

쌀보리의 발아과정중 분리전분의 이화학적 특성

석호문 · 박용곤 · 남영중 · 김준평* · 손태화** · 윤형식**

한국식품개발연구원, *중앙대학교 식품가공학과, ** 경북대학교 식품공학과

Physicochemical Properties of Starch Granules Isolated from Naked Barley Seeds during Germination

Ho-Moon Seog, Yong-Kon Park, Young-Jung Nam,
Jun-Pyong Kim,* Tae-Hwa Sohn** and Hyung-Sik Yoon**

Korea Food Research Institute, Suwon, Korea

* Department of Food Technology, Chungang University, Seoul, Korea

** Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Taegu, Korea

Abstract

Physicochemical properties of starch isolated from the naked barley seeds during germination were investigated. The germinated barley seeds showed an apparent increase in amylose component of the starches, and water binding capacities of the starches decreased initially and then increased with longer germination time. The size frequency distribution of starch granules showed that the granules larger than 20.2μ in diameter were preferentially degraded, and moreover the rate of degradation was higher than that of granules of any other size. It was apparent that the mean diameter of granules was $12.7\sim 20.2\mu$ at all stages of germination. The results of differential scanning calorimetry, swelling power, solubility and X-ray diffraction patterns of starch granules isolated at various stages of germination showed little changes during germination. Scanning electron microscopy revealed that the starch granules have been damaged extensively by degradative enzymes during germination, but all the starch granules were not degraded uniformly.

서 론

보리는 건물량으로서 63~65%의 전분을 함유하고 있고¹⁾ 발아가 진행됨에 따라 배유부의 저장전분은 분해되어 양적인 감소가 일어나게 되지만^{2,3)} 이들 전분의 이화학적 성질이 어떠한 변화를 받게 되는지에 대해서는 아직 명확하지 않은점이 많고 이에 대한 연구의 대부분이 맥주용 보리에 한정되어 있다.^{4~9)} 그러나 지금까지 입식용으로에서만 주로 이용되어져 왔던 쌀보리를 맥아로 가공함에

의해 쌀보리의 이용도를 넓히하고자 하는 연구가 근년 이루어지고 있으며,^{10,11,12)} 곡류를 발아시킴에 의해 전분의 물성변화를 유도하고자 하는 연구결과도 있다.^{13,14)} 따라서 본 연구에서는 쌀보리의 발아과정중 전분을 분리하고 이들의 이화학적 특성을 조사하여 쌀보리의 다각적 이용을 위한 기초자료로 삼고자 하였다.

재료 및 방법

재 료

본 실험에 사용한 쌀보리품종은 1985년산 세도하다가이며 농촌진흥청 맥류연구소에서 분양받아

1988년 9월 5일 수리

Corresponding Author: H.M. Seog

사용하였다.

맥아의 제조

쌀보리를 10°C의 물속에 2일간 침지시켜 보리의 수분함량이 42~44%정도 되게 한 뒤 가슴기를 부착시킨 humidity oven(Gallenkamp 사) 속에서 15°C로 온도를 유지하며 일정 기간 받아시켰다.

전분함량의 측정

쌀보리 및 맥아의 전분함량은 McCready 등의 방법¹⁵⁾에 따라 측정하였다.

전분의 제조

전분의 제조는 Adkins와 Greenwood의 방법¹⁶⁾에 준하여 다음과 같이 행하였다.

쌀보리와 발아시일별 녹맥아를 0.01M HgCl₂ 용액에 하룻밤 침지시켜 효소활성을 정지시킨 후 원심분리하여 용액을 제거하고 Waring blender로 저속으로 마쇄하였다. 마쇄액을 3중가제로 걸른 뒤 남은 잔사에 전분이 거의 없어질 때 까지 상기와 같은 조작을 반복하여 실시하였다. 얻어진 전분유액을 100 및 300 메쉬의 체로 걸러 전분유액량의 1/10 정도의 톨루엔을 가하고 진탕시켜 단백질을 제거한 후 증류수를 가하고 원심분리를 반복하여 전분을 정제하였으며 정제된 전분은 실온에서 건조 후 100 메쉬의 체로 쳐서 시료로 하였다.

