

쌀보리 전분의 이화학적 성질

송 은·신말식

전남대학교 가정대학 식품영양학과

초록 : 멧쌀보리(늘쌀보리, 무등쌀보리, 새쌀보리) 전분과 찹쌀보리(수원 236호) 전분의 이화학적 성질을 비교한 결과는 다음과 같다. 멧쌀보리와 찹쌀보리 전분 입자의 모양은 둥근 형이었으며, X선회절도에 의한 전분의 결정형은 전형적인 A형이었다. 물결합 능력, 팽윤력, 용해도는 찹쌀보리 전분이 멧쌀보리 전분보다 높게 나타났다. 0.1% 전분 현탁액의 광투과도는 찹쌀보리 전분의 경우 60°C 이후부터 급격히 증가하였고, 멧쌀보리 전분은 65°C 이후부터 서서히 증가하였다. 아밀로그래프에 의한 호화개시온도는 찹쌀보리 전분이 62.5°C, 멧쌀보리 전분이 68.2-73.5°C였다. DSC에 의한 호화 엔탈피는 멧쌀보리 전분이 1.12-1.58cal/g, 찹쌀보리 전분이 0.85cal/g 으로 나타났다.

보리는 옛날부터 널리 이용되어온 식량 자원의 하나로서, 곡식을 주식으로 하는 우리의 식습관으로 볼 때 쌀 다음가는 중요한 위치를 차지하고 있다. 그러나 보리에 관한 그간의 연구로는 단백질^{1,2)}, 무기질^{2,4)}, 아미노산^{3,6)}, 비타민^{3,6,7)} 등의 함량 및 수분 흡수 특성⁸⁻¹²⁾, 취반⁹⁾에 관한 연구가 있으며 보리의 대부분을 차지하는 전분에 대해서는 아밀로오스 함량과 호화 온도¹³⁾, X-ray 회절도를 이용한 열호화 특성에 관한 연구¹⁴⁾, 호화액의 리올리지 특성¹⁵⁾ 및 수분-열처리에 따른 물리화학적 특성¹⁶⁾이 보고되어 있을 뿐이다. 따라서 식품 가공 및 기타 가공 적성에 관여할 것으로 보여지는 주요 보리 성분, 즉 보리 전분의 특성을 구명하는 일이 보리 이용면의 연구와 더불어 기초적으로 필요하리라 생각된다. 또한 멧쌀보리와 찹쌀보리 전분은 물리적성질과 효소 예민도가 다르다고 보고 되었다¹⁷⁾.

본 연구는 보리 전분의 이화학적인 제특성을 품종별로 비교 검토하여 보리의 이용 및 그 제품 개발에 필요한 기초 자료를 얻고자 멧쌀보리인 늘쌀보리, 무등쌀보리, 새쌀보리 및 찹쌀보리인 수원 236호 등 4가지 품종의 보리에서 전분을 조제하고 각 품종별

전분의 형태와 이화학적 특성 및 호화 특성을 측정 비교 하였으므로 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

본 실험에 사용한 쌀보리 품종은 1988년도에 수확된 멧쌀보리인 늘쌀보리, 무등쌀보리, 새쌀보리 및 찹쌀보리인 수원 236호이며, 전라남도 농촌진흥원 평동 시험포장에서 분양받았다.

전분의 제조 및 일반성분 분석

전분은 MacGregor¹⁸⁾의 방법으로 분리, 제조하였으며, 일반 성분은 AOAC¹⁹⁾법에 따라 분석하였다.

전분입자의 성상

전분 입자의 성상은 관학 현미경과 편광 현미경(Olympus Co., Japan)을 이용하였으며²⁰⁾ 전분 입자의 표면 형태는 주사 전자 현미경(JEOL JSM-35, Japan)을 사용하여 관찰 비교하였다.

Key words : Physicochemical properties, naked barley starch
Corresponding author. : M. S. Shin

X-ray 회절도

전분의 X-ray 회절도는 X-ray diffractometer(Rigaku Co., Japan)를 이용하여 target Cu-K α . filter Ni, scanning speed 4°/min, chart speed 40mm/min, time constant 2sec., range 1000 cps로 40-0°까지 회절시켜 분석하였다.

