

밤 전분의 이화학적 특성

박 인 순·김 성 곤·김 춘 수*

단국대학교 문리과대학 식품영양학과

*한국과학기술연구원 사료영양연구실

(1982년 11월 1일 수리)

Physicochemical Properties of Chestnut Starch

In-Soon Park, Sung-Kon Kim and Chun-Soo Kim*

Department of Food and Nutrition, Dankook University, Seoul.

*Korea Advanced Institute of Science and Technology, Seoul, Korea

Abstract

Physicochemical properties and aging of chestnut, *Castanea crenata*(Eungi), starch were investigated. The starch granules were irregular oval shape with the ratio of short and long axis of 1 : 1.4 and the size of 2.9–21.4 μ (average 10 μ). The starch showed a typical B-type X-ray diffraction pattern. Amylose content and water binding capacity were 22.7% and 81.5%, respectively. The optical transmittance of 0.1% starch suspension increased rapidly from 55°C. The swelling power of the starch rapidly increased between 55°C and 60°C, and its increase slowed down thereafter. Amylograms of starch at 5% and 6% concentrations indicated that the starch was stable against heat and shear force. The viscosity at 6% concentration was over twice higher than that at lower concentration. The time constant(reciprocal of rate constant) for 45% starch gel stored at 21°C was 1.68 days.

서 론

밤은 그 원산지를 근거로 하여 유럽밤(*Catanea sativa* Miller), 중국밤(*Castanea mollissima* Blume) 일본밤(*Castanea crenata* Seib et Zucc) 및 한국밤(*Castanea crenata* var. *dulis* Nakai)으로 크게 구분된다.¹⁾ 밤의 가공적성은 유럽밤이 Marron glacés, 일본밤이 감로자, 한국밤과 중국밤이 말린 밤 및 군밤등에 적합한 것으로 알려져 있다.²⁾

밤 나무는 다른 과수에 비하여 재배관리에 노력이 적게 들고, 경사가 급한 지형에서도 비교적

쉽게 재배할 수 있는 장점이 있어¹⁾ 정부에서는 1973년도 부터 밤 나무의 재배를 적극 장려하게 되었다. 이에 따라 밤의 생산량은 해마다 크게 증가되어 왔으며, 수출 상품으로서도 활용되어 1980년도에는 생산량의 41.5%가 수출되었다.³⁾

우리나라에서의 밤은 주로 기호 식품으로 또는 제사때에 제수용으로 소량 소비되는 이외에 일부 통조림용으로 이용되고 있으나, 그 소비량은 1일 1인당 약 1g(가식부분기준) 정도에 불과한 형편이다.³⁾ 밤의 대량 소비를 위한 시도로써 밤을 통조림하거나 밤의 분말을 이용하려는 연구^{2,4-7)}가 일부 이루어졌으나 큰 성과를 거두지 못하고 있다.

최근에는 밥의 동결 건조에 대한 시도가 보고되었다.⁸⁾

밥의 일반성분^{2,4,5,6,8,9,10)}은 품종마다 다소 차이를 보이나, 대체로 수분 61~65%, 단백질 2.5~3.8%, 조지방 0.4~0.8%, 회분 0.6~1.3%, 섬유 0.8~1.1%, 당질(또는 전분) 26~34%이다. 밥의 주성분은 전분으로 되어 있으나, 밥의 전분은 특수하여 과육의 표면에 있는 전분은 요오드 정색반응이 잘 나타나지 않는 성질이 있다. 이러한 현상에 대한 이유는 정확히 알려져 있지 않다. 서들²⁾은 전분은 밥의 표피층에는 집적되지 않으며, 내부로 들어가면서 균일하게 분포되어 있기 때문이라고 보고하였다. 한편 眞部 및 久保¹¹⁾는 이 현상은 전분입자에 지질이 덮고 있기 때문으로서, 표면의 지질(주로 유리지방산)은 밥을 증자할 때 전분과 결합하여 과육의 연화를 방해하며, 가공제품의 색깔을 나쁘게 하는 원인이 된다고 보고하였다.