전분의 이화학적 성질

시료전분의 일반성분은 A·O·A·C 법,¹⁷⁾ 아밀로오스 함량은 Bank 등의 semi-micro, differential, potentiometric, iodine titration method¹⁸⁾에 의해, blue value는 Bourne 등의 방법¹⁹⁾으로 구하였다. 팽윤력과 용해도는 Schoch의 방법²⁰⁾으로, 물결합 능력은 Medcalf와 Gilles²¹⁾의 방법으로 행하였다. 한편 시료전분의 결정구조는 X-ray generator (Philips PW 1730)를 사용한 photographic method²²⁾로 조사하였고, 입자크기는 Coulter counter (model TA₁)를 사용하여 Greenwell 등²³⁾이 기술한 방법으로 구하였다.

DSC에 의한 호화양상

시료전분의 호화양상은 data 처리를 위해 micro-computer와 graphplotter를 부착시킨 differential scanning calorimeter(Perkin-Elmer DSC-2)를 사용하여 다음과 같이 행하였다. 전분 1~2mg을

microbalance(C.I. Electronic Ltd.)로 칭량하여 Du Pont hermetic DSC pan에 넣고 2배량의 물을 microsyringe로 첨가한 뒤 밀봉하고 다시 pan을 칭량하였다. 승온속도는 분당 10°C로 하여 5°C에서 130°C까지 가온하였고 endotherm onset(T_0), maximum(T_m) 및 completion(T_c) 온도는 육안으로 구하였고 endotherm enthalpies(J/g sample)는 컴퓨터로 계산하였다.²⁴⁾

전분의 형태

전분의 형태는 시료를 SEM stub에 부착시킨 뒤 금으로 피막시킴고 나서 SEM(Cambridge Stereoscan 600, Scanning Electron Microscope)으로 관찰하였다.²⁵⁾

결과 및 고찰

발아중 쌀보리의 전분 함량

발아중 쌀보리의 전분함량 변화를 조사한 결과는 Table 1과 같다.

쌀보리의 전분함량은 68%이었으나 발아시일이 경과함에 따라 점차 감소하여 발아 5일째에는 60.8%를 나타내었다.

이는 발아가 진행됨에 따라 배유부의 저장전분이 효소에 의해 분해된 후 호흡기질 또는 신생조직을 위해 사용됨에 따른 양적인 감소현상²⁶⁾으로서, 보리의 전분함량은 64%이나 맥아로 가공하게 되면 58%로 감소하게 된다는 Greenwood의 보고⁴⁾와 유사한 경향이였다.

분리전분의 일반성분, 아밀로오스 함량 및 blue value

쌀보리 및 발아시일별 맥아로부터 분리한 전분

Table 1. Starch contents of naked barley seeds during germination

Days germinated	Starch content ¹⁾ (% dry basis)
0	68.0
1	67.9
2	66.7
3	64.1
4	62.2
5	60.8

1) Average of 3 determinations

의 일반성분, 아밀로오스 함량 및 blue value를 측정할 결과는 Table 2와 같다.

곡류를 발아시킨 뒤 분리한 전분의 일반성분 변화양상은 곡류의 종류에 따라 상이하어 옥수수 전분의 경우에는 단백질 및 지질함량이 발아에 따른 감소경향을 나타내지만^{13,14)} 보리의 경우에는 다소 증가경향을 나타내는 것으로 보고¹⁵⁾되어 있으나, 쌀보리를 사용한 본 시험의 결과에서는 발아시일의 경과에 따른 뚜렷한 변화는 나타나지 않았다. 한편 요드친화력으로 부터 구한 아밀로오스 함량에는 발아시일에 따른 변화가 다소 있음을 알 수 있다. 즉 쌀보리전분의 아밀로오스 함량은 23.7%이었으나 발아가 진행됨에 따라 점차 증가하여 5일째에는 25.7%를 나타내었고, 직쇄상성분의 양을 상대적으로 나타내 주는 blue value에 있어서도 유사한 경향이였다. 이와 같은 결과는 전분중 직쇄구조의 성분이 증가함을 시사하는 것으로 발아일수가 경과함에 따라 아밀로펙틴이 효소에 의해 우선적으로 분해되어져 상대적으로 아밀로오스 함량이 증가하기 때문이라는 Kiribuchi,¹⁷⁾ Greenwood¹⁸⁾ 및 Kano¹⁹⁾의 보고와 유사한 경향이였다.