이화학적 특성

전분의 아밀로오스 함량은 Williams등²¹⁾의 비색법에 의해 정량하였으며, 아밀로오스 표준곡선은 Montgomery와 Senti²²⁾의 방법으로 아밀로오스를 분리, 동일 방법으로 작성하였다. 전분의 물결합 능력은 Medcalf 및 Gilles²³⁾의 방법, 팽윤력과 용해도는 Schoch²⁴⁾의 방법에 따라 실시하였다.

전분의 호화양상

전분 현탁액(0.1%)의 광투과도는 625nm에서 50-80°C의 온도 범위에 걸쳐 측정하였으며²⁵⁾, 시료 전분(8% 용액)의 호화 양상은 Brabender /Visco /Amylograph를 사용하여 Medcalf와 Gilles²⁶⁾의 방법으로 행하였다. DSC (differential scanning calorimeter)에 의한 호화는 TADS(Thermal analysis data station)가 부착된 Perkin Elmer DSC-2를 사용하여 27°C에서 137°C까지 10°C/min 로 가열하였다. 전분 : 수분 = 1 : 1로 Krueger등²⁷⁾의 방법에 따라 실시하였다.

결과 및 고찰

전분의 일반 성분 및 아밀로오스 함량

멧쌀보리(늘쌀보리, 무등쌀보리, 새쌀보리) 및 찹쌀보리(수원 236호)로부터 분리 정제한 전분의 일반 성분은 Table 1과 같이 수분이 8.59-9.55%, 회분이 0.07-0.11%, 단백질이 0.14-0.21%로서 품종간에 커다란 차이는 없었으나 총지방 함량은 찹쌀보리 전분인 수원 236이 0.08%로서 다른 품종에 비해 낮은 값을 보였다. 또한 전분의 아밀로오스 함량은 멧쌀보리 전분의 경우 28.4-29.2%, 찹쌀보리 전분의 경우 4.3%로서 김등¹⁴⁾과 윤등²⁸⁾의 결과와 비슷하였다.

전분 입자의 성상

시료 전분의 광학 현미경과 편광 현미경 사진은 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서와 같이 쌀보리 전분의 형태는 둥글거나, 원형에 가까운 타원형을 이루고 있다. 일반적으로 보리 전분 입자는 곡류 전분인 수수나 쌀전분 보다 크며, 그 크기는 4-37 μ m의 범위내에 분포한다고 알려져 있다¹³⁾. MacGregor¹⁸⁾는 보리전분은 13.6-18.8 μ m의 큰 입자와 5.3 μ m미만의 작은 입자의 크기가 다른 두 집단으로 나뉜다고 하였다. 편광 현미경을 통해 보면 4종류의 품종 모두 결정성이 뚜렷하여 십자형의 복굴절 현상이 명료하게 나타남을 알 수 있다. 주사 전자 현미경에 의한 전분 입자의 표면 형태는 Fig. 2와 같이 매끄럽고 부드러운 둥근 형태를 보이고 있다.

Table 1. Proximate composition of naked barley starches

Variety	Moisture (%)	Crude protein (N \times 6.25)	Total lipid (%)	Ash (%)	Amylose content (%)	Water binding capacity (%)
Nulssalbori	9.41	0.21	0.22	0.11	28.7	82
Moodeungssalbori	9.55	0.18	0.19	0.09	29.2	93
Saessalbori	8.59	0.15	0.24	0.08	28.4	94
Suwon 236(waxy)	8.63	0.14	0.08	0.07	4.3	114

