

제분방법에 따른 쌀보리가루의 이화학적 특성

이영택* · 석호문 · 조미경 · 김성수

*선문대학교 식량자원식품가공학부, 한국식품개발연구원

Physicochemical Properties of Hull-less Barley Flours Prepared with Different Grinding Mills

Young-Tack Lee*, Ho-Moon Seog, Mi-Kyung Cho and Sung-Soo Kim

*Department of Food Resources and Technology, Sun-Moon University
Korea Food Research Institute

Abstract

During the pearling process of hull-less barley, protein, lipid, ash and insoluble dietary fiber (IDF) contents decreased, while soluble dietary fiber (SDF) and β -glucan contents slightly increased. Depending on milling methods and types of grinding mills used, there were differences in particle size distribution of barley flour. Flour particle size was smaller in the following order of Fitz mill, Ball mill, Pin mill, Cyclotec sample mill and Jet mill. Color (brightness) was closely related to the particle size of barley flour. Damaged starch (%) in pearled barley flour was the highest in Jet mill among different mills. Flours prepared with Cyclone mill and Pin mill had a reasonable amount of damaged starch. Flour produced by Fitz mill showed the lowest amount of damaged starch. Scanning electron microscopy (SEM) of the flour samples demonstrated different sizes and shapes of particles consisting of starch granules and cell wall materials. Damaged starch tended to increase water absorption index (WAI), water solubility index (WSI), and water retention capacity (WRC). Pasting viscosity determined by amylograph was relatively high in Pin-milled and Cyclone-milled flours. Viscosity was the lowest in coarsely ground flour by Fitz mill.

Key words: hull-less barley, milling, barley flour, physicochemical properties

서 론

보리는 쌀과 더불어 그동안 우리의 기본식량으로 큰 몫을 차지하여 왔으나 근래에 들어 국민의 식량소비 구조가 변화됨에 따라 임식용으로서의 보리 소비가 크게 줄어 들고 있는 추세이다. 보리는 다른 곡류와 마찬가지로 식용으로 사용할 경우 과피, 종피, 호분층 등 외부층을 형성하고 있는 물질을 도정하여 섬유질에 의한 거친 조직감을 감소시켜 식감을 높일 수 있지만 쌀만큼 취반성이 좋지 못해 압맥 및 할맥의 형태로 가공하여 소비하고 있다. 최근에는 보리의 대표적인 식이섬유인 (1→3),(1→4)- β -D-glucan이 체내 혈중 콜레스테롤을 저하시킨다고 알려져 있는 등^(1,2) 영양학적 기능성이 매우 우수하여 건강식품 소재로서의 식

품학적 가치가 한층 높아지게 되었다.

지금까지 국내의 보리가공에 관해서는 압맥, 할맥 외에 제분, 맥아, 밀가루에 대체 가능한 복합분 이용제품인 제빵, 제면, 제과 및 조리식품 등에 대한 연구⁽³⁾가 있으나 보리가공제품의 원료로서 보리가루에 대한 보다 기초적인 연구가 아직 미흡한 실정이다. 보리가루의 제조방법으로는 원맥을 직접 제분하거나 혹은 정맥기를 사용하여 정맥으로 도정한 후 제분할 수 있으며 이때 제분방법 및 제분기의 종류가 보리가루의 기능성에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 본 연구에서는 제분기의 종류를 달리하여 제분한 보리가루의 이화학적 특성을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

보리 시료

본 실험에 사용한 보리는 1994년 전라남도에서 재

Corresponding author: Young-Tack Lee, Department of Food Resources and Technology, Sun-Moon University, Asan-si, Chungnam 336-840, Korea

배한 쌀보리(품종: 송학)로서 4°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다. 원맥 시료를 분쇄함에 있어 우선 Satake Test Mill (Satake Engineering Co., Ltd., Tokyo, Japan)로 도정하여 정맥을 만들어 제분을 위한 시료로 사용하였다.