물결합능력, 팽윤력 및 용해도

분리전분의 물결합능력, 팽윤력 및 용해도의 측정결과는 Table 3과 같다.

물결합능력의 경우 발아초기에는 감소경향을 보였으나 4일 이후 부터는 다시 증가하는 양상을 나타내었다. 이와 같은 결과는 곡류는 발아함에 의해 물결합능력에 변화가 일어나며 보리의 경우 발아초기에는 감소하나 이 후 다시 증가한다는 보고¹³⁾와 잘 일치하였다.

팽윤도 및 용해도의 경우에는 측정온도의 상승에 따라 각 전분 모두 증가하지만 발아에 따른 변화는 그다지 크게 나타나지 않았다. 그러나 Lorenz 등¹³⁾은 발아시일의 경과에 따라 곡류전분의 용해도는 점차 증가하나 팽윤도는 감소한다고 보고한 바 있어 본 시험의 결과와는 상이하였으며 이는 전분의 분리방법에 따른 차이 때문이 아닌가 생각된다.

입자크기분포

Coulter counter를 사용하여 전분입자의 크기분

Table 2. Chemical composition and some properties of starches¹⁾

Days germinated	Fat ²⁾ (%)	Protein ^{2,3)} (%)	Ash ²⁾ (%)	Amylose (%)	Blue value
0	0.10	0.20	0.15	23.7	0.42
1	0.11	0.22	0.16	23.6	0.42
2	0.08	0.21	0.15	24.0	0.43
3	0.10	0.22	0.15	24.5	0.43
4	0.09	0.23	0.16	24.7	0.44
5	0.12	0.23	0.16	25.7	0.44

1) Average of 3 determinations

2) On dry basis

3) Protein=N×6.25

Table 3. Water binding capacities, swelling power and solubilities of starches¹⁾

Days germinated	Water binding (%)	Swelling power at (°C)				Solubilities at (°C)			
		60	70	80	90	60	70	80	90
0	78.0	5.22	6.69	7.44	8.28	0.95	2.55	3.00	3.74
1	77.4	5.82	7.12	7.50	8.32	0.90	2.40	2.92	3.82
2	76.0	6.12	7.03	7.61	8.42	0.93	2.62	2.89	3.80
3	75.0	5.73	7.03	7.42	8.33	0.91	2.57	3.02	3.78
4	80.0	6.21	7.21	7.73	8.41	0.89	2.60	3.10	3.81
5	87.5	6.02	7.20	7.61	8.62	0.92	2.58	3.00	3.90

1) All values are averages of 5 separate determinations

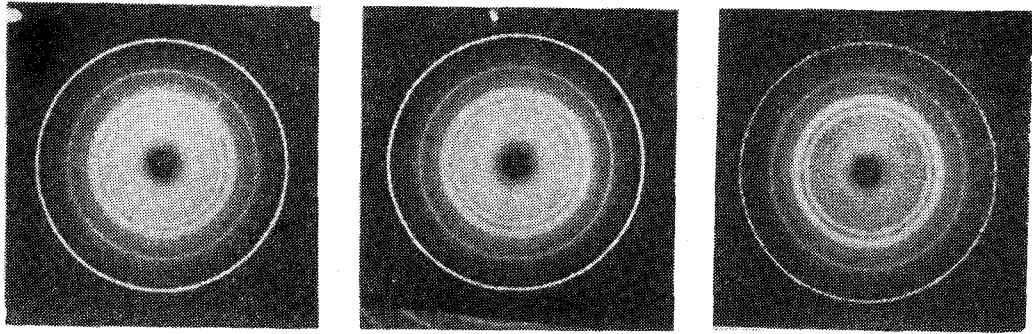


Fig. 1. X-ray diffraction patterns of starches. Left: ungerminated, Middle: germinated 3 days, Right: germinated 5 days

포를 측정 한 결과는 Table 4와 같다.