본 연구실의 예비 연구에 의하면 밥 전분은 낮은 농도(2-5%)에서도 겔을 형성하는 독특한 성질이 있다. 이 사실은 밥 전분을 이용한 특수 식품의 개발 가능성이 있음을 가르킨다고 볼 수 있다. 그러나 밥 전분에 대한 연구는 극히 미미하여, 서들²⁾의 전분입자 크기 및 호화온도에 대한 연구 및 백⁹⁾과 함¹²⁾의 아밀로스 함량, 입자의 크기, 팽화력, blue value, 알카리수와 점도에 관한 연구가 있을 뿐이다. 따라서 본 연구에서는 밥 전분의 다양한 식품화를 위한 기초 자료를 얻고자, 밥 전분의 이화학적 성질 및 전분 겔의 노화 속도에 대하여 조사하였다.

재료 및 방법

재료 : 1981년도에 생산된 밥(품종 : 은기)을 손으로 박피하여, 실험에 사용하였다.

전분제조 : 박피한 밥을 잘게 썰은 다음 증류수를 가하여, Waring blender로 낮은 속도로 5분간 혼합한 다음 150 및 250mesh체로 계속적으로 걸러 잔사를 제거하였다. 잔사는 다시 한번 위와같이 반복 처리하였다. 액을 4°C에서 하룻밤 방치하여, 전분을 침전시키고 다시 증류수로 씻는 작업을 2회 반복하여 전분을 정제하였다.

회수된 전분은 실온에서 2일간 말린 후 60mesh체로 쳐서 전분 시료로 하였다.

일반성분 분석 : 밥 전분의 수분, 회분, 조지방 및 질소는 AACC방법¹³⁾에 따라 분석하였다.

전분입자의 성상 : 밥 전분을 50% 글리세롤 용액에 섞어, 3% 전분현탁액을 만들고 0.02% 요오드 용액으로 염색시킨 후 광학현미경(Olympus Co., Japan)을 사용하여 600배로 확대하여 전분입자의 성상을 조사하였다.¹⁴⁾

X-ray 회절도 : X-ray 회절도는 X-ray Diffractometer(Rigaku, Co., Japan)를 사용하여 Cu, K α , scanning speed 4°/min, chart speed 40mm/min, time constant 1 sec, count range 1000C/sec, 30Kv, 10mA, 1Kw의 조건으로 2 θ 90°~4°까지 회절시켰다.

전분의 이화학적 특성 : 전분의 물 결합 능력은 Medcalf 및 Gilles의 방법¹⁵⁾으로, 아밀로스 함량은 Juliano의 방법¹⁶⁾으로 행하였다. 아밀로스의 표준 곡선은 밀 아밀로스를 사용하여 작성하였다. 팽화력은 Schoch의 방법¹⁷⁾으로, 호화 온도는 0.1% 전분 현탁액의 광 투과도¹⁸⁾로 부터 구하였다.

호화 양상 : 밥 전분의 호화양상은 Brabendor/visco/Amylograph®를 이용하여 Medcalf 및 Gilles의 방법¹⁹⁾에 따라 행하였다.

전분농도는 전물 중으로 5%와 6%를 사용하였다. 전분시료를 증류수로 잘 섞은 후 25°C에서 92.5°C까지 1.5°C/min로 가열하고, 92.5°C에서 30분간 유지시킨 후 다시 1.5°C/min의 속도로 40°C까지 냉각시킨 다음 40°C에서 20분간 유지시켰다.

아미로그라프로 부터 호화온도, 92.5°C에서의 점도, 92.5°C에서 30분 후의 점도, 40°C에서의 점도 및 40°C에서 20분 후의 점도를 구하였다.