화학적 성분 분석

보리 시료의 일반성분은 AACC 방법⁽⁴⁾에 따라, 수분 함량은 Air-oven법(AACC 44-15A)으로, 조단백질은 micro-Kjeldahl법(AACC 46-13)으로, 회분은 건식회화법(AACC 08-01)으로 분석하였으며 조지방은 Soxhlet 법⁽⁵⁾으로 측정하였다. 수용성 식이섬유, 불용성식이섬유, 총 식이섬유 함량은 Prosky 등의 방법⁽⁶⁾에 따라 dietary fiber assay kit (Sigma Chemical Co., USA)를 사용하여 측정하였다. β-Glucan 함량은 McCleary와 Glennie-Holmes⁽⁷⁾의 방법에 의하여 측정하였다.

보리의 제분

보리가루는 원맥을 도정을 약 68%로 도정한 정맥 시료에 대해 제분기의 종류를 달리하여 제조하였으며 분쇄된 시료는 4°C에서 보관하면서 실험에 사용하였다. 제분기로는 0.5 mm screen을 사용한 Cyclotec sample mill (Tecator Co., Sweden), Pin mill (경창기계 공작소, model SC-1B), Ball mill (정신기업사, JM 1437), Roller mill (C.W. Brabender Instruments, Inc.), Jet mill (Alpine 100 AFG, Germany)을 사용하여 분쇄하였다. Ball milling시에는 수분함량 15.5%가 되도록 하여 2시간 tempering하였으며 55 rpm에서 12시간 행하였다.

입도 분포

100 g의 보리가루를 40, 60, 100, 140, 200, 325 mesh 표준체를 사용하여 Ro-Tap sieve shaker (W. S. Tyler Co., USA)에서 30분간 진탕한 후 각 mesh를 통과하는 보리가루의 중량을 측정하였다.

색도

보리가루의 색도는 Color and color difference meter (Model 600-UC-IV, Yasuda Seiki Seisakusho, Ltd., Japan)를 이용하여 표면색도값인 L, a, b를 측정하였다. 이때 사용한 표준판은 L=89.2, a=0.921, b=0.78의 값을 가진 백색판이었다.

전분손상도

보리가루의 전분손상도는 AACC방법(76-31)에 따라 starch damage assay kit (Megazyme, Pty, Ltd., Aus-

tralia)를 사용하여 측정하였다.

표면구조

보리가루의 표면구조는 scanning electron microscope (JOEL Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 15 kV의 가속전압에서 1,000배로 관찰하였다.

수분흡수지수(WAI), 수분용해도지수(WSI) 및 보수력(WRC)

수분흡수지수 및 수분용해도지수는 Anderson 등의 방법⁽⁸⁾으로 측정하였으며 보수력은 Yamazaki의 방법⁽⁹⁾에 의해 측정하였다.

호화특성

보리가루의 호화특성은 AACC 방법(AACC 22-10)에 따라 Brabender amylograph (C.E. Brabender Instruments, Inc.)를 사용하여 시료농도를 10%로 하여 측정하였다.

결과 및 고찰

보리 시료의 화학성분

정맥기를 사용하여 도정한 정맥은 원맥에 비해 단백질, 지질, 회분, 불용성 식이섬유 함량이 감소하였으나 수용성 식이섬유, β-glucan의 함량은 약간 증가하였다(Table 1). 이는 도정중 보리의 일반성분, 식이섬유 함량 및 β-glucan 함량 변화를 조사한 이⁽¹⁰⁾의 결과와 유사하였다.

입도 분포

분쇄는 압축, 전단, 충격, 마찰, 비틀림등의 물리적

Table 1. Chemical composition of whole barley, pearled barley and pearlings¹⁾

Constituents ²⁾	Whole barley	Pearled barley	Pearlings
Moisture	8.7	8.6	15.8
Protein	12.8	10.8	17.3
Fat	2.2	0.6	6.7
Ash	1.8	0.8	4.8
SDF ³⁾	4.8	5.6	6.4
IDF ⁴⁾	11.1	4.2	35.3
TDF ⁵⁾	15.9	9.8	41.7
β-Glucan	5.4	5.5	3.4