쌀보리전분의 경우 12.7~20.2 μ 정도의 입자 전체의 약 70%를 차지하고 있으나 8.0 μ 이하의 소입자는 거의 없는 것으로 나타났다. 그러나 보리전분은 5 μ 정도의 소입자가 체적에 있어서는 전체의 10% 정도에 불과하지만 그 수에 있어서는 90% 이상을 차지하며 이들 소입자들은 전분의 분리, 정제시 소실되기 쉬운 것²⁵⁾으로 알려져 있어 본 시험의 경우 소입자들은 쌀보리전분의 분리정제시 소실되어진 때문으로 생각된다.

한편, 발아의 전 기간을 통하여 볼 때 12.7~20.2 μ 의 입자들이 가장 많은 비율을 차지하고 있으며 20.2 μ 이상의 대입자들은 발아일수의 경과에 따라 우선적으로 분해되는 경향을 나타내고 12.7~16.0 μ 정도의 중입자들은 증가경향을 보이고 있다. 이와 같은 현상은 보리전분은 발아함에 의해 대입자의 분해속도가 가장 빠르며 그 결과 12~15 μ 정도의 중입자들도 분해되기는 하지만 발아과정중 중입자의 비율이 증가하는 경향으로 나타난다는 Kiribuchi 등⁷⁾의 연구결과와 유사하였다.

결정구조

분리전분의 X-ray 회절양상을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다.

각 시료 모두 d-spacing 5.8, 5.2, 4.9, 4.5 및 3.8 \AA 근처에서 비교적 강한 band를 나타내어 A형 전분의 전형적인 형태를 보였으나²²⁾ 시료간에 따른 뚜렷한 차이는 없었다. 이와 같은 결과는 곡류의 발아에 따른 분리전분의 X-ray 회절양상은 곡류의 종류에 따라 서로 상이하여 triticale 전분은 상당한 변화를 나타내지만 보리와 옥수수전분

Table 4. Particle size distribution of starch granules (% from total weight)

Diameter (μm)	Days germinated					
	0	1	2	3	4	5
5.0~6.4	—	—	0.5	—	—	—
6.4~8.0	—	0.5	0.5	0.5	1.0	0.5
8.0~10.1	1.0	2.5	4.0	2.5	2.0	1.5
10.1~12.7	9.0	13.0	15.0	13.0	12.0	13.0
12.7~16.0	30.0	34.0	35.0	36.0	37.0	37.0
16.0~20.2	39.0	35.0	32.0	34.0	36.0	37.5
20.2~25.4	18.0	13.0	11.0	12.0	10.0	9.5
25.4~32.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0

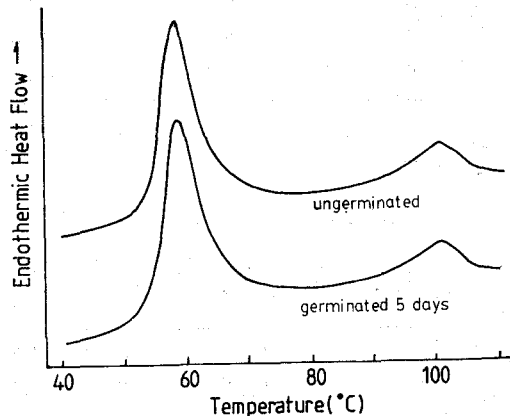


Fig. 2. DSC-thermograms of starches at the starch-to-water ratio 1 : 2

의 경우에는 큰 변화가 없다는 Lorenz의 보고¹³⁾와 유사하였다.

Table 5. Heat of gelatinization and DSC endotherm characteristics of starches

Days germinated	-ΔH J/g	Endotherm temperature(°C)		
		Onset	Peak	Conclusion
0	3.96	48.9	59.0	74.8
1	3.94	48.3	58.8	74.2
2	4.05	47.7	59.0	75.8
3	3.96	48.2	58.7	74.0
4	4.01	48.8	58.8	75.0
5	3.92	47.7	58.3	75.2

DSC에 의한 호화특성

분리전분의 호화양상 및 heat of gelatinization을 DSC에 의해 조사한 결과는 Fig. 2 및 Table 5와 같다.

