

## 건식 보리 제분공정에 관한 연구

목철균 · 이상호 · 이현유 · 남영중

농어촌개발공사 종합식품연구원  
(1985년 2월 14일 수리)

### Dry Milling Process of Barley Kernels

Chul-Kyoon Mok, Sang-Hyo Lee, Hyun-Yu Lee and Young-Jung Nam

Food Research Institute/AFDC, Banwol, Kyongki-do, 170-31, Korea

#### Abstract

The milling characteristics of barley of various moisture content were investigated using Brabender Grain Hardness Tester (GHT) to set up the optimum conditions of dry milling process.

The optimum GHT clearance were 1/0-1/10 for -10+12 mesh particles, 0/5-0/15 for -12+18 mesh, and 0/-15 for -18 mesh. The grain hardness of barley kernel increased with moisture content and the grindability, on the other hand, decreased. The consumed electric energy in milling increased with moisture content and showed the maximum value at the moisture content of 14.04%. The optimum conditions of dry milling of barley were 0/5 GHT clearance and 12.80% moisture content and the consumed electric energy was 92.41Kwh for the production of 1,000kg of -18 mesh particles.

#### 서 론

증산의 가능성이 풍부한 식량자원으로 인정되고 있는 보리는 국민생활수준의 향상 및 식습관의 서구화경향에 따라 지금까지의 입식형태소비를 기피함으로써 보리의 생산과 소비의 균형이 이루어지지 않아 주곡의 자급자족에 문제점을 야기시키고 있다. 따라서 粒狀보리의 소비형태를 탈피하여 다양한 보리가공식품의 개발보급에 의한 새로운 수요창출이 요구되고 있는 실정이다.

보리분말을 이용한 제품에 관한 연구는 주로 밀-보리 복합분애<sup>1,2)</sup> 대하여 이루어져 왔으며

이를 이용한 빵<sup>3,4,5,11)</sup>, 국수<sup>6)</sup>, 라면<sup>7)</sup>, 등의 가공특성에 관한 연구도 수행된 바 있다. 보리의 단독 및 밀과의 혼합제분방법에 관한 연구도 수행되었으나 밀과 보리의 물성차이에 의하여 10%이상의 보리혼합은 불가능하다고 보고하였다<sup>2,8,9,10)</sup>

본 연구에서는 Burr type의 제분기를 이용하여 보리의 건식제분공정을 확립하여 보리분말을 이용한 제품수요를 넓히고자 하였다.

#### 실험재료 및 방법

##### 1. 실험재료

정부방출 보리쌀을 시중에서 구입하여 건조 또

는 加水 및 tempering에 의하여 수분함량을 조절  
할 후 공시하였다.

가. 보리의 수분함량 조절 : 공시한 보리의 수분  
함량 조절은 아래 그림의 공정에 의하여 수분함량  
을 6~16%로 조절하였다.

2. 실험방법

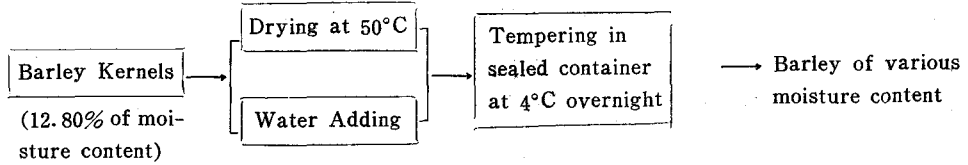


Fig. 1. Pre-condition of barley for milling test.

나. 보리제분 : 보리제분은 Farinograph에 부착  
할 수 있는 Grain Hardness Tester (Brabender  
Co. Duisberg, West Germany)를 사용하여 행하  
였으며 Grain Hardness Tester의 간극조절은 그  
림 2의 제분기 원통의 눈금과 아들자(副尺) 눈금  
의 조합으로 행하였다. 제분기 원통의 1회전(20  
scale)은 아들자의 1눈금에 해당하며 최소 clear-  
ance는 아들자/원통의 위치가 0/-19인 경우였다.  
원통내의 augur의 회전속도는 31.5rpm으로 고정  
하여 실험하였다.