¹⁾Values are means of duplicate determinations

²⁾% on a dry basis

³⁾Soluble dietary fiber

⁴⁾Insoluble dietary fiber

⁵⁾Total dietary fiber

Table 2. Particle size distribution (%)¹⁾ of pearled barley flours prepared by different mills

Mills	mesh size						
	+40	+60	+100	+140	+200	+325	-325
Fitz	12.5	29.7	10.6	5.0	3.3	19.8	17.3
Pin	0.4	1.1	7.8	9.1	6.1	41.6	30.6
Cyclotec	0.7	7.4	11.8	8.2	5.9	39.3	23.9
Ball	23.2	17.2	5.4	3.9	2.4	11.4	35.4
Roller	-	0.5	26.6	14.7	6.8	25.4	23.5
Jet	-	-	0.6	1.4	17.0	28.3	49.9

¹⁾30 min sieving by a Ro-Tap sieve shaker

힘에 의해 여러가지 작용의 조합으로 이루어 지게되는데 분쇄된 분체는 여러가지 크기의 입자로 구성되어 있어 분쇄된 곡물의 입자크기는 입도 분포로서 표시하며 제분기의 종류 및 제분 방법에 따라 입자 크기가 서로 달라지게 된다. 표준체를 사용하여 측정할 결과 정맥 보리가루의 입자분포는 Table 2와 같이 제분기의 종류에 따라 차이를 나타냈다. Jet mill에 의해 분쇄된 보리가루의 입자 크기가 가장 작았으며 그 다음으로 Pin mill과 Cyclotec sample mill의 입자 크기가 작았고 Fitz mill과 Ball mill에 의한 보리가루의 입자 크기가 가장 큰 것으로 나타났다.

입도 분포는 측정방법들에 따라 서로 차이를 나타낼 수 있는데 오래전부터 곡물의 입도 분포를 측정하는데 사용되어져 온 표준체법은 간편하고 단시간에 측정할 수 있는 장점이 있으나 입자의 크기와 형태에 영향을 받아 입자가 뭉치거나 구멍을 막아서 체를 통과하지 못할 경우가 발생하며 따라서 체질에 의한 측정방법은 입자 크기에 있어 실제보다 크게 나타날 수 있는 단점이 있다. 특히 Jet mill은 초미세 분쇄에 사용되는데¹¹⁾ Jet mill에 의해 초미세 분쇄된 보리가루는 체를 잘 통과하지 못하고 체위에서 뭉치려는 성질이 있어 다른 보리가루에 비해 다소 체질 시간을 연장시켜야만 하였다. 체를 통과하는 가루의 양은 시간과 관계할 뿐만 아니라 수분함량, 지질성분의 존재 여부, 입도 분포, 입자표면의 거친 정도에 영향을 받는다고 보고¹²⁾된 바 있다. Pin mill과 Cyclotec mill의 경우 보리 입자의 60% 이상이 200 mesh 체를 통과하여 입자 크기가 75 μm 보다 작았으며, 작은 입자들은 표면적이 크기 때문에 보리가루의 수분 흡수와 그밖의 다른 기능적 특성에 영향을 미칠 것으로 생각되었다.

색도

Color and color difference meter로 색도를 측정할 결과 정맥 가루는 원맥 가루에 비해 L값이 높아 밝게 나

Table 3. Color¹⁾ of whole and pearled barley flours, and pearlings

	Whole barley flour ²⁾	Pearled barley flour ¹⁾	Pearling ²⁾
L	83.7	90.0	69.0
a	1.11	0.61	2.53
b	10.2	7.29	14.7
ΔE	10.9	6.56	24.5

¹⁾L:100=white, 0=black; a: +=red, -=green; b: +=yellow, -=blue. Means of 5 replications

²⁾Ground by Cyclotec sample mill

Table 4. Color and damaged starch (%) of pearled barley flours prepared with different grinding mills¹⁾

Mills	Color value			Damaged starch (%)
	L	a	b	
Fitz	88.7	0.92	7.63	3.5 ^c
Pin	90.4	1.24	6.64	4.9 ^b
Cyclotec	89.2	1.00	6.57	5.3 ^b
Roller	90.1	0.75	7.03	5.5 ^b
Ball	90.6	0.54	6.40	3.8 ^c
Jet	91.8	0.65	5.50	15.1 ^a