각 시료전분의 호화개시온도는 47.7~48.9°C, peak 온도는 58.3~59.0°C, 완료온도는 74.0~75.2°C의 범위로서 발아에 따른 큰 차이를 나타내지 않았고 호화과정에 관여하는 열에너지량을 나타내는 ΔH 값에 있어서도 차이가 없었다. 그러

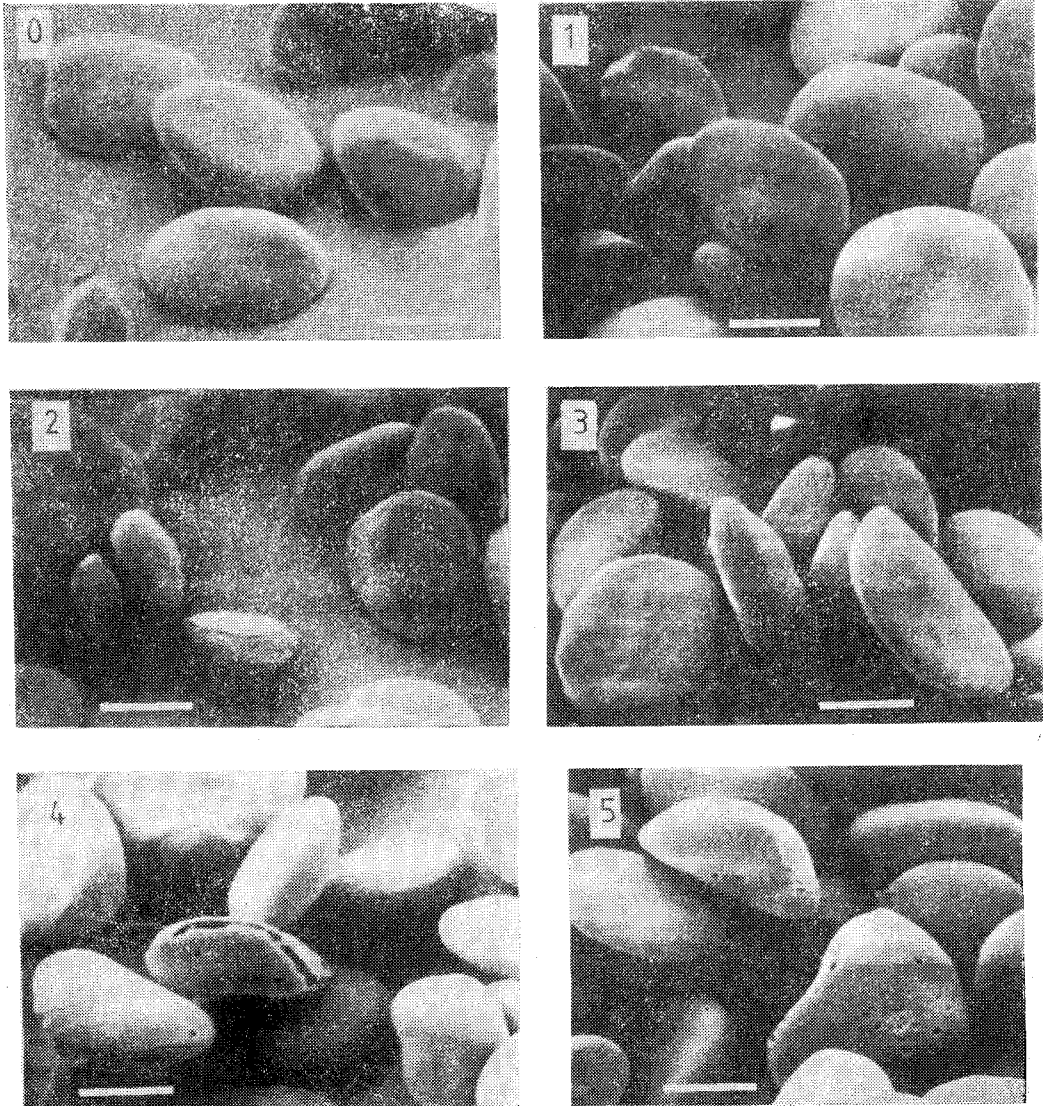


Fig. 3. Scanning electron micrographs of starches. 0 : ungerminated, 1 : germinated 1 day, 2 : germinated 2 days, 3 : germinated 3 days, 4 : germinated 4 days, 5 : germinated 5 days (bar marker=5μm)