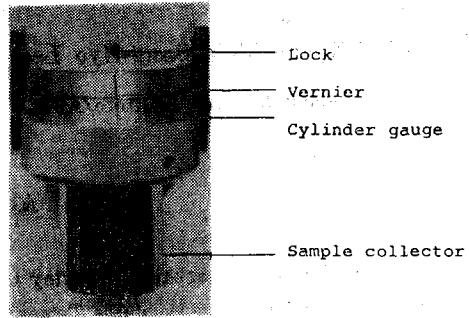


Fig. 2. Structure of the clearance setting system of the Grain Hardness Tester.

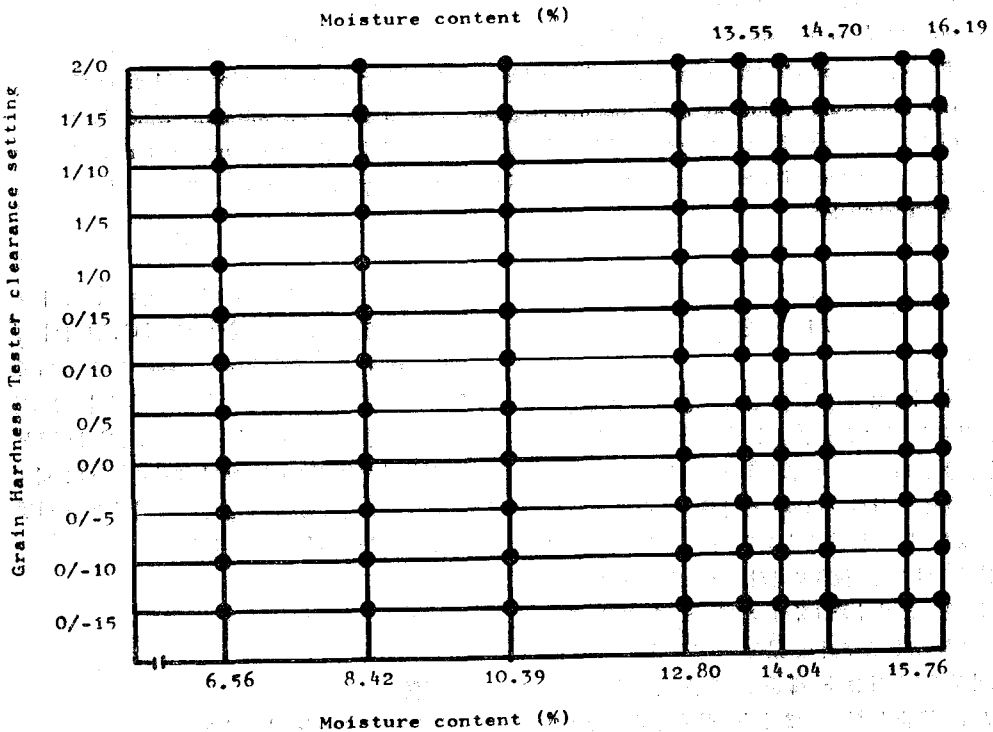


Fig. 3. Conditions of the dry milling of barley kernels.

다. 실험조건 : 본 실험에 사용한 보리의 수분 함량 및 Grain Hardness Tester의 눈금은 그림 3과 같았으며 1회 제분량은 30g으로하여 Kymograph의 높이와 면적으로부터 곡립경도와 소요에너지를 각각 구하였다.

**결과 및 고찰**

수분함량에 따른 보리의 제분시 Grain Hardness Tester의 간극조절에 따라 제분된 보리의 입도분포는 표 1~10과 같다. 즉 Grain Hardness Tester (GHT)의 간극이 클수록 +10mesh의 입도분포가

**Table 1.** The fraction of various particle size produced by dry milling of the barley kernels of 6.56% moisture content at various clearance

GHT clearance setting	Fraction(%)			
	+10 mesh	-10+12 mesh	-12+18 mesh	-18 mesh
0/-15	0	0	3.08	96.92
0/-10	0	0.35	7.87	91.78
0/-5	0	0.57	12.50	86.93
0/0	0	1.05	23.55	75.40
0/5	0	9.53	35.05	55.42
0/10	0	20.10	36.63	43.27
0/15	0	29.53	37.25	33.22
1/0	0	45.03	30.86	24.11
1/5	1.02	62.95	20.00	16.03
1/10	6.56	69.35	13.57	10.51
1/15	23.25	62.92	7.13	6.70
2/0	46.02	47.42	3.45	3.11

**Table 2.** The fraction of various particle size produced by dry milling of the barley kernels of 8.12% moisture content at various clearance