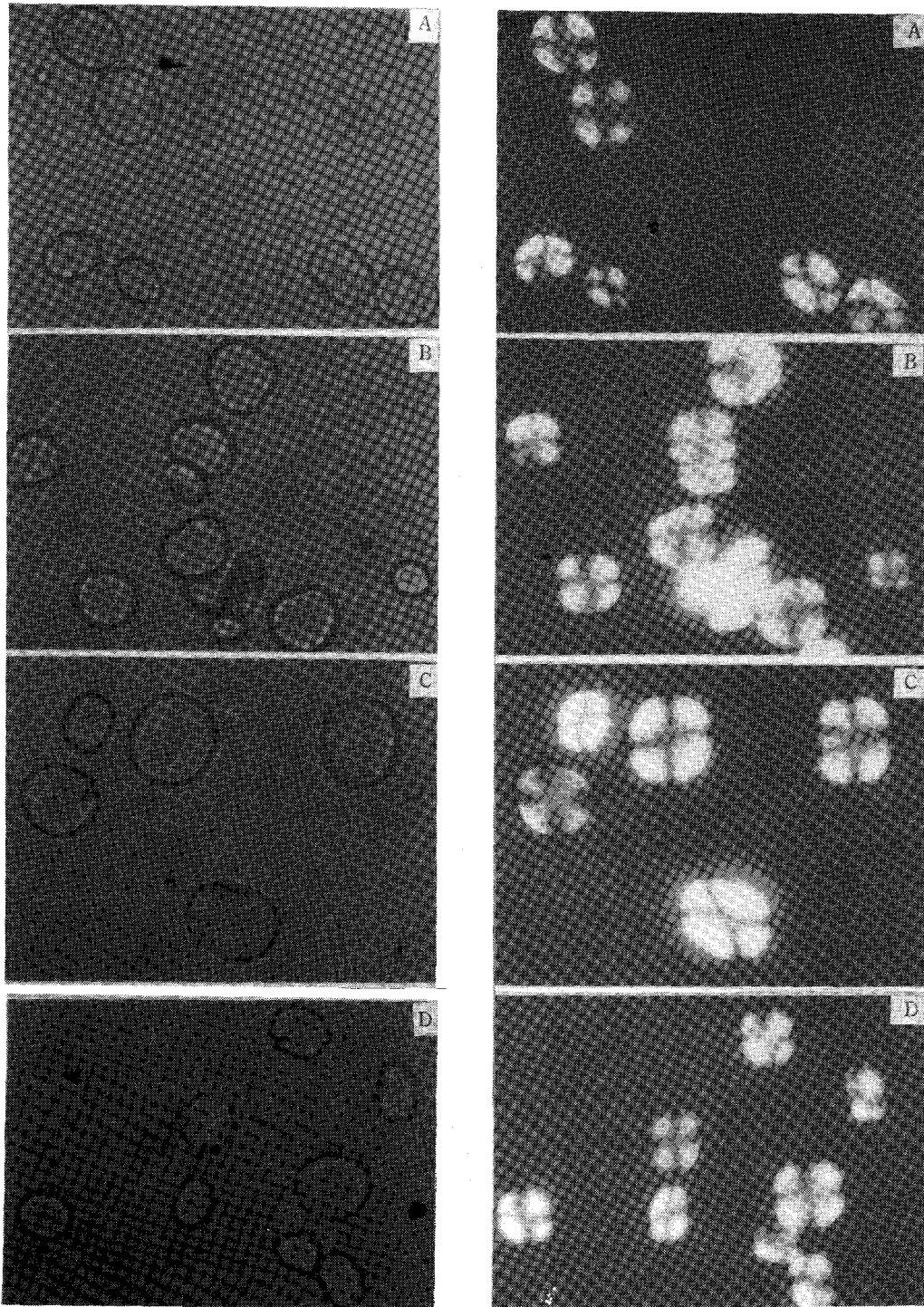


Fig. 1. Light(left) and polarized(right) micrographs of naked barley starches($\times 400$).

A : Nulssalbori , B : Moodungssalbori , C : Saessalbori , D : Suwon 236(waxy) .

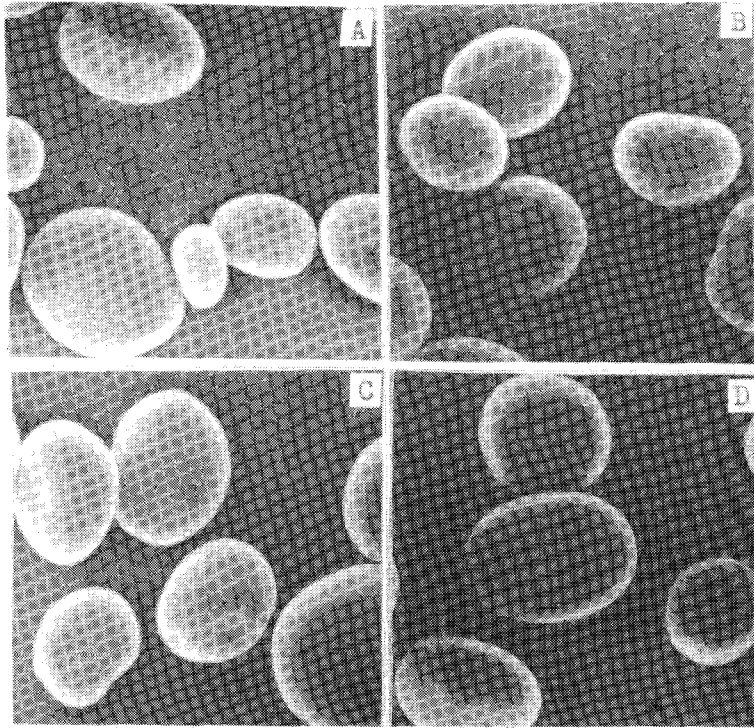


Fig. 2. Scanning electron micrographs of naked barley starches ($\times 1200$).