¹⁾Means of 5 replications; Mean values with the same letter in a column were not significantly different ($P < 0.05$)

타났으며 도정에 의해 생성된 강층(과피 및 호분층)의 L값이 낮게 나타났는데(Table 3) 이는 원맥의 강층에 melanin 계통의 색소가 포함되어 있기 때문이다. 원맥 가루는 약간의 적색소(+a value)와 황색소(+b value)를 포함하였으며 도정 후에는 이들 적황색을 나타내는 색소들이 제거되어 정맥가루에서는 a와 b값이 낮아졌다. 이는 보통 보리종실의 강층에는 적황색을 나타내는 carotenoids, xanthophylls, anthocyanins와 같은 색소들이 존재하는 것으로 알려져 있기 때문이다. 제분기의 종류별로 만들어진 보리가루들의 색도는 입자가 작은 보리가루일수록 색상이 밝게 나타나는 경향을 보여(Table 4) 입자 크기와 밀접한 관계를 나타내 주었다. 쌀가루의 색도 역시 쌀가루의 입자가 미세하여 집에 따라 색의 밝기를 나타내는 L값은 증가하고 a와 b값은 감소하여 쌀가루의 입도와 밀접한 관계가 있다고 보고¹³⁾된 바 있다.

손상 전분

정맥을 제분기의 종류별로 제분하여 제조한 보리가루의 전분 손상도는 Table 4에 나타나 있으며 보리가루의 입자 크기가 작을수록 전분 손상도가 높은 경향을 나타냈다. Jet mill에 의해 초미세 분쇄된 보리가루는 전분 손상도가 15.1%로 가장 높아 다른 제분기에 의한 보리가루와 기능적 특성면에서 큰 차이가 있을

것이라 판단되었다. 쌀의 제분시에도 아주 미세하게 분쇄된 가루는 전분 손상도가 높아 가공특성에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다^(14,15). Roller mill에 의해 제분된 보리가루의 손상전분 양은 5.5%로 Roller mill에서 보다 입자 크기가 작은 것으로 나타난 Cyclotec mill과 Pin mill에 의한 손상 전분보다 약간 높았는데 이는 Roller mill에 의해 제분시 보리가 가지고 있는 전분질 이외의 다른 섬유성 물질들이 bran 분획의 부산물에 포함되어 제거되었기 때문에 손상된 전분의 양이 다른 mill에 비해 상대적으로 늘어났기 때문인 것으로 판단되었다. Cyclotec mill과 Pin mill에 의해 제조된 보리가루는 손상 전분의 양이 5.3%와 4.9%로 중간정도였으며 입자 크기가 큰 Fitz mill에서 가장 낮게 나타났다. Ball mill에 의해 제분한 경우 전분 손상도가 3.8%로 비교적 낮게 나타났는데 이는 수분 첨가에 따른 효과에 다소 기인하는 것으로 여겨졌으며 쌀제분시 습식제분이 건식제분에 비해 낮은 전분 손상도 값을 보여준 결과⁽¹⁶⁾와 유사하였다.

전분 입자들은 제분과정 중 기계적 손상을 받게 되고⁽¹⁶⁾ 손상을 받은 전분들은 손상을 받지 않은 전분들과는 여러 가지 면에서 다른 특성을 가지며⁽¹⁷⁾ 밀가루의 경우에는 물 흡수력, 탄산가스 발생력, 반죽성, 빵의 체적, 색깔 및 조직 등이 손상 전분의 양에 의해 영향을 받게 된다^(18,20). 보리의 경우에도 전분 손상도는 제분기의 형태에 의해 달리 영향을 받기 때문에 가공 용도에 따라 적절한 제분방법을 모색해야 할 필요가 있는 것으로 생각되었다.