GHT clearance setting	Fraction(%)			
	+10 mesh	-10+12 mesh	-12+18 mesh	-18 mesh
0/-15	0	0.02	4.02	95.96
0/-10	0	0.37	8.72	90.91
0/-5	0	0.80	14.92	84.28
0/0	0	1.55	27.23	71.22
0/5	0	8.73	34.38	56.89
0/10	0	14.45	34.73	40.82
0/15	0	35.67	32.33	32.00
1/0	0.15	44.45	31.58	23.82
1/5	2.15	59.92	21.08	16.85
1/10	11.22	62.50	12.70	13.58
1/15	28.87	57.03	7.27	6.83
2/0	53.05	42.05	2.55	2.35

**Table 3.** The fraction of various particle size produced by dry milling of the barley kernels of 10.38% moisture content at various clearance

GHT clearance setting	Fraction(%)			
	+10 mesh	-10+12 mesh	-12+18 mesh	-18 mesh
0/-15	0	0.43	6.33	93.24
0/-10	0	1.02	13.60	85.38
0/-5	0	1.87	20.30	77.83
0/0	0	3.37	31.17	65.46
0/5	0	13.90	32.00	54.10
0/10	0	28.52	33.38	38.10
0/15	0.08	37.62	31.45	31.15
1/0	0.30	52.18	26.52	21.00
1/5	2.52	68.77	15.08	13.63
1/10	13.12	68.40	9.77	8.71
1/15	29.68	59.08	5.93	5.31
2/0	55.40	39.93	2.37	2.30

**Table 4.** The fraction of various particle size produced by dry milling of the barley kernels of 12.80% moisture content at various clearance

GHT clearance setting	Fraction(%)			
	+10 mesh	-10+12 mesh	-12+18 mesh	-18 mesh
0/-15	0	0.30	7.88	91.82
0/-10	0	1.30	14.91	83.79
0/-5	0	2.23	19.24	78.53
0/0	0	8.55	30.68	60.77
0/5	0	22.22	37.47	40.31
0/10	0	31.40	33.70	34.90
0/15	0.35	41.45	30.15	27.75
1/0	1.90	54.12	24.43	19.55
1/5	6.73	66.98	13.48	12.47
1/10	16.73	64.15	10.07	9.05
1/15	33.38	55.18	5.83	5.60
2/0	64.75	30.48	2.07	2.70

증가하며 -18mesh의 입도분포는 감소하였다. -12+18mesh의 입도분포는 0/5~0/15의 간극에서 최대치를 보이며 정규분포곡선과 비슷한 경향으로 간극이 넓어질수록 증가후에 감소하였다. -10+12mesh의 입도분포는 1/0~1/10의 간극에서 최대치를 나타내었다.

한편 GHT 간극별 수분함량에 따른 입도변화는

+10mesh의 경우 수분함량이 증가할수록 증가하는 양상을 나타낸바 이는 수분함량이 증가할수록 물분자와 보리내 전분 및 단백질이 결합하여 분자간 인력이 증가하고 이 결합에너지에 의해 파쇄성이 감소하는 것으로 사료된다<sup>12,13,14</sup>.

또한 -10+12mesh의 입도분포는 GHT 간극 1/5~1/10에서 최대값을 나타내었고 0/-15부터 1/10

**Table 5.** The fraction of various particle size produced by dry milling of the barley kernels of 13.55% moisture content at various clearance

GHT clearance setting	Fraction(%)			
	+10 mesh	-10+12 mesh	-12+18 mesh	-18 mesh
0/-15	0	2.83	9.37	87.80
0/-10	0	3.80	13.38	82.65
0/-5	0	4.92	20.33	74.74
0/0	0	6.65	31.08	62.27
0/5	0	20.55	34.83	43.62
0/10	0.22	32.62	31.88	35.28
0/15	0.62	41.62	28.77	29.00
1/0	2.43	56.48	21.63	19.45
1/5	8.90	63.30	13.97	13.32
1/10	21.23	60.95	8.57	9.25
1/15	42.08	45.73	5.82	6.37
2/0	61.98	31.93	2.57	3.52

**Table 6.** The fraction of various particle size produced by dry milling of the barley kernels of 14.04% moisture content at various clearance

