

고춧가루의 貯藏濕度와 吸濕速度와의 關係

全 在 根 · 徐 挺 植

서울대학교 農科大學 食品工學科
(1980년 1월 10일 수리)

The Relationship between the Storage Humidity and the Sorption Rate of Red-Pepper Powder

Jae-Kun Chun and Chung-Sik Suh

Dept. of Food Technology, College of Agriculture, Seoul Nat'l University

Abstract

The sorption characteristics of red pepper powder were analyzed in respect to its storing humidities and the types of powder product. The sorption rate of the powder was affected by the humidity values under which it was stored. At low relative humidity values below 70% RH the sorption equilibrium was easily attained, but at the higher humidity over 75% RH the equilibrium state was not reached even after a long period of storage. From the estimation of the sorption rate at arbitrary humidity an empirical equation was obtained; $\ln \frac{dw}{dt} = n \ln(t) + \ln c$, where w is moisture content(%) absorbed, t is time (hour) and n and c are empirical constants which were determined from empirical data.

Particle sizes and drying methods of red pepper showed little effect on the sorption behavior.

緒 言

乾燥食品은 그 자체의 水分含量이 낮다고 해도 이를 저장하는 저장조건에 따라서 저장성이 결정된다. 저장조건 중에서 가장 중요한 것은 온도와 상대습도라고 볼 수 있으며 저장중인 식품의 吸濕性을 나타내는 방법으로 등온흡습곡선(sorption isotherm curve)과 식품의 수분함량 및 水分活性度와의 관계를 나타내는 여러 개의 식이 이용되고 있다.^{1,2)} 그러나 이들 방정식에서는 吸濕速度의 개념이 포함되어 있지 않기 때문에 평형수분함량에 도달하는 시간을 예측할 수 없다. 특히 粉體食品과 같이 吸濕性이 큰 식품에서는 吸濕速度가 크기 때문에 저장시간에 따라서 수분함량에 큰 差異가 생기게 된다. 또한 흡습속도자체도 시간

에 따라서 변화할 것이기 때문에 저장시간에 따르는 흡습속도의 變化樣相을 밝힐 필요가 있다. 분체식품이 아닌 식품의 흡습성질을 취급한 報文으로는 건조식품의 水分擴散에 관한 것^{3,4,6)}과 穀物 및 설탕과 같은 粒相食品의 여러가지 상대습도 및 온도등에서 平衡到達時間⁵⁾과 수분함량의 변화^{7,8)}에 관한 연구등이 있다.

그러나 고춧가루와 같은 粉體乾燥식품의 吸濕速度에 관한 것은 보고되고 있지 않고, 平衡水分含量^{9,10)} 및 등온흡습곡선^{11,12)}만이 밝혀져 있을 뿐이다. 따라서 본 연구에서는 흡습성이 큰 분체식품인 고춧가루의 저장시간에 따른 吸濕速度의 變化를 관찰하고 저장조건(상대습도)과 가공조건(건조 방법 및 粒徑度)이 吸濕速度에 미치는 영향을 규명코자 하였다.

材料 및 方法

1. 試料

본 실험에 사용한 고추品種은 한국재래종인 *Capsicum annum var longum* 으로 比較的 모양과 크기가 비슷한 것을 건조하여 시료로 사용하였다. 즉 完熟고추를 日光乾燥 및 65°C 에서 全¹³⁾ 等의 方法으로 切斷 및 原形狀態에서 熱風乾燥시킨 다음 꼭지, 태좌 및 種子를 除去하고 粉碎하여 고춧가루로 만들었다. 이들 고춧가루는 -20+60 mesh, -60+100 mesh, -100+140 mesh 의 粒子크기로 구분하였고 使用前에 65°C 에서 15시간 減壓 건조하여 초기수분함량을 約 4~5%로 조절한 후에 사용하였다.

2. 저장습도 및 흡습속도의 측정

Rockland¹⁴⁾와 O'Brien¹⁵⁾의 方法에 準하여 각종 염용액으로 포화된 메시케이터내에 고춧가루 約 0.5~1g 를 담은 소형 plastic 용기(약 0.5g)를 넣고 37°C 항온기에 저장하였다. 저장중 수분함량의 변화는 천평으로 稱량하고 흡습속도는 저장시간에 따른 무게의 변화로 산출하였다.