A : Nulssalbori, B : Moodungssalbori, C : Saessalbori, D : Suwon 236(waxy)

전분입자의 X-ray 회절도

쌀보리 전분의 X-ray 회절도는 Fig. 3과 같다. 4 품종의 쌀보리 전분은 모두 회절 각도(2 θ)가 15.0°, 18.0°, 23.2° 근처에서 강한 peak를 보이는 전형적인 A형의 결정구조를 나타내었다. 옥수수 전분과 찰옥수수의 전분도 모두 같은 A형을 보였고²⁹⁾ 쌀전분과 찰쌀전분도 A형의 결정형을 나타내어³⁰⁾ 아밀로오스의 함량이 전분의 결정형에 영향을 주지 않는다고 생각된다. 회절각도 23.2°에서의 peak의 높이는 전분의 상대적인 결정도의 지표로 이용된다³¹⁾. 쌀보리 전분의 X-ray 회절도로부터 구한 상대적 결정도는 품종간에 커다란 차이를 보이지는 않았다.

물결합 능력

쌀보리 전분의 물결합 능력은 Table 1과 같이 찰쌀보리 전분인 수원 236호가 가장 높아 113%였으며 늘쌀보리 전분이 가장 낮아 82%였고 나머지 무등쌀보리 전분과 새쌀보리 전분은 93-94%로 비슷한 물결합 능력을 보였다. 영산쌀보리 전분의 경우에는 57.5%로 낮은 물결합 능력을 보였다¹⁶⁾. 찰쌀전분의 물결합능력은 112%, 멥쌀전분은 105-109%로 아밀로펙틴 함량이 많은 찰쌀전분의 물결합능력이 높은 경향을 보였다³⁰⁾. 전분에 결합된 물은 전분입자에 침투된 것과 입자 표면에 흡착된 것으로써 Halick와 Kelly³²⁾는 전분 입자의 내부 치밀도가 낮은 것이 수분 흡수가 크고, 아밀로펙틴은 아밀로오스 보다 수분을 더 잘 흡수한다고 하였다.

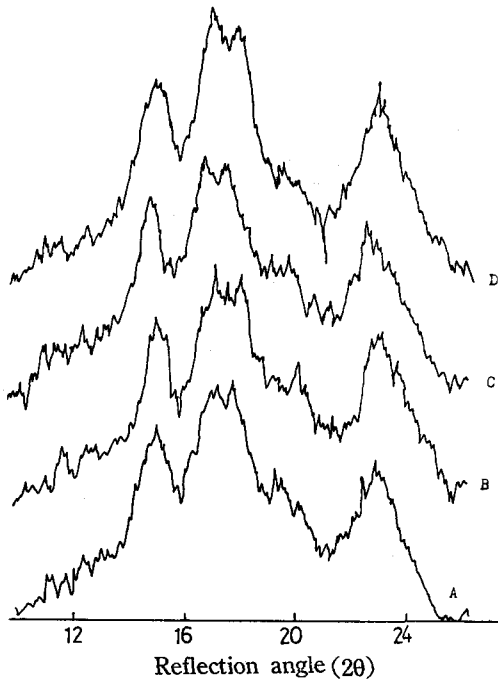


Fig. 3. X-ray diffraction patterns of naked barley starches.