GHT clearance setting	Fraction(%)			
	+10 mesh	-10+12 mesh	-12+18 mesh	-18 mesh
0/-15	0	0.20	12.08	84.68
0/-10	0	3.77	18.73	77.50
0/-5	0	9.15	21.47	69.38
0/0	0	15.77	29.13	55.10
0/5	0.17	27.63	30.85	41.35
0/10	0.52	42.47	24.82	32.20
0/15	0.95	48.00	24.87	26.18
1/0	3.88	57.53	19.13	19.45
1/5	12.02	61.48	13.72	12.78
1/10	27.13	55.08	9.17	8.45
1/15	46.90	42.23	5.40	5.47
2/0	67.47	26.87	2.33	3.33

까지는 수분함량이 증가함에 따라 생산율이 증가하였으나 1/5이상에서는 수분함량에 따라 감소하는 경향이였다. -12+18mesh는 GHT간극 0/-15부터 0/0까지는 수분함량이 증가할수록 증가하는 경향이였으나 0/5~1/10까지는 감소하였으며 1/15 이상에서는 수분함량에 따른 변화가 거의 없었다. -18mesh는 GHT간극 0/-15에서 최대값을 나

타내었으며 수분함량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내어 수분함량이 적을수록 파쇄성이 증가함을 알 수 있다. 따라서 보리분말을 제조할 때는 수분함량을 낮추는 것이 바람직할 것으로 사료되나 제분시 발생하는 소음, 진동, 분진등을 고려하여 적정조건을 선택하여야 한다. 한편 보리의 곡립경도는 표 4와 같이 수분함량이 증가함에 따라

**Table 7.** The fraction of various particle size produced by dry milling of the barley kernels of 14.70% moisture content at various clearance

GHT clearance setting	Fraction(%)			
	+10 mesh	-10+12 mesh	-12+18 mesh	-18 mesh
0/-15	0	2.63	11.83	85.53
0/-10	0	9.05	11.68	73.27
0/-5	0		22.33	67.82
0/0	0	15.32	29.12	55.57
0/5	0.48	28.85	29.73	40.93
0/10	0.78	40.47	26.65	32.10
0/15	2.32	48.37	24.43	24.88
1/0	5.22	58.12	17.72	18.95
1/5	16.75	58.87	12.27	12.12
1/10	28.33	54.10	8.80	8.77
1/15	45.20	43.33	5.45	6.02
2/0	67.43	26.68	2.67	3.22

**Table 8.** The fraction of various particle size produced by dry milling of the barley kernels of 15.76% moisture content at various clearance

GHT clearance setting	Fraction(%)			
	+10 mesh	-10+12 mesh	-12+18 mesh	-18 mesh
0/-15	0	4.38	12.27	83.35
0/-10	0	7.08	19.33	73.58
0/-5	0.07	9.82	25.47	64.82
0/0	0.15	15.53	30.42	53.87
0/5	0.31	28.89	28.92	41.88
0/10	0.92	37.85	27.93	33.42
0/15	1.03	46.77	24.28	27.92
1/0	5.25	54.17	20.40	20.18
1/5	13.32	58.90	13.25	14.53
1/10	29.03	51.18	9.07	9.72
1/15	45.12	42.07	5.98	6.83
2/0	65.50	27.83	2.97	3.73

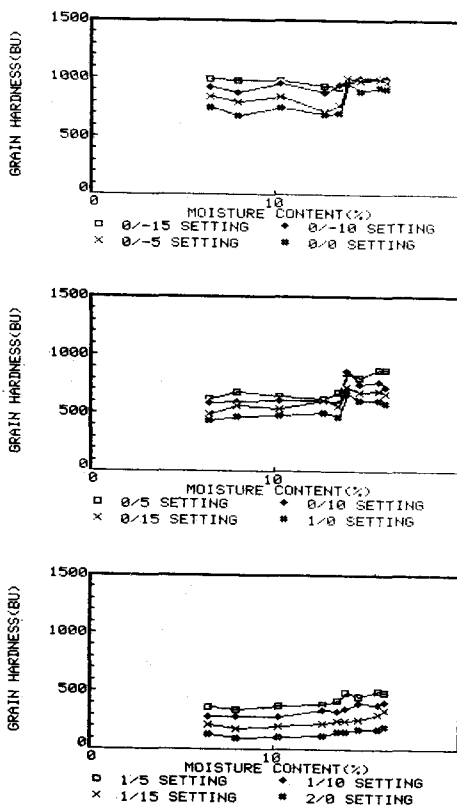
큰 값을 나타내었으며 특히 수분함량 13.55%와 14.04%사이에서 급격한 증가양상을 보였으며 GHT간극이 넓어짐에 따라 그값이 작았다.