結果 및 考察

1. 저장시간에 따른 水分含量의 變化

고춧가루 저장중 吸濕으로 인한 수분함량의 증가는 상대습도에 따라 그 樣相이 상이하였으며 그 결과는 그림 1 과 같다. 즉 낮은 상대습도에

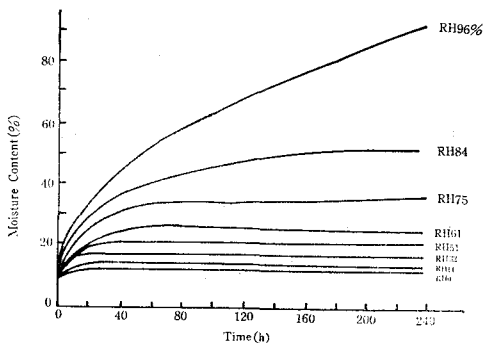


Fig. 1. Time course change in moisture contents of red pepper powder at various relative humidities.

서는 短時間內에 平衡에 도달하여 수분함량의 변화가 거의 없었으나 상대습도 75% 이상의 범위에서는 저장시간이 경과함에 따라 수분함량이 계속 증가함을 보여주었다. 이는 곧 相對濕도가 높아질수록 완전한 平衡水分含量에 도달하는 데에

많은 時間이 소요됨을 뜻한다. 실제로 고춧가루의 저장에 비교적 높은 상대습도조건하에서 오랜 시간 저장하여야 하므로 저장습도와 저장시간과의 관계를 규명할 필요가 있다.

2. 고춧가루의 등온흡습곡선

고춧가루의 흡습성질을 보기 위해서 고추의 건조방법과 고춧가루의 粒子별로 240시간 평형시킨 다음 等溫吸濕曲線을 본 결과는 그림 2 a 및 b와

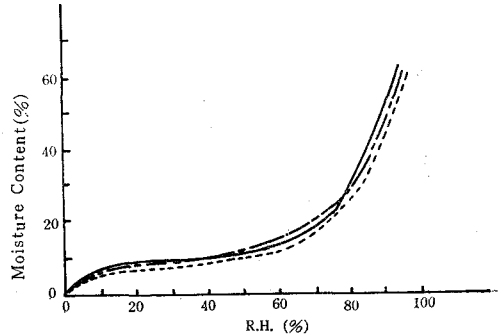


Fig. 2. a. Sorption isotherm curve of red pepper powder for different drying methods(.....; sun ---; hot air whole —; hot air, cut)

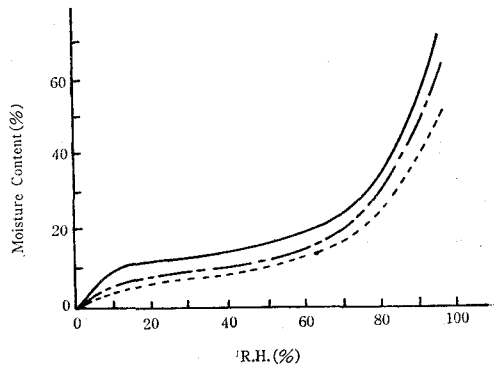


Fig. 2. b. Sorption isotherm curve of red pepper powder for different particle size(.....; -20+60mesh, ---; -60+100mesh, —; -100+140mesh)

같다. 먼저 건조방법에 따른 等溫吸濕曲線은 典型的인 Sigmoid 형태로서 건조방법상의 차이는 거의 없었다. 이는 고춧가루를 제조하기에 앞서 행하는 고추의 건조방법에 따라 差異가 있을 수 있는 肉質 및 태좌부위의 해면 조직등의 변화는 등온흡습곡선에 별로 영향을 주지 못함을 의미한다. 다음으로 고춧가루 粒度의 경우 李¹⁰⁾등의 결과에 서처럼 작은 粒子일수록 수분함량이 높은 경향을 보여주었는데 이는 고춧가루의 表面積의 증가에

서 기인하는 결과라고 볼 수 있다.

3. 저장시간과 흡습속도

前述한 等溫吸濕曲線은 고춧가루가 완전히 平衡狀態에 도달한 후의 결과이므로 저장중 평형에 도달하기까지의 수분함량의 변화를 알 수 없기 때문에 저장중에 수분함량이 어떻게 변화할 것인가를 예측할 수 없다.