전분 겔의 노화 : 전분 5g을 Petri접시에 취한 다음 증류수(4.44ml)를 가해 45%의 전분농도(건물중)로 한 후 오븐에서 24~96°C까지 2.4°C/min로 온도를 상승시키면서 전분을 호화시켰다.²⁰⁾

호화된 전분을 상온에서 20분간 냉각시키고 21°C에 6일간 저장하면서 겔의 경도(hardness)를 Textrometer(General Foods Co., U.S.A.)를 사용하여 측정하였다.

Textrometer의 조작조건은 voltage 1.0, clearance 1.2mm, chart speed 750mm/min, bite speed 24 cycles/min이었다.

전분 겔의 limiting modulus는 4°C에서 6일간 저장한 겔로부터 얻었고 hardness data는 Avrami 방정식^{21,22)}에 따라 분석하였다. Avrami 방정식은 다음과 같이 표시된다.

$$\theta = \frac{E_L - E_t}{E_L - E_0} = \exp(-kt^n)$$

여기서 θ 는 어느 t 시간 후 결정되지 않은 물질의 부분, k 는 결정화 속도, n 은 Avrami지수로서 결정화 형태에 따라 1-4의 값을 가지게 된다.²²⁾ E_0 와 E_t 는 시간 0 및 t 에서의 modulus, E_L 은 limiting modulus이다.

결과 및 고찰

1. 전분의 수율, 일반성분 및 성분

밤을 손으로 박피하여 얻은 과육의 수율은 평균 42.2%(중량비)이었다. 이는 기계적인 박피 방법의 수율⁴⁾과 비슷한 값이었다. 과육으로부터 전분의 수율은 과육 3kg당(수분 63.1%) 평균 330g(수분 15.4%)으로서, 중량비로서 11%이었으며, 전중으로는 약 35%이었다. 이는 은기 품종의 전분 함량이 전중으로 60.4%¹⁰⁾임을 감안할 때 약 58% 정도의 회수율이었다.

시료 전분의 일반 성분은 수분 15.4%, 단백질 0.13%(N×6.25), 회분 0.03% 및 지방 0.04%이었다. 은기 밤의 일반 성분은 단백질 4.5%, 지방 0.79% 및 회분 0.81%로 보고되어 있다.¹⁰⁾ 따라서 밤의 일반 성분은 물에 의한 전분의 추출시 대부분 제거됨을 알 수 있다.

현미경으로 본 밤 전분입자의 모양은 그림 1과 같다. 밤 전분입자의 형태는 불규칙 타원형으로서, 그 크기는 2.9~21.4 μ 이었으며 장축과 단축의 비는 평균 1.4:1이었다. 이 결과는 밤의 혼합 품종에 대한 결과¹²⁾와 대체로 일치하는 경향이 있다.

그러나 서들³⁾은 밤 전분의 크기는 0.5~20 μ 의 범위라고 보고 하였다.



Fig. 1. Light photograph of chestnut starch($\times 600$)

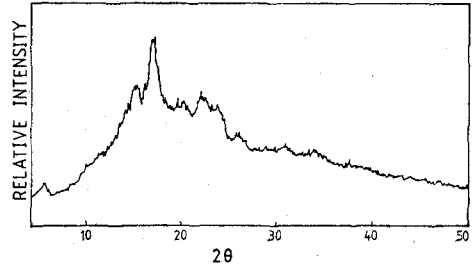


Fig. 2. X-ray diffraction pattern of chestnut starch

2. X-ray 회절도

X-ray 회절도는 전분입자의 개략적인 결정 구조 결정화도, 결정자의 크기를 알 수 있는 방법으로 널리 쓰이는 방법이다. 전분의 결정 구조는 전분 종류에 따라 다르게 나타나므로 전분을 구별하는 데 이용된다.²⁴⁾

시료 전분은 2θ 가 5.6° , 15.3° , 17.2° , 22.0° , 23.8° 에서 peak를 보인다(그림 2). 따라서 밤 전분은 B형에 속하는 것으로 판단된다. 2θ 가 $30^\circ \sim 90^\circ$ 인 범위에서는 그 강도가 계속 감소하는데 이는 전분의 비결정질 부분(amorphous region)에 기인한다.

