 Amyloplastic 중에서 전분립이 분리되는 것이라 생각되어진다. Fig. 3은 건식방법인 Micro mill과 Jet mill을 이용하여 제조한 쌀가루이다. 이는 습식방법과 달리 분할된 조직체로 되어있어 단순히 딱딱한 쌀이 미세화 되어졌다는 것을 알 수 있다.

제분방법별 쌀가루의 표면구조를 전자주사현미경으로 관찰한 결과는 Figs. 4~7에 나타내었다. 일반적으로 밀의 경우 제분시의 물리적 손상에 의해 입자의 모양이 달라진다고 알려져 왔으나 쌀가루는 입자가 미세하기 때문에 전자주사현미경으로 입자표면에서의 손상상태를 비교하기는 용이하지 않았다. 그러나 입자의 크기는 50 배율(Figs. 4, 5)에서 Elzone particle size analyzer의 결과와 같이 Jet mill로 제조한 쌀가루가 가장 작은 입자 크기를 가짐을 보여주었으며, 1,000배율에서는 습식제분은(Fig. 6) 입자들이 밀착되어 있는 형태로 되어 있으며 그것들이 하나의 작은 분리된 쌀가루의 집합체를 이루며, 건식제분은(Fig. 7) 밀착되어 있지않고 넓게 퍼져 하나의 커다란 분할된 조직체를 이루는 것을 볼 수 있다.

요 약

Sieve shaker와 Elzone particle size analyzer에 의한 두 가지 방법으로 제분방법에 따른 입자크기를 조사하였다. 제분방법별로 제조한 쌀가루의 입도분포를 측정된 결과 입자크기는 제분방법에 따라 영향을 받았으며 표준망체를 이용한 Sieve shaker 방법보다 Elzone particle size analyzer를 사용한 방법이 정확도가 우수하였다. 입도분포를 측정된 결과 Pin mill의 경우 200~270 mesh가 30.38%로 가장 많았고 60~500 mesh의 분포도를 가졌다. Colloid mill은 140~200 mesh가 가장 많았으며, 40~500 mesh의 분포도를 가졌다. Micro mill은 500 mesh 이상이 41.62%로 가장 많았고 140~500 mesh의 분포도를 보여주었다. Jet mill은 500 mesh 이상의 분포도로 입자크기가 가장 미세하였다. 또한 미세한 입자일수록 L값과 a값이 증가하였다. 쌀가루의 집합체를 살펴본 결과 습식제분은 분리된 쌀가루의 집합체형태로 구성되어 있고 건식제분은 분할된 조직체로 구성되었다. 전자주사현미경은 Elzone particle size analyzer 방법과 같은 입자분포도를 나타내었고 제분방법에 따라 구조의

특성을 보여주었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술처 특정연구 개발사업의 연구비지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

문 헌

1. 농림수산부: 농림수산주요통계, 농림수산부, 과천 (1991)
2. 한국식품개발연구원, 쌀이용연구센터: 쌀가공 소비 촉진을 위한 산학연 협의회 자료. (1992)
3. Halick, J.V. and Kelly, V.J.: Gelatinization and pasting characteristics of rice varieties as related to cooking behavior. *Cereal Chem.* **36**, 91(1959)
4. Juliano, B.O. and Sakurai, J.: Miscellaneous rice products. In *Rice Chemistry and Technology*. 2nd Ed., American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. p.569(1985)
5. 박용근, 석호문, 남영중, 신동화: 제분방법별 쌀가루의 이화학적 특성. *한국식품과학회지*, **20**, 504(1988)
6. Nishita, K.D. and Bean, M.M.: Grinding methods-Their impact on rice flour properties. *Cereal Chem.*, **59**, 46(1982)
7. Bean, M.M.: Rice flour-its funtional variations. *Cereal Food World.*, **31**, 479(1986)
8. Evers, A.D. and Stevens, D.J.: Starch damage. In *Cereal Science and Technology*. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. 7,335(1986)
9. Luh, B.S. and Liu, Y.: Rice flours in baking. In *Rice Utilization*. 2nd Ed., Van Nostrand Reinhold, New York. p9(1991)
10. Cagampang, G.B., Perez, C.M. and Juliano, B.O.: A gel consistency test for eating quality of rice. *J. Sci. Food Agric.*, **24**, 1589(1973)
11. 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)
12. 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)
13. Bean, M.M., Elliston-Hoops, E.A. and Wishita, K.D.: Rice flour treatment for cake baking applications. *Cereal Chem.*, **60**, 445(1983)
14. 赤尾 剛, 安口 正之, 林 弘通: 固體粉體處理 3. 食品工學基礎講座. 株式會社 光琳, 東京, 日本. p.47(1983)
15. Bean, M.M. and Nishita, K.D.: Rice flours for Baking. In *Rice Chemistry and Technology*. 2nd Ed., American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. p.539 (1985)
16. Tomita, F., Shirai, Y. and Tsuji, S.: Presentation at 6th IJCAZ Toyko. p.884(1979)
17. Arisaka, M., Nakamura, K. and Yoshii, Y.: Properties of rice flour prepared by different milling methods. *Denpun Kagaku*, **39**, 155(1992)