나 Greenwood 등⁴⁾은 보리전분의 호화온도는 59~64.5°C 입에 비해 맥아전분의 경우 이 보다 높은 64.8~97.5°C 라 보고하였으며, Kiribuchi 등⁷⁾의 photopastograph에 의한 호화양상 측정결과에서는 전체적인 양상 뿐만 아니라 호화개시온도에도 차이가 없다고 하였으나 Lorenz¹³⁾는 보리를 발아시킴에 의해 호화온도는 낮아질 뿐 아니라 그 폭도 좁아지는 경향이 있음을 보고하였다. 이와 같이 연구자에 따라 보리의 발아에 따른 분리전분의 호화양상이 각기 다른 경향을 나타내는 것은 보리의 품종뿐만 아니라 전분의 분리 또는 측정방법이 서로 상이한 때문이 아닌가 생각되어지나 이들 방법간에 따른 호화특성에 관해서는 보다 면밀한 조사가 필요한 것으로 사료된다.

전분의 형태

분리전분의 형태를 주사전자현미경으로 관찰한 결과는 Fig. 3과 같다.

발아 1일에 이미 전분의 표면은 효소의 작용에 의해 침식된 흔적이 발견되었고 발아 2일에서는 적도부위(equatorial region)가 우선적으로 효소의 공격을 받은 흔적이 뚜렷하게 나타났다. 이 후 발아과정이 진전됨에 따라 전분의 표면에 효소의 작

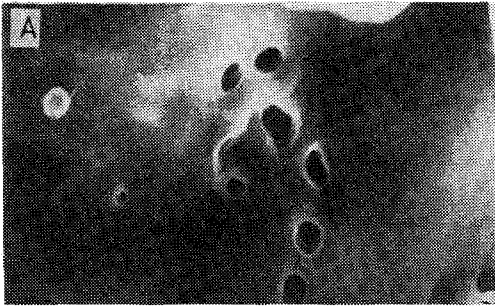


Fig. 4. Exterior (A) and interior cross-section (B) of an eroded starch granules isolated from germinated barley seed

용에 의해 생성된 여러개의 구멍이 나타나기 시작하였고 적도부위는 특히 심한 분해를 받게되는 것으로 나타났다. 그러나 많은 수의 전분입자들은 아직 효소의 작용을 받지 않은 싹보리전분과 같은 형태를 취하고 있어 모든 분리전분 입자들이 일정하게 효소에 의한 분해를 받고 있지 않은 것으로 나타났다.

Fig. 4는 발아 5일의 맥아로 부터 분리한 전분 중 효소에 의해 분해를 받은 전분입자의 표면 및 내부형태를 살펴 본 것으로서 전분입자의 표면에는 여러개의 작은 구멍이 나타나 있는 정도에 불과하나 입자의 내부는 효소에 의해 더욱 심하게 분해되어짐을 알 수 있다. 이와 같은 결과는 전분 입자의 외층부위는 내부에 비해 결합력이 강하여 전분표층의 구조적으로 약한 장소로 부터 효소가 우선적으로 작용하게 되고 이어 층상구조의 강약에 따라 구심상의 호를 만들면서 내부로 향하여 분해가 진전되기 때문이라는 다른 연구자들의 연구결과^{6, 20)}와 유사한 경향이였다.

초 록

발아시일별로 싹보리로 부터 전분을 분리하여 그 이화학적 특성을 조사하였다.