3. 전분의 이화학적 특성

전분의 아밀로스 함량은 22.7%이었으며, 물 결합 능력은 85.2%이었다. 백 및 함⁵⁾은 한국산 밤 전분의 아밀로스 함량은 54%로 보고 하였는데, 이는 시료의 차이에 기인하는 것으로 판단된다.

밤 전분 0.1% 현탁액을 가열하면서 광투과도를 측정할 결과 광투과도는 55°C 에서 60%, 60°C 에서 83%, 70°C 에서 95%이었다. 따라서 밤 전분은 55°C 이후부터 입자의 수화가 급격히 증가함을 알 수 있다.

밤 전분의 팽화력은 그림 3과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 밤 전분은 50°C 부터 팽화가 일어나며, $55^\circ\text{C} \sim 60^\circ\text{C}$ 사이에 급격히 증가하고, 그 후부터는 팽화력의 증가가 완만하였다.

밤 전분의 용해도와 온도와의 관계는 그림 4와 같다. 용해도는 55°C 부터 시작하여 온도 상승에 따라 계속 증가하였다. 따라서 밤 전분은 온도 상승에 따라 용해도는 계속 증가하는 반면에 팽화력은 고온에서 상당히 억제됨을 알 수 있다.

전분 입자내의 결합력은 온도 상승에 따라 점차적으로 약해져 팽화력이 증가하게 되는 데²⁴⁾, 결

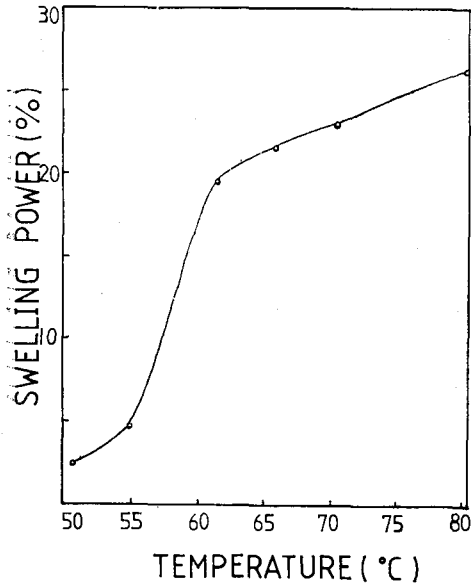


Fig. 3. Swelling power of chestnut starch

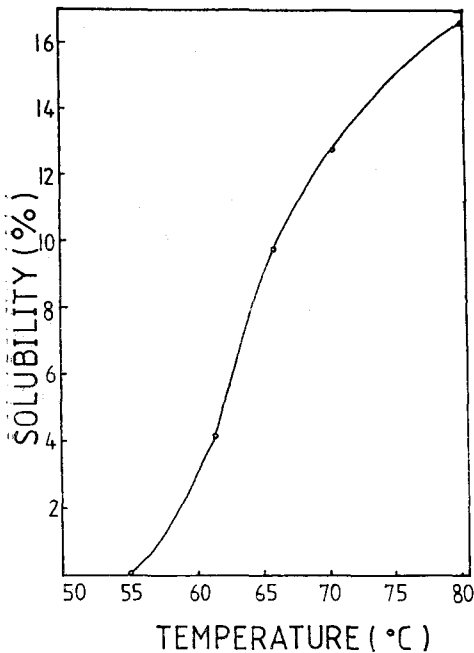


Fig. 4. Solubility pattern of chestnut starch

합력이 강한 즉 미셀(micelle) 구조가 강하게 결합된 전분의 경우 팽화력은 상당한 제한을 받게 된다.²⁵⁾ 따라서 그림 3의 결과는 밥 전분의 입자간의 결합력이 강함을 가르킨다.

4. 호화양상

밥 전분의 호화양상은 그림 5와 같고, 그 결과

는 표 1과 같다. 본 실험에서는 최고 점도가 나타나지 않았으므로 92.5°C에서의 점도로 대체하였다.