또한 Kymograph의 면적으로부터 구하여 1,000 kg의 보리에 대해 환산한 1,000kg 보리의 소요에너지는 Fig. 5와 같이 수분함량에 따라 증가하는 경향을 보이며 수분함량 14.04%에

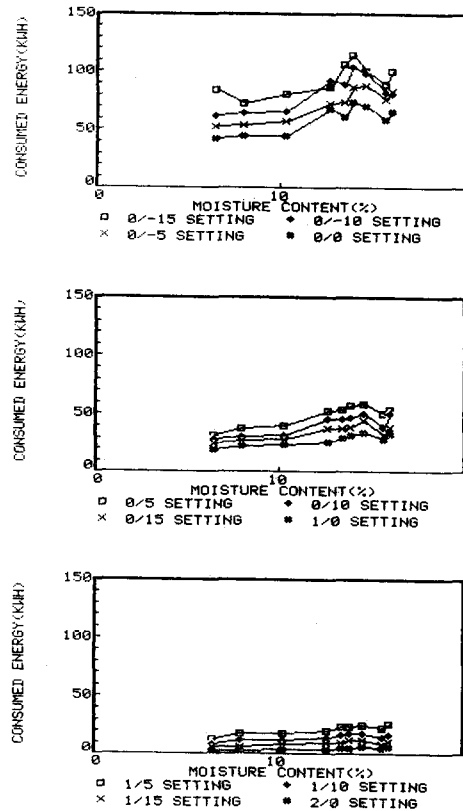
서 최대치를 나타내며 이후 감소하였다. 그러나 보리의 수분함량을 낮추기 위해서는 건조공정의 도입이 필요하며 이에 소요되는 에너지를 감안하여 산출한 총소요에너지는 표 10과 같다. 이때 건조소요에너지는 건조기에 적산전력계를 부착하여 50°C에서의 건조에 소요되는 전기에너지를 측정하였고 이를 1,000kg당위로 환산하였다.

**Table 9.** The fraction of various particle size produced by dry milling of the barley kernels of 16.19% moisture content at various clearance

GHT clearance setting	Fraction(%)			
	+10 mesh	-10+12 mesh	-12+18 mesh	-18 mesh
0/-15	0	7.00	11.70	81.30
0/-10	0	9.93	18.98	71.08
0/-5	0	12.88	22.35	64.77
0/0	0.38	20.07	30.27	49.28
0/5	1.12	33.15	27.58	38.15
0/10	1.77	45.68	23.98	28.57
0/15	3.73	50.98	21.05	24.23
1/0	10.18	56.00	16.63	17.18
1/5	20.58	55.02	12.38	12.02
1/10	39.28	43.87	7.85	8.95
1/15	51.94	36.06	5.44	6.56
2/0	69.50	24.22	2.67	3.62



**Fig. 4.** Grain hardness of barley kernels in various dry milling conditions.



**Fig. 5.** Consumed electric energy for the dry milling of 1,000kg barley with various moisture content.

**Table 10.** Consumed energy for the dry milling of 1,000kg barley including drying for the lowering of moisture content

GHT clearance setting	(Kwh)								
	Moisture content(%)								
	6.56	8.12	10.38	12.80	13.55	14.04	14.70	15.76	16.19
0/-15	1122.35	399.90	230.23	87.14	106.33	114.93	100.53	88.61	100.07
0/-10	1100.57	391.64	214.72	92.39	88.70	103.61	98.54	82.50	80.97
0/-5	1090.41	380.60	205.09	72.57	73.98	87.08	88.07	76.01	82.93
0/0	1080.67	371.20	193.56	68.39	61.42	73.33	70.71	58.81	65.54
0/5	1070.25	364.60	186.74	52.68	54.39	57.69	59.11	50.73	54.45
0/10	1066.41	357.18	181.52	46.02	45.37	46.60	50.75	38.38	51.13
0/15	1062.43	354.71	177.22	37.70	38.14	38.94	44.69	32.26	38.73
1/0	1057.16	349.90	173.32	26.54	29.28	31.85	34.62	28.07	33.32
1/5	1051.84	344.59	167.56	20.42	24.29	23.33	24.97	22.99	26.24
1/10	1047.06	339.61	161.67	14.94	16.49	17.53	18.02	14.21	17.43
1/15	1043.83	335.87	157.86	9.66	10.30	11.73	12.16	9.16	11.42
2/0	1041.24	330.11	153.25	3.87	4.95	5.59	6.15	5.39	6.02