A : Nulssalbori B : Moodeungssalbori
 C : Saessalbori D : Suwon 236(waxy)

팽윤력과 용해도

쌀보리 전분의 팽윤력은 Table 2와 같이 온도가 상승함에 따라 증가 하였으며, 멧쌀보리 전분은 완만한 증가를 보였으나 찹쌀보리 전분은 급격한 증가를 보였으며 70°C이후에는 측정이 어려웠다. Table 3에서 나타난 것처럼 보리 전분의 용해도 역시 온도가 상승함에 따라 점차 증가하였는데, 찹쌀보리 전분의 경우 60°C이후부터 급격히 증가하였고, 멧쌀보리 전분의 경우는 75°C이후부터 급격히 증가하였다. Leach 등³³⁾은 전분 입자내의 결합력이 팽윤 양상에 영향을 주어 결합 정도가 강한 전분은 팽윤에 대하여 강하게 저항하므로 온도 증가에 따른 팽윤력을 비교하여 상대적인 결합 강도를 알 수 있다고 하였고, Wong과 Lelievre³⁴⁾는 팽윤력이 전분 입자내의 결정성과 상관 관계를 갖는다고 하였다. 찹쌀보리 전분은 팽윤력과 용해도에서 멧쌀보리 전분보다 모두 높은 값을 보여 전분입자의 결합력이 약하다고 생각된다.

광투과도에 의한 호화

쌀보리 전분의 온도에 따른 광투과도는 Fig. 4와 같다. 찹쌀보리 전분인 수원 236호는 60°C 이후 광

Table 2. Swelling power of naked barley starches

Variety	Temperature (°C)						
	50	60	65	70	75	80	85
Nulssalbori	3.93	8.08	10.31	10.80	12.92	15.98	21.29
Moodeungssalbori	3.13	8.87	10.44	13.76	15.57	19.22	20.86
Saessalbori	3.62	9.16	9.93	10.22	12.43	13.42	17.91
Suwon 236(waxy)	3.27	21.73	38.37	-	-	-	-

Table 3. Solubility of naked barley starches

Variety	Temperature (°C)						
	50	60	65	70	75	80	85
Nulssalbori	1.94	2.15	3.87	5.02	10.80	15.63	25.14
Moodeungssalbori	1.98	4.07	4.91	9.01	15.51	20.60	34.03
Saessalbori	1.83	2.35	3.03	3.90	5.82	10.76	23.63
Suwon 236(waxy)	1.81	5.99	42.63	-	-	-	-

투과도가 급격히 증가하였으며 멍쌀보리 전분은 모두 65°C이후부터 서서히 증가하였다. 온도에 따른 팽투과도는 새쌀보리 전분이 가장 낮았다.

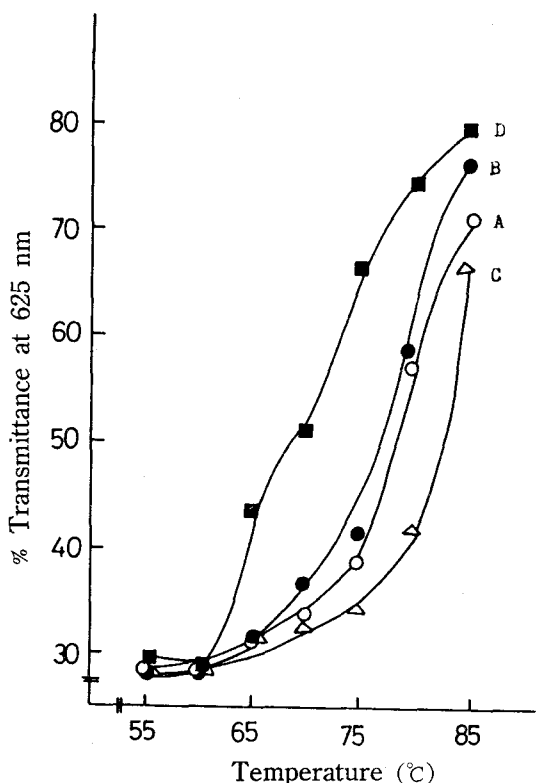


Fig. 4. Changes in transmittance of 0.1% naked barley starch suspensions.

A : Nulssalbori B : Moodungssalbori
 C : Saessalbori D : Suwon 236(waxy)