표면구조

SEM에 의한 보리가루의 표면구조는 Fig. 1과 같으며 전분입자, 단백질, 세포벽 물질 등으로 구성된 가루 입자의 형태 및 크기를 관찰할 수 있었다. 보리가루의 matrix는 주름진 세포벽 물질들과 크고 작은 전분 입자들로 구성되어 입자들이 서로 밀집되어 있는 것으로 관찰되었다. 보리 전분은 밀 전분과 마찬가지로 크기가 큰 렌즈모양의 전분 입자와 작은 구형의 전분 입자로 구성되어 크기에 있어 직경이 10-20 μm로 큰 입자(약 90%의 중량비)와 5 μm이하의 작은 입자(약 10%의 중량비)를 포함하는데⁽²¹⁾ 본 시험에서도 전분의 입자 크기에 있어 유사하게 관찰되었다.

수분흡수지수, 수분용해도지수 및 보수력

보리가루는 전분 손상도가 높을수록 흡수되는 수분의 양이 증가하여 전분 손상도가 가장 높은 Jet mill에서 수분흡수지수가 가장 높았다. 보리가루의 수분흡

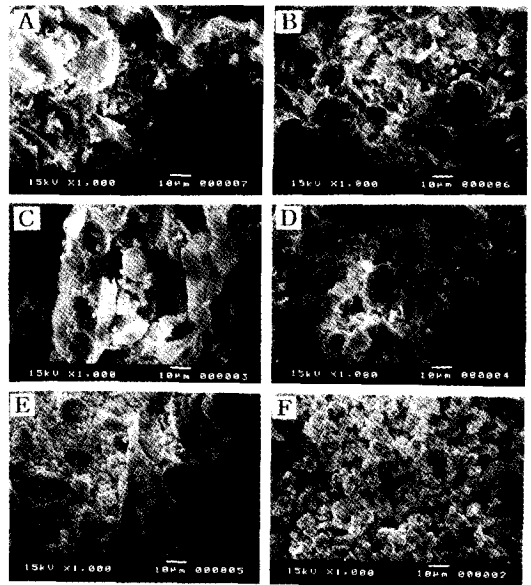


Fig. 1. Scanning electron micrographs of pearled barley flours A, Fitz; B, Pin; C, Cyclotec; D, Roller; E, Ball; F, Jet

수지수는 Roller mill에 의해 제분한 보리가루에서 가장 낮았는데 이는 Roller mill에 의해 제조된 보리가루가 다른 mill에서와 달리 부산물로서 섬유소 물질들 특히 β-glucan이 30% 정도 제거되어 β-glucan 함량이 줄어들었기 때문인 것으로 판단되었다. 손상 전분과 아울러 보리의 비전분 다당류 물질인 β-glucan이 수분 보유력을 높여주는 것⁽²²⁾으로 조사된 바 있다. 수분용해도지수는 Ball mill과 Fitz mill에서 낮았으며 Jet mill에서 가장 높아 전분 손상도가 높아짐에 따라 높아지는 경향을 나타냈다. Jet mill은 수분흡수지수가 가장 높았을 뿐만 아니라 수분용해도지수 역시 높아 손상된 전분의 영향을 직접적으로 받았다.

제분기의 종류에 따른 보리가루의 보수력을 측정한 결과는 Table 5에 나타나 있다. 증류수 및 알칼리의 두 가지 조건하에서 측정된 보수력은 서로 비슷한 경향이었으며 알칼리조건이 증류수에서보다 약간 높게 나타났다. 두가지 조건 모두 입자 크기가 작거나 전분 손상도가 높은 보리가루에서 보수력이 높게 나타났다.