밥 전분은 5%와 6% 모두 비슷한 호화양상을 보였으나, 6%의 경우 92.5°C에서의 점도는 5%의 경우보다 2배 이상 높았다(표 1).

밥 전분의 초기 호화 온도는 5%인 경우 67°C, 6%인 경우 62.5°C이었고(표 1), 이후 점도는 급격히 증가하였다(그림 5). 92.5°C에서 30분간 유지한 경우의 점도는 초기 92.5°C에서의 점도보다 감소하였으나 그 감소 정도는 미미하였다.

Brabender hot-paste 점도의 양상은 전분입자의 swelling 정도 및 열 또는 shear force에 의한 분해(fragmentation)에 대한 swollen granule의 저항에 의하여 결정된다.²⁶⁾ 따라서 그림 5 및 표 1의 결과는 밥 전분은 호화 온도에 도달하면 swelling이 쉽게 일어남을 가르킨다. 이 결과는 swelling power의 결과(그림 3)와 일치하는 것이다. 또한 밥 전분의 점도는 호화온도 이후에는 온도 상승에 따른 점도 변화가 없으며(표 5), 92.5°C에서 30분간 유지한 후에도 점도 변화가 미미함(표 1)은 swollen granule이 열 및 shearing force에 대한 저항성이 크다는 것을 가르킨다. 이러한 사실은 밥 전분의 팽화력이 60°C 이상에서 상당히 억제되는 사실(그림 3)과 일치되는 결과이다.

Schoch 및 Maywald²⁶⁾는 "thick-boiling" 전분의 점도 양상을 4가지 형으로 분류하였다. 이에 의하면 밥 전분은 5% 및 6% 농도 모두 C형을 보임을 알 수 있다.

밥 전분의 paste를 40°C로 냉각시켰을 때의 점도는 5% 농도가 670B.U., 6% 농도가 1,100B.U.

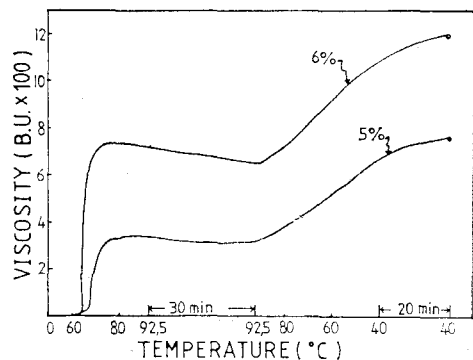


Fig. 5. An amylogram of chestnut starch

Table 1. Amylograph data on chestnut starch

	Concentration (dry basis)	
	5%	6%
Initial pasting temperature (°C) ^a	67	62.5
Height at 92.5°C(B.U.)	340	730
Height after 30 minute holding at 92.5°C(B.U.)	320	650
Height at 40°C(B.U.)	670	1,100
Height after 20 minute holding at 40°C(B.U.)	760	1,200

^aTemperature at which the initial increase in viscosity by 10 B.U.

이었다(표 1). 그러나 40°C에서 20분간 유지하였을 때의 점도는 5%가 760B.U., 6%가 1,200B.U.로서 점도 증가는 완만하였다.

5. 전분 겔의 노화

21°C에서 저장한 밤 전분 겔의 경도는 저장 2일 사이에 급격히 증가하고, 그 이후에는 증가 폭이 완만하였다. 전분의 결정화 즉 경도의 증가는 저장 온도가 0°C에 접근할 수록 빠른 데, 이는 분자들의 규칙적인 재배열에 의한 단순한 물리적 현상임을 가르킨다.²¹⁾

전분 겔의 경도 변화의 결과를 Avrami 방정식으로 분석한 결과는 그림 6과 같다. 그림 6에서 Avrami 지수(*n*)는 0.9858이었고 실험 오차내에서 *n*의 값은 unity(즉, *n*=1)로 볼 수 있다. 이 값을 속도상수를 구하기 위하여 시간에 대한 log_e(*E_L*-*E_t*)의 그래프를 그리는 데 사용하였으며, 이로부터 구한 속도상수 (*k*)는 0.5939일(그림 7), 시간상수(1/*k*)는 1.68일이었다.