그러나 만일 시간의 개념이 개재되는 吸濕速度와 저장시간과의 관계를 확립할 수 있다면, 저장시간만 알아도 식품의 흡습량 즉, 수분함량을 예측할 수 있을 것이다. 따라서 고춧가루를 여러가지 상대습도아래서 저장할 때 저장시간별로 흡습속도를 측정한 결과 다음 그림 3과 같다. 즉 흡습

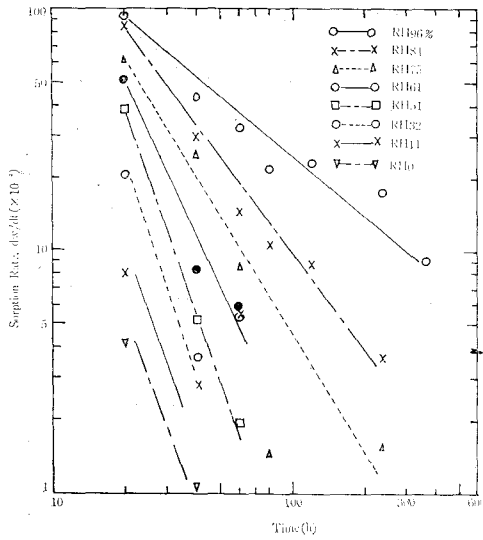


Fig. 3. The changes of sorption rate of red pepper powder during storage (cut, hot air dried, -100+140mesh)

속도와 저장시간과의 관계를 兩對數座標에 도시하면 저장 R.H. % 별로 흡습속도가 일정하게 감소되는 여러개의 직선을 얻을 수 있었다. 또한 이때의 직선들로부터 다음과 같은 관계식을 얻을 수 있었다.

$$\ln\left(\frac{dw}{dt}\right) = n \ln(t) + \ln c \dots \dots \textcircled{1}$$

식에서 w 는 흡습량(%), t 는 저장시간(hour)이며, n 와 c 는 직선의 기울기 및 절편의 값으로 저장 R.H.%에 따라 결정되어지는 상수이다. 따라서 이 식은 저장상대습도만 주어지면 임의의 저장기간에서 고춧가루의 수분함량을 산출하는 데에 응용되어질 수 있다.

4. 乾燥方法 및 粒徑度가 吸濕速度에 미치는 영향

고추의 건조방법에 따른 등온흡습곡선상의 差異는 뚜렷하지 않았다. 그러나, 吸濕速度面에서는 差異가 있는 것으로 기대되어 그 속도를 측정하였으나 그림 4에서 보는 바와 같이 건조방법을 달리

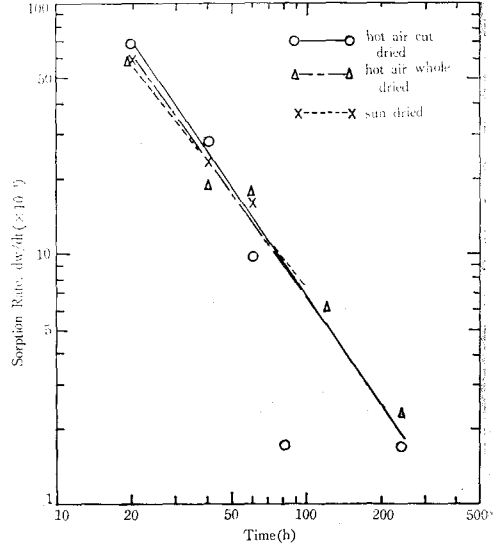


Fig. 4. Effect of drying method on the sorption rate of red pepper powder (-100+140mesh, 75% R.H.)

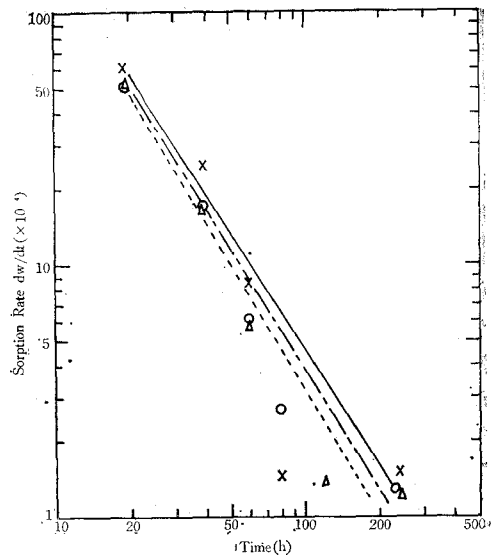


Fig. 5. Effect of particle size on the sorption rate of red pepper powder.(cut, hot air dried, 75% R.H., Particle sizes: $\triangle \dots \triangle$; -20+60mesh, $\circ \dots \circ$; -60+100mesh, $\times \dots \times$; -100+140mesh)

할 때 흡습속도도 역시 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 또한 그림 5에서 보면 입자크기의 差異에 의한 흡습속도의 차이 역시 뚜렷하지 못하였다. 이는 一定한 相對濕度下에서는 고춧가루의 加工方法에 관계없이 일정한 속도구배를 가질 수 있다는 것을 의미하며 실제로 위의 그림 4, 5에서와 같이 일정한 R.H. % 下에서는 기물기가 거의 같은 直線群으로 存在하였다.