보리가루의 호화 특성

제분기의 종류별로 제조된 보리가루의 호화 특성을 Amylograph를 사용하여 측정된 결과는 Table 6과 같다. 제분기의 종류별로 제조된 6가지 보리가루의 호화 개시온도는 60-68°C 범위로 8°C의 차이를 나타내었

Table 5. Water absorption index (WAI), water solubility index (WSI) and water retention capacity (WRC) of pearled barley flours¹⁾

Mills	WAI	WSI	WRC	
			Alkaline	Distilled
Fitz	202.2 ^a	5.32 ^d	199.5 ^c	182.4 ^{de}
Pin	209.3 ^b	6.42 ^b	220.3 ^b	203.3 ^b
Cyclotec	204.1 ^a	6.09 ^c	205.6 ^{bc}	193.3 ^{bc}
Roller	191.5 ^d	5.33 ^d	187.5 ^c	174.0 ^f
Ball	211.7 ^b	4.92 ^c	196.3 ^c	189.1 ^{cd}
Jet	274.4 ^a	10.13 ^a	309.8 ^a	269.2 ^a

¹⁾Means of 3 replications; Mean values with the same letter in a column were not significantly different (P<0.05)

Table 6. Amylograph data on pearled barley flours (10%) prepared with different grinding mills

Mills	Gelatinization		Viscosity (BU)	
	temp. (°C)	96°C	20-min hold	Cool to 50°C
Fitz	68	108	308	525
Pin	61	288	473	765
Cyclotec	61	270	433	735
Roller	65	183	398	595
Ball	65	170	450	685
Jet	60	223	353	580

다. Fitz mill의 경우 호화개시온도가 68°C로 가장 높았고 Ball mill과 Roller mill은 65°C, Pin mill과 Cyclotec mill은 61°C, 그리고 Jet mill은 60°C로 낮아져 미세하게 분쇄되어 입자가 작고 손상된 전분의 양이 많은 보리가루는 일찍 호화가 시작되고 거칠게 분쇄된 보리가루는 호화가 늦게 개시되는 경향을 보여주었다. 이는 쌀가루의 입자가 미세하여짐에 따라 전분의 팽윤이 쉽게 일어나서 호화개시온도가 낮아지게 된다는 결과^(13,14)와 유사하였다.

거칠게 제분된 보리가루(Fitz mill)는 미세하게 제분된 보리가루(Pin mill, Cyclotec mill)에 비해 높은 온도에서 호화가 개시되었을 뿐만 아니라 호화과정 중에 점도가 낮았고 50°C로 냉각한 후에도 낮은 점도를 나타냈다. 한편 아주 미세하게 분쇄된 Jet mill의 경우 호화가 빨리 진행될 반면 점도의 상승은 그다지 크지 않아 지나친 전분의 손상은 점도를 떨어뜨리는 것으로 생각되었다. Roller mill에 의한 보리가루는 입자크기로부터 예상되는 점도보다 수치가 낮았는데 이는 β -glucan 섬유소의 함량이 다른 보리가루에 비해 낮아 수용성 섬유소에 의한 점도상승 효과가 감소하였기 때문인 것으로 판단되었다. 또한 Ball mill에 의한 보리가루는 입자 크기가 상대적으로 크지만 수분 첨가

에 의한 효과에 의해 점도가 다소 높아진 것으로 생각되었다.

요 약

쌀보리를 정맥기를 사용하여 도정한 정맥에 대해 제분기의 종류를 달리하여 제분한 결과 보리가루는 입도 분포에서 차이를 나타내 Jet mill로 제분한 보리가루의 입자 크기가 가장 작았으며 그 다음으로 Pin mill과 Cyclotec sample mill에 의한 입자 크기가 작았고 Ball mill과 Fitz mill에 의한 보리가루가 가장 큰 것으로 나타났다. 보리가루는 입자크기가 작을수록 색이 밝고 전분 손상도가 높은 경향을 나타냈다. 보리가루의 표면구조는 크고 작은 전분 입자, 주름진 세포벽 물질 등으로 관찰되었으며 가루 입자의 형태 및 크기가 제분기의 종류에 따라 다소 차이를 나타냈다. 보리가루는 손상된 전분의 양이 많을수록 높은 수분흡수지수 및 보수력을 나타냈으며 수분용해도지수 역시 증가하는 경향을 보여주었다. 보리가루의 호화 특성을 측정된 결과 보리가루의 점도는 입자가 크게 분쇄된 Fitz mill에 의한 보리가루에서 가장 낮았으며 Pin mill과 Cyclotec mill에서 높게 나타났다. 아주 미세하게 분쇄된 Jet mill은 호화가 빨리 진행될 반면 점도의 상승은 크지 않아 지나친 전분의 손상은 점도를 떨어뜨리는 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 1994년도 농림수산부에서 시행한 농림수산특정연구사업에 의하여 수행된 연구결과 중의 일부이며 연구비 지원에 감사를 드립니다.