Avrami 지수(즉, *n*=1)는 밤 전분 결정화의 메카니즘이 막대기 모양의 결정 성장에 잇따른 순간적인 핵 형성이라는 사실을 가르킨다.²²⁾ 이는 기타 전분에서도 볼 수 있는 현상으로서 전분 결정화의 특성이다.

전분 겔의 시간상수는 아밀로스 함량과 정비례의 관계가 있다고 알려져 있다.²⁷⁾ 밤 전분과 비슷한 아밀로스 함량을 가진 녹두 전분(아밀로스 함량 22.7%)의 경우 시간상수는 1.99일이며²⁸⁾, 밀 전분(아밀로스 함량 24.5%)의 경우 시간상수는 3.80일²⁰⁾로 보고 되어 있다. 밤전분은 밀 전분보다 아밀로스 함량이 낮음에도 불구하고, 전분 겔의 노화속도가 빨랐는데 그 이유는 알려져 있지

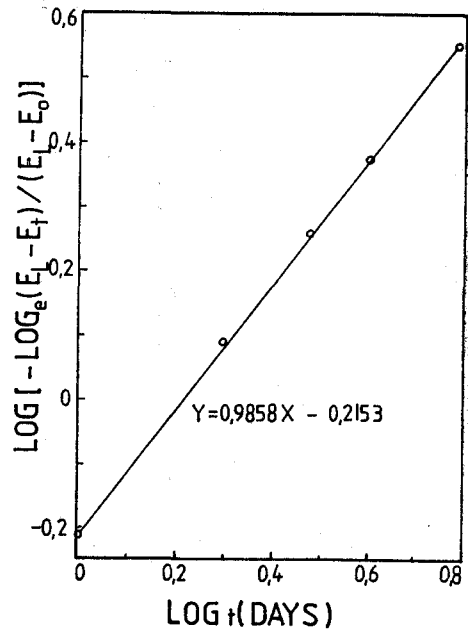


Fig. 6. Plot of $\log[-\log_e(E_L - E_t)/(E_L - E_0)]$ against $\log t$ for 45% chestnut starch gels stored at 21°C

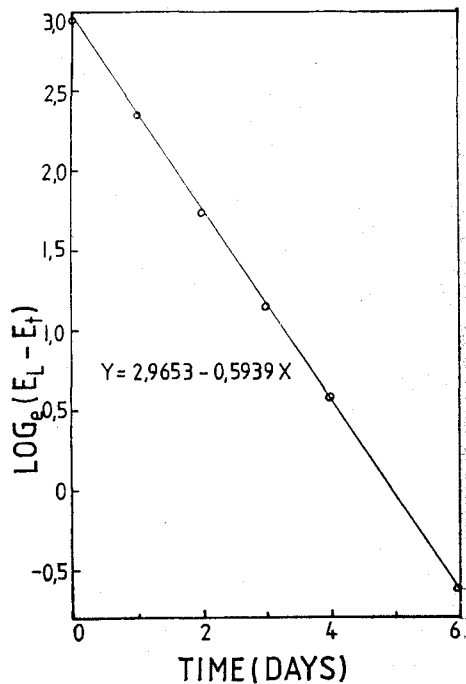


Fig. 7. Plot of $\log_e(E_L - E_t)$ against time for 45% chestnut starch gels stored at 21°C

않다.