아밀로그래프에 의한 호화

Brabender amylogram으로 부터 구한 전분의 호화 특성치는 Table 4와 같다. 호화 개시 온도는 찹쌀보리인 수원 236호가 62.5°C이며 멍쌀보리 전분의 경우 초기호화 온도는 75.0°C로 비슷한 경향을 보였다¹⁶⁾. Biliaderis등³⁵⁾은 전분의 분지도가 높으면 결정성이 낮고 결정성이 낮은 전분은 호화 온도가 낮다고 하였다. Reyes 등³⁶⁾도 호화 개시온도는 전분입자의 크기, 아밀로오스 함량과 아밀로펙틴의 분자량과 분지도 등의 영향을 받고 전분입자내의 미셀구조와 내부결정화도가 클수록 가열시 느리게 팽윤되어 높은 호화온도를 갖는다고 하였다. 따라서 멍쌀보리 전분립의 결정구조가 더 치밀하고 분자간 회합 정도가 높다고 생각된다. 멍쌀보리 전분의 최고 점도(P)는 560-610 B.U., hot paste viscosity(H)는 490-590 B.U.로 약간 감소하는 경향이였으나 찹쌀보리 전분의 최고 점도는 1700 B.U., hot paste viscosity는 395 B.U.로 급격한 감소를 보였다. 팽윤된 전분입자의 fragility를 나타내는 breakdown(P-H)는 멍쌀보리 전분의 경우 20-80 B.U.로 낮았으나 찹쌀보리 전분은 1305 B.U.로 매우 높아 열과 전단에 대한 저항성이 작음을 알 수 있었다.

냉각점도(C)는 전분의 노화를 잘 나타내어 전분 호화액의 냉각시 무질서한 상태로 있던 아밀로오스 분자가 서로 나란히 배열되어져 용해도가 낮은 회합체 및 겔을 형성함으로써 점도의 증가가 나타난다. 냉각점도, consistency(C-H)와 setback(C-P)은 전분의 노화를 설명할 수 있는데 멍쌀보리 전분이 높고 찹쌀보리 전분이 낮은 것으로 보아 멍쌀보리가 훨씬 노화가 잘된 것으로 생각된다.

Table 4. Amylograph data for naked barley starches (8% solid basis)

Variety	Initial pasting temp. (C)	Peak viscosity : p(B.U.)	Viscosity at 95°C after 15min. : H(B.U.)	Viscosity at 50°C : C(B.U.)	Breakdown P-H(B.U.)	Consistency C-H(B.U.)	Setback C-P(B.U.)
Nulssalbori	69.0	570	490	780	80	290	210
Moodeungssalbori	68.2	560	530	810	30	280	350
Saessalbori	73.5	610	590	940	20	350	330
Suwon 236(waxy)	62.5	1700	395	450	1305	55	-1250

DSC에 의한 호화

DSC에 의한 쌀보리 전분의 호화 특성치는 Table 5와 같다. 쌀보리 전분 모두 58.6-60.0°C에서 호화되기 시작하였으며 멧쌀보리 전분과 찰쌀보리 전분의 뚜렷한 차이는 보이지 않았다. 호화 엔탈피는 멧쌀보리 전분이 1.12-1.58cal/g 이며 찰쌀보리 전분은 0.85 cal/g 이므로 전분의 결정성 부분을 용융하는 데 사용되는 에너지가 멧쌀보리 전분이 많은 것으로 보아 찰쌀보리 전분보다 더 강한 결정구조를 가졌을 것으로 생각된다. 아밀로오스-지질 복합체의 용융 endotherm은 찰쌀보리 전분에서는 찾아볼 수 없었으므로 약 4% 함유된 아밀로오스는 지질과의 복합체를 이루지 않음을 알 수 있다. 아밀로오스-지질 복합체의

용융 엔탈피는 새쌀보리와 늘쌀보리가 높고 무등쌀보리가 낮아 쌀보리 전분립의 전분과 지질의 상호작용이 다름을 알 수 있었다. Biliaderis 등³⁷⁾은 찰쌀 전분이 멧쌀전분보다 호화 엔탈피가 더 크며 그것은 호화 온도 범위보다 낮은 온도에서 아밀로오스-지질 복합체가 형성되기 때문이라고 하였다. 찰쌀보리 전분은 찰쌀전분과는 달리 호화 엔탈피가 멧쌀보리 전분보다 크지 못하며 이는 찰쌀보리 전분의 결정성 구조가 멧쌀보리 전분보다는 낮음을 의미한다.

멧쌀보리 전분의 경우에는 무등쌀보리 전분이 아밀로오스-지질 복합체 용융 엔탈피가 가장 낮고 상대적으로 호화 엔탈피가 가장 높아 아밀로오스-지질 복합체를 적게 형성함으로써 높은 엔탈피를 나타내었다고 생각된다.