문 헌

1. Newman, R.K., Lewis, S.E., Newman, C.W., Boik, R.J. and Ramage, R.I.: Hypocholesterolemic effects of barley foods on healthy men. *Nutr. Rep. Int.*, **34**, 749 (1989)
2. Newman, R.K., Newman, C.W. and Graham, H.: The hypocholesterolemic function of barley beta-glucans. *Cereal Foods World*, **34**, 883 (1989)
3. 최홍식: 식품으로서의 보리의 가공특성 및 이용. *식품과학*, **12**, 51 (1979)
4. American Association of Cereal Chemists: *Approved Methods of the AACCC*. The Association, St. Paul, Minnesota (1983)
5. AOAC: *Official Methods of Analysis*. 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC (1984)
6. Prosky, L., Asp, N., Schweizer, T.F., Devries, J. and

- Furda, I.: Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products: Interlaboratory study. *J Assoc. Off. Anal. Chem.*, **71**, 1017 (1988)
7. McCleary, B.V and Glennie-Holmes, M: Enzymatic quantification of (1→3), (1→4)- β -D-glucan in barley and malt. *J. Inst. Brew.*, **91**, 285 (1985)
 8. Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F. and Griffin, E.L: Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Foods World*, **29**, 732 (1969)
 9. Yamazaki, W. T.: An alkaline water retention capacity test for the evaluation of cookie baking potentialities of soft winter wheat flours. *Cereal Chem.*, **30**, 242 (1953)
 10. 이원종 : 도정 및 가열조리중 보리의 식이섬유 함량변화. *한국식품과학회지*, **24**, 180 (1992)
 11. 박동준, 구경형, 목철균 : 초미세분쇄/공기분급을 이용한 탈지미강 분획의 특성과 응용. *한국식품과학회지*, **25**, 769 (1993)
 12. Neel, D.V. and Hoseney, R.C: Sieving characteristics of soft and hard wheat flours. *Cereal Chem.*, **61**, 259 (1984)
 13. 박용곤, 석호문, 남영중, 신동화 : 제분방법별 쌀가루의 이화학적 특성. *한국식품과학회지*, **20**, 504 (1988)
 14. Nishita, K.D. and Bean, M.M.: Grinding methods: Their impact on rice flour properties. *Cereal Chem.*, **59**, 46 (1982)
 15. 금준석, 이상효, 이현유, 김길환, 김영인 : 제분방법이 쌀가루 및 제품의 특성에 미치는 영향. *한국식품과학회지*, **25**, 546 (1993)
 16. Pulkki, L.H.: Particle size in relation to flour characteristics and starch cells of wheat. *Cereal Chem.*, **15**, 749 (1938)
 17. Sandstedt, R.M. and Mettern, P.J.: Damaged Starch: Quantitative determination in flour. *Cereal Chem.*, **37**, 379 (1960)
 18. Greer, E.N. and Stewart, B.A.: The water absorption of wheat flour: Relative effects of protein and starch. *J. Sci. Food Agric.*, **10**, 248 (1959)
 19. Sandstedt, R.M., Jolitz, C.E. and Blish, M.J.: Starch in relation to some baking properties as flour. *Cereal Chem.*, **16**, 780 (1939)
 20. McPermott, E.E.: The rapid non-enzymic determination of damaged starch in flour. *J. Sci. Food Agric.*, **31**, 405 (1980)
 21. Bhatti, R.S.: Effect on grain composition, β -glucan, and the starch. *Cereal Chem.*, **65**, 463 (1988)
 22. Bhatti, R.S.: Physicochemical and functional (breadmaking) properties of hull-less barley fractions. *Cereal Chem.*, **63**, 31 (1986)

(1996년 7월 8일 접수)