5. 저장상대습도와 흡습속도와의 관계

앞의 그림 3에서 일정한 상대습도에서는 일정한 속도구배를 가지므로 상대습도별로 速度勾配가 뚜렷하게 구별됨을 볼 수 있었다. 지금 각종의 고춧가루들이 51, 75, 96%와 같이 일정한 상대습도하에서 저장될 때 이들의 흡습속도는 그림 6과 같

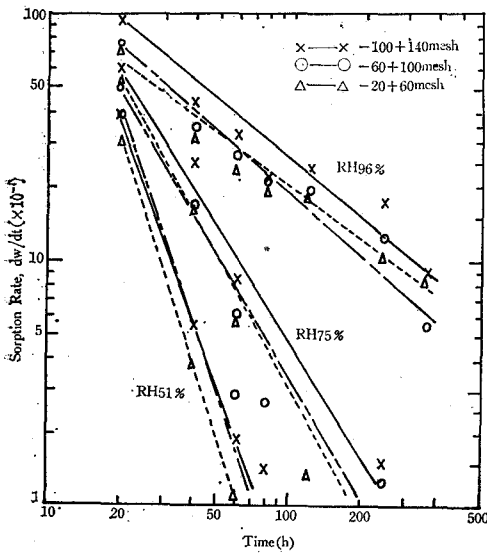


Fig. 6. The effect of relative humidities on the sorption rate of red pepper powder. (cut, hot air dried)

다. 여기에서 우리는 고추의 건조방법이나 입자크기에 비해 상대습도의 두드러진 효과를 쉽게 알 수 있다. 즉 상대습도에 따라서는 속도구배가 뚜렷히 구별되거나 고춧가루의 종류에 따라서는 구별되지 않았으며 오직 상대습도에 따라 구별될 따름이었다. 이와같은 상대습도의 흡습속도에 대한 영향은 저장 기간이 경과할수록 두드러졌다.

6. 吸濕速度관계식에 의한 저장수분함량의 예측

앞에서 확립된 (1)식은 상수항인 n 와 c 를 결정할 수 있는 相對濕度조건만 결정되면 즉, 저장

조건만 결정되면 고춧가루를 일정시간 저장한 후의 수분함량을 산출하는 데에 활용될 수 있을 것이다. 실제로 계산한 수분함량이 실측치에 어느 정도 가까운가를 비교하기 위하여 일반적인 저장 조건인 상대습도 70% 이상의 범위에서 n 및 c 값을 구한 다음 이들 값을 (1)식에 대입하여 산출한 수분함량과 實測值와의 相關係數(r)를 구한 결과는 表 1과 같다. 即 각각 R.H. 96, 84, 75%에서 저장한 고춧가루의 乾燥方法이나 粒子크기를 달리한 모든 境遇에 있어서도 저장시간에 따른 수분함량의 실측치와 계산치와의 상관계수는 R.H. %에 따라 정도의 차이는 있으나 유의성을 가졌다. 따라서 (1)식에 의하여 저장시간에 따른 수분함량을 예측할 수 있었다. 한편 평형에 도달하는 기준을 설정해주면 식 (1)은 平衡에 도달하는 시간을 산출하는 데도 응용되어질 수 있다. 이와 같은 관계가 고춧가루 이외의 다른 분체 식품에도 확립적용될 수 있을 것으로 사료되어 이 방면의 연구가 앞으로 더욱 발전되기를 기대한다.

要 約

乾燥方法을 달리한 고추를 粉碎하여 얻은 고춧가루의 粒子크기別 吸濕特性을 調査한 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 고춧가루의 等溫吸濕曲線上的 特性은 乾燥方法別로는 별 差異가 없었으나 粒子의 크기에 따라서는 약간의 차이를 보였으며, 흡습속도는 저장 R.H. %가 높을수록 컸으며 저장시간이 경과함에 따라 감소하였고 저장 R.H. %의 영향은 더욱 뚜렷하였다.