**Table 11.** Consumed energy for the production of 1,000kg of -18mesh barley powder from the barley of 12.80 and 13.55% moisture content

GHT clearance setting	(Kwh)	
	Moisture content(%)	
	12.80	13.55
0/-15	94.90	121.10
0/-10	110.26	107.32
0/-5	92.41	96.39
0/0	112.54	98.63
0/5	130.69	124.69
0/10	131.86	128.60
0/15	135.86	131.51
1/0	135.75	150.54
1/5	163.75	182.36
1/10	165.08	178.27
1/15	172.50	161.70
2/0	140.74	140.60

즉 건조소요에너지가 제분소요에너지에 비하여 훨씬 크기 때문에 수분함량을 낮추는다는 뚜렷한 제한이 따르므로 원료보리(수분함량 12.80%)를 그대로 제분하는 것이 바람직하다. 이는 김<sup>9)</sup>의 Bühler Tester Mill을 사용한 결과와 일치한다.

적정 GHT 간극을 결정하기 위하여 에너지소비가 그중 적은 수분함량 12.08%와 13.55%의 경우 1,000kg의 -18mesh 입자를 얻는데 소요되는 총 에너지를 산출한 값은 Table 11과 같다. 1,000kg의 -18mesh보리분말을 얻는데 소비되는



에너지량은 GHT간극 0/-5인 경우 최소치를 보여 최적 GHT간극임을 알 수 있다.

이상의 결과를 종합할때 실제 보리제분을 위한 보리의 건식제분조건은 수분함량 12.80%의 보리를 GHT간극 0/-5에서 제분하는 것이었다. 이러한 조건에서 1,000kg의 -18mesh 보리분말을 생산하는데 소요되는 에너지는 92.41kwh이었다.

### 요 약

보리의 건식제분공정을 확립키 위하여 수분함량 별 보리의 제분특성을 Brabender Grain Hardness Tester를 사용하여 조사하였다. 분말의 입자크기 별 적정 GHT간극은 -10+12mesh는 1/0~1/10, -12+18mesh는 0/5~0/15, -18mesh는 0/-15이었다. 수분함량에 따른 파쇄성은 수분함량이 감소할수록 증가하였으며 곡립경도는 반대양상을 나타내었다. 제분에 소요되는 에너지는 GHT간극이 작을수록, 수분함량이 증가할수록 큰값을 보였고 수분함량 14.04%에서 최대치를 나타내었다. 건조소요에너지를 감안할 때 보리의 최적 건식제분조건은 수분함량 12.80%에서 GHT간극 0/-5일 때였고 이때 1,000kg의 -18mesh 입자를 생산하는데 소요되는 에너지는 92.41kwh이었다.

### 참 고 문 헌

1. 김형수, 이관녕, 김성기, 이서래 : 한국식품

과학회지, 5(1) : 6(1973).

2. 최홍식, 권태완 : 한국식품과학회지, 7(2) : 96 (1975).
3. 이춘녕, 김성곤 : 한국식품과학회지, 11(2) : 99 (1979).
4. 김형수, 김용휘 : 한국식품과학회지, 5(1) : 16 (1973).
5. 김형수, 이희자 : 한국식품과학회지, 9(2) : 106(1977),
6. 김형수, 안순복 : 한국식품과학회지, 5(1) : 25 (1973).
7. 유정희, 최홍식 : 한국식품과학회지, 9(1) : 81 (1977).
8. 김희갑 : 한국식품과학회지, 10(2) : 109(1978).
9. 김희갑 : 한국식품과학회지, 6(3) : 133(1974).
10. 최홍식, H.E. 스나이더 : 한국식품과학회지, 7(2) : 85(1975).
11. 김성곤, 피 · 이 · 마스톤 : 한국식품과학회지, 10(1) : 11(1978).
12. Labuza, T.P.: Interpretation of Sorption Data in Relation to the State of Constituent water, In "Water Relations of Foods", p. 161, ed., R.B. Duckworth, Academic Press(1975).
13. Mousseri, J., Steinberg, M.P., Nelson, A.I. and Wei, L.S.: J. Food Sci., 39 : 114(1974).
14. Shanbhag, S., Steinberg, M.P. and Nelson, A.F.: J. Food Sci., 35 : 612(1970).