싹보리전분은 발아시일의 경과에 따라 직쇄상성분인 아밀로오스 함량이 증가하였으며 물결합능력은 감소후 증가경향을 나타내었고, 입자의 크기분포 측정결과에서는 20.2 μ 이상의 대입자들이 우선적으로 분해되어 지는 반면 발아의 전기간을 통하여 12.7~20.2 μ 의 입자들이 가장 많은 비율을 차지하였다.

DSC에 의한 호화특성, 팽윤도 및 용해도, X-ray 회절양상 등의 측정결과에서는 발아에 따른 큰 변화를 나타내지 않았다. SEM에 의한 분리전분의 형태관찰 결과, 발아 1일에 이미 전분은 효소에 의한 분해를 받기 시작하였고 발아시일이 경과함에 따라 점차 분해정도는 심하여 지기는 하지만 모든 전분이 일정하게 효소의 작용을 받고 있지 않은 것으로 관찰되었다.

참 고 문 헌

1. Harris, G.: In Barley and malt, Biology, Biochemistry and Technology, Cook, A.H. (ed.), Chapter 10, Academic Press, N.Y.

- (1962)
2. Macleod, A.M.: In *Brewing Science*, Pollock, J.R.A. (ed.) vol. 1, p. 222. Academic Press, London (1979)
 3. Palmer, G.H. and Bathgate, G.N.: In *Advances in Cereal Science and Technology*, Pomeranz, Y. (ed.), p. 264(1976)
 4. Greenwood, C.T. and Thomson, J.: *J. Inst. Brew.*, 65 : 346(1959)
 5. Greenwood, C.T. and Thomson, J.: *J. Inst. Brew.*, 67 : 64(1961)
 6. Palmer, G.H.: *J. Inst. Brew.*, 78 : 326(1972)
 7. Kiribuchi, S. and Nakamura, M.: *Nippon Nogeikagaku Kaishi*, 47 : 341(1973)
 8. Kano, Y., Kunitake, N., Karakawa, T., Taniguchi H. and Nakamura, M.: *Agric. Biol. Chem.*, 45 : 1969(1981)
 9. Mac Gregor, A.W. and Matsuo, R.R.: *Cereal Chem.*, 59 : 210(1982)
 10. Seog, H.M., Nam, Y.J., Shin, E.T. and Suh, K.B.: *Annual Report of Food Research Institute* (1979)
 11. 석호문 : 중앙대학교 박사학위논문 (1987)
 12. 석호문 : 특허공보 제510호 (1980)
 13. Lorenz, K. and Kuep, K.: *Stärke*, 33 : 183 (1981)
 14. 양영국, 이신영, 최국지 : *한국농화학회지*, 29 : 333(1986)
 15. McCready, R.M., Guggolz, J., Silviera, V. and Owens, H.S.: *Anal. Chem.*, 22 : 1156 (1950)
 16. Adkins, G.K. and Greenwood, C.T.: *Stärke*, 18 : 213(1966)
 17. Association of Official Analytical Chemists: *Official Methods of Analysis*, 13th Ed., Washington, D.C. (1980)
 18. Bank, W., Greenwood, C.T. and Muir, D.D.: *Stärke*, 23 : 118(1971)
 19. Bourne, E.J., Haworth, N., Macey, A. and Peat, S.: *J. Chem. Soc.*, 924(1948)
 20. Schoch, T.J.: In *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Whistler, R.L. (ed.), vol. 4, p. 106. Academic Press, N.Y. (1964)
 21. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: *Cereal Chem.*, 42 : 558(1965)
 22. Zobel, H.F.: In *Method in Carbohydrate Chemistry*, Whistler, R.L. (ed.), Vol. 4, p. 109. Academic Press, N.Y. (1964)
 23. Greenwell, P., Evers, A.D., Gough, B.M. and Russell, P.L.: *J. Cereal Sci.*, 3 : 279(1984)
 24. Fearn, T. and Russell, P.L.: *J. Sci. Food Agric.*, 33 : 537(1982)
 25. Bathgate, G.N. and Palmer, G.H.: *Stärke*, 24 : 336(1972)
 26. Kiribuchi, S. and Nakamura, M.: *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, 20 : 193(1973)