2. 흡습속도곡선에 의하면 건조방법이나 입자크기에 따른 흡습속도의 차이는 뚜렷하지 않았으나 저장 R.H. %에 따라서는 현저히 차이를 나타내었으며 양대수자료에서 흡습속도곡선은 R.H. %에 따라 구분된 直線群을 보여주었다.

3. 고춧가루의 저장 R.H. %가 일정할 경우 저장시간과 흡습속도와의 사이에는 다음과 같은 관계식이 成立되었으며, n 및 c 를 求하여 고춧가루

$$\ln\left(\frac{dw}{dt}\right) = n \ln(t) + \ln c$$

의 저장시간(時)에 따른 水分含量($w, %$)과 平衡에 도달하는 時間을 豫測하는 데 有用하게 利用될 수 있음을 제시하였다.

Table 1. Various data calculated by sorption rate equations of red pepper powders, and comparisons of the calculated moisture contents with the measured ones.

Drying method	Particle size (mesh)	Storage humidity (RH%)	n	c	M.C.(%) of red pepper powders after						Correlation coeff.(r)*
					40 h	60 h	80 h	120 h	240 h	360 h	
whole	-20+60	96	-0.8633	0.0904	21.4 (19.3)	25.1 (23.0)	27.6 (25.1)	31.0 (28.2)	36.5 (34.6)	39.6 (37.5)	0.9988
whole	-20+60	84	-1.3482	0.3295	19.1 (16.5)	21.3 (18.8)	22.6 (19.6)	24.2 (20.5)	26.4 (23.4)	27.4 (23.7)	0.9914
whole	-20+60	75	-1.6111	0.6213	16.1 (13.9)	17.7 (16.0)	18.6 (16.1)	19.7 (16.6)	20.8 (16.8)	21.3 (16.0)	0.7822
whole	-60+100	96	-0.8132	0.0766	23.7 (21.7)	27.3 (25.1)	29.8 (27.2)	33.2 (30.7)	38.9 (38.8)	42.1 (41.6)	0.9963
whole	-60+100	84	-1.1398	0.1776	22.0 (19.7)	24.4 (21.6)	26.0 (22.5)	28.0 (23.7)	31.0 (26.1)	32.5 (26.3)	0.9945
whole	-60+100	75	-1.3884	0.3738	19.6 (16.5)	21.7 (18.5)	23.0 (18.3)	24.4 (18.3)	26.4 (19.4)	27.3 (18.7)	0.8261
whole	-100+140	96	-0.8105	0.1013	28.3 (26.1)	32.3 (30.0)	35.3 (32.3)	39.2 (36.4)	45.3 (42.2)	48.7 (45.5)	0.9997
whole	-100+140	84	-1.1873	0.2338	24.9 (23.1)	27.4 (25.3)	29.0 (26.3)	30.9 (28.1)	33.8 (30.3)	35.2 (30.5)	0.9962
whole	-100+140	75	-1.3067	0.2864	21.6 (19.5)	23.7 (21.8)	25.0 (19.8)	26.6 (21.4)	28.7 (23.1)	29.7 (23.0)	0.8409
cut	-20+60	96	-0.7941	0.0771	23.0 (20.7)	26.9 (23.6)	29.7 (26.0)	33.4 (30.0)	39.6 (36.0)	43.1 (40.1)	0.9982
cut	-20+60	84	-1.3590	0.3444	20.1 (18.4)	22.2 (19.8)	23.5 (20.7)	25.0 (22.7)	27.1 (24.8)	28.1 (25.1)	0.9925
cut	-20+60	75	-1.8513	1.3406	17.2 (15.8)	18.6 (16.7)	19.3 (16.6)	20.0 (17.2)	20.7 (18.3)	21.0 (17.8)	0.9488
cut	-60+100	96	-0.8995	0.1171	23.7 (21.2)	27.6 (24.6)	30.2 (27.0)	33.7 (31.2)	39.2 (38.3)	42.1 (40.8)	0.9972
cut	-60+100	84	-1.3851	0.4239	20.8 (18.2)	23.1 (20.0)	24.5 (20.7)	26.2 (22.6)	28.3 (25.0)	29.3 (25.3)	0.9928
cut	-60+100	75	-1.6776	0.7696	16.9 (15.4)	18.4 (16.3)	19.2 (16.7)	20.1 (16.7)	21.1 (17.8)	21.6 (17.1)	0.9237
cut	-100+140	96	-0.8939	0.1687	33.8 (30.7)	38.0 (34.1)	40.8 (36.1)	44.5 (40.2)	50.1 (47.8)	53.0 (50.6)	0.9942
cut	-100+140	84	-1.3741	0.5852	30.3 (27.8)	32.9 (29.5)	34.4 (30.6)	36.2 (32.5)	38.5 (34.6)	39.6 (35.1)	0.9964
cut	-100+140	75	-1.5348	0.6860	25.6 (24.3)	27.5 (25.4)	28.6 (25.6)	29.8 (25.5)	31.2 (27.1)	31.9 (26.9)	0.9442
sun	-20+60	96	-0.8491	0.0974	22.8 (19.7)	26.8 (23.4)	29.6 (25.2)	33.3 (28.5)	39.2 (35.0)	42.5 (38.7)	0.9972
sun	-20+60	84	-1.2743	0.3025	19.8 (17.3)	22.5 (20.3)	24.1 (20.3)	26.0 (22.2)	28.7 (23.9)	30.0 (24.4)	0.9863
sun	-20+60	75	-2.0058	2.0758	15.5 (13.2)	16.7 (16.2)	17.3 (16.1)	17.8 (16.9)	18.4 (16.3)	18.6 (16.0)	0.7608
sun	-60+100	96	-0.3458	0.0221	25.3 (12.2)	31.2 (16.5)	35.7 (18.7)	42.4 (22.6)	54.1 (38.6)	60.8 (42.6)	0.9868
sun	-60+100	84	-1.2054	0.2712	22.2 (19.6)	25.1 (22.0)	26.9 (22.2)	29.1 (24.6)	32.3 (26.7)	33.8 (26.7)	0.9856
sun	-60+100	75	-1.4454	0.4169	18.0 (16.5)	20.0 (18.4)	21.1 (18.3)	22.4 (19.2)	24.2 (19.2)	24.9 (18.5)	0.7811
sun	-100+140	96	-0.8633	0.0904	26.3 (23.6)	30.5 (28.4)	33.3 (30.4)	37.0 (33.1)	42.8 (43.0)	45.9 (46.7)	0.9900
sun	-100+140	84	-1.3482	0.3295	23.6 (20.4)	26.4 (23.1)	28.1 (24.4)	30.2 (26.4)	33.0 (29.0)	34.2 (29.0)	0.9937
sun	-100+140	75	-1.6111	0.6213	19.3 (17.4)	21.7 (19.6)	23.3 (18.6)	25.2 (19.5)	27.9 (20.2)	29.2 (19.5)	0.7637