요 약

밥(품종, 은기) 전분의 성상, 이화학적 특성 및 전분 질의 노화속도를 조사하였다. 전분의 입자는 장축 및 단축의 비가 1.4 : 1인 불규칙한 타원형으로서 크기는 2.9~21.4 μ (평균 10 μ)이었다. X-ray 회절도는 2θ 가 5.6°, 15.3°, 17.2°, 22.0°, 23.8°에서 peak를 보였으며, B형에 속하였다. 전분의 아밀로스 함량은 22.7%, 물 결합 능력은 81.5%, 호화온도는 55°C이었다. 전분의 swelling은 55°C까지는 큰 변화가 없었고, 이후 급격히 증가하였으나 65°C 이후에는 그 변화가 완만하였다. 아밀로그래프에 의한 전분의 호화는 농도(5 및 6%)에 관계없이 비슷한 양상을 보였으며, 최고 점도는 나타나지 않았다. 밥 전분은 입자간의 결합강도가 강하며, 열 및 shear force에 의한 swollen granule의 저항성이 큰 특징을 보였다. 전분 겔(건물중으로 45%)의 노화 시간상수(속도 상수의 역수)는 21°C에서 1.68일이었다.

참고문헌

1. 조재선 : 식품재료학, p.271. 기전연구소(1981).
2. 서기봉, 한판주, 이성중 : 한국식품과학회지, 6 : 98(1974).
3. 농수산부 : 식품수급표(1980).
4. 이양희 : 한국과학기술연구소 연구보고서, B.S J39-558-5(1974).
5. 성락계, 김종규 : 전주농대 농업연구소 보고, 3 : 45(1974).
6. 서기봉, 한판주, 이성중 : 농촌진흥청 농공이용연구소 시험보고, 1107(1968).
7. 민병용, 박광훈, 이정수 : 농어촌개발공사 식품연구소 사업보고, 117(1975).
8. 하석봉, 배명숙, 정태명, 성락주, 손양옥 : 한국식품과학회지, 14 : 97(1982).
9. 백광옥, 함승시 : 강원대 식자연 논문집, 2 : 57(1975).
10. 이종욱 : 서울대학교 박사학위논문(1982).
11. 眞部考明, 久保 進 : 일본식품공업학회지, 13 : 471(1966).
12. 함승시, 백광옥 : 강원대학 연구 논문집, 10 : 117(1976).
13. American Association of Cereal Chemists: AACC Approved Methods. The Association: St. Paul, Minn. (1962).
14. MacMaster, M.M.: In "Methods in Carbohydrate Chemistry," ed. by R.L. Whistler, Vol. 4, p.233. Academic Press: New York, N.Y. (1964).
15. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Cereal Chem., 42 : 558(1965).
16. Juliano, B.O.: Cereal Sci. Today, 16 : 334 (1971).
17. Schoch, T.J.: In "Methods in Carbohydrate Chemistry," ed. by R.L. Whistler, Vol. 4, p.106. Academic Press; New York, N.Y. (1964).
18. Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.P. and Snyder, H.E.: Cereal Chem., 55 : 661(1978).
19. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Die Stärke, 4 : 101(1966).
20. Kim, S.K. and D'Appolonia, B.L.: Cereal Chem., 54 : 150(1977).
21. Cornford, S.J., Axford, D.W.E. and Elton, G.A.H.: Cereal Chem., 41 : 216(1964).
22. Sharples, A.: "Introduction to Polymer Crystallization." Edward Arnold Ltd., London(1966).
23. Zobel, H.F.: In "Methods in Carbohydrate Chemistry," ed. by R.L. Whistler, Vol. 4, p.109. Academic Press: New York, N.Y. (1964).
24. Lorenz, K. and Hinze, G.: J. Agr. Food Chem., 24 : 911(1976).
25. Leach, H.W., MaCowan, L.D. and Schoch, T.J.: Cereal Chem., 36 : 345(1959).
26. Schoch, T.J. and Maywald, E.C.: Anal. Chem., 28 : 382(1956).
27. Kim, S.K., Ciacco, C.F. and D'Appolonia, B.L.: J. Food Sci., 41 : 1249(1976).
28. Kim, W.S., Rhee, H.S. and Kim, S.K.: J. Korean Agr. Chem. Soc., 23 : 166(1980).