(): empirical data, M.C. : moisture content

* Significant levels of correlation coefficients at 1%, 5%, 10% (d.f.=4) are 0.9172, 0.8114, 0.7293 respectively.

참 고 문 헌

- 1) Chirife, J. and Iglesias, H.A.: J. Food Tech., **13**: 159 (1978)
- 2) Boquet, R., Chirife, J. and Iglesias, H.A.: J. Food Tech., **13**: 319 (1978)
- 3) King, C.J.: Food Tech, **22**: 509 (1968)
- 4) Saravacos, G.D. and Charm, S.E.: Food Tech., **16**: 78 (1962)
- 5) Saravacos, G.D.: Food Tech., **19**: 193 (1965)
- 6) Young, J.H. and Nelson, G.L.: Transactions of the ASAE, **10**: 756 (1967)
- 7) Iglesias, H.A., Chirife, J. and Lombardi, J.L.: J. Food Tech., **10**: 385 (1975)
- 8) Iglesias, H.A., Chirife, J. and Viollaz, P.: J. Food Tech., **12**: 505 (1977)
- 9) Chen, S.L. and Gutmanis, F.: J. Food Sci., **33**: 274 (1968)
- 10) 李貞惠, 崔彥浩, 金煥洙, 李瑞來 : 한국식품과학회지, **9**: 199 (1977)
- 11) 張奎燮, 金載勛 : 한국농화학회지, **19**: 145 (1976)
- 12) Kanner, J., Mendel, H. and Budowski, P.: J. Food Sci., **43**: 709 (1978)
- 13) 全在根, 金恭煥 : 한국식품과학회지, **7**: 69 (1975)
- 14) Rockland, L.B.: Anal. Chem., **32**: 1375(1960)
- 15) O'Brien, F.E.M.: J. Sci. Instrum., **25**: 73 (1948)