Table 5. DSC properties of naked barley starches

	Gelatinization peak			Amylose-lipid complex peak		
	T ₀ (°C)	T _P (°C)	ΔH(cal/g)	T ₀ (°C)	T _P (°C)	ΔH(cal/g)
Nulssalbori	60.0	63.2	1.30	100.6	112.0	0.40
Moodeungssalbori	59.6	62.9	1.58	98.5	110.0	0.14
Saessalbori	58.8	61.8	1.12	102.0	113.6	0.48
Suwon 236(waxy)	58.6	63.2	0.85	-	-	-

* The endotherm was not detected.

T₀: onset temperature, T_P: peak temperature

감사의 글

본 연구는 1988년 한국과학재단 기초연구비에 의

하여 이룩된 연구의 일부로 한국과학재단에 깊은 사의를 드리는 바입니다.

참고문헌

1. 이동석, 박 훈: 한국식품과학회지, 4: 90 (1972)
2. 박 훈: 한국농화학회지, 19: 31 (1976)
3. 이종숙, 김성곤, 김훈수, 조만희: 한국식품과학회지, 15: 90 (1983)
4. 정은영, 염초애, 김성곤, 장명숙: 한국식품과학회지, 19: 290 (1987)
5. 박 훈, 양차범: 한국식품과학회지, 8: 129(1976)
6. 주진순, 김숙희, 이기열: 한국영양학회지, 7: 17 (1974)
7. 최홍식, 이남숙, 권태완: 한국식품과학회지, 8: 260 (1976)
8. 이종숙, 김성곤: 한국식품과학회지, 15: 220 (1983)
9. 손정우, 염초애, 장명숙, 김성곤: 한국식품과학회지, 19: 125 (1987)
10. 윤영진, 김 관, 김성곤, 김동연, 박양균: 한국농화학회지, 31: 13 (1988)
11. 윤영진, 김 관, 김성곤, 김동연, 박양균: 한국농화학회지, 31: 21 (1988)
12. 박성희, 김 관, 김성곤: 한국식품과학회지, 21:

- 601 (1989)
13. 김용휘, 김형수 : 한국식품과학회지, 21 : 601 (1989)
 14. 김오목, 김 관, 김성곤 : 한국식품과학회지, 17 : 33(1985)
 15. 박양균, 노일환, 김 관, 김성곤, 이신영 : 한국식품과학회지, 18 : 278(1986)
 16. 강길진, 박양균, 노일환, 김 관, 김성곤 : 한국식품과학회지, 19 : 97(1987)
 17. MacGregor, A. W. and Morgan, J. E. : Cereal Chem., 61 : 222(1984)
 18. MacGregor, A. W. : Cereal Chem., 56 : 430(1979)
 19. AOAC : Official Method of Analysis, 13th ed. (1981)
 20. Macmaster, M. M. : In 'Methods in Carbohydrate Chemistry', R. L. Whistler(ed.), Vol. 4, p. 233, Academic Press : New York(1964)
 21. Williams, P. C., Kuzina, F. D. and Hlynka, I. : Cereal Chem., 47 : 411(1970)
 22. Montgomery, E. M. and Senti, F. R. : J. Polymer Sci., 28 : 1(1958)
 23. Medcalf, D. G. and Gilles, K. A. : Cereal Chem., 42 : 558 (1965)
 24. Schoch, T. J. : In 'Methods in Carbohydrate Chemistry', R. L. Whistler(ed.), Vol. 4, p. 106, Academic Press : New York(1964)
 25. Wilson, L. A., Bermingham, V. A., Moon, D. F. and Synder, H. E. : Cereal Chem., 55 : 661 (1978)
 26. Medcalf, D. G. and Gilles, K. A. : Starch, 18 : 101 (1966)
 27. Kureger, B. R., Knutson, C. A., Inglett, G. E. and Walker, C. E. : J. Food Sci. 52 : 715(1987)
 28. 윤계순, 강옥주, 김형수 : 한국농화학회지, 27 : 79(1984)
 29. Zobel, H. F., Young, S. N. and Rocca, L. A. : Cereal Chem., 65 : 443(1988)
 30. 김수경, 신말식 : 한국농화학회지, 33 : 1 (1990)
 31. Priestley, R. G. : Starch, 27 : 416 (1975)
 32. Halick, J. V. and Kelly, V. J. : Cereal Chem., 36 : 91(1959)
 33. Leach, H. W., McCowen, L. D. and Schoch, T. J. : Cereal Chem., 36 : 534 (1959)
 34. Wong, R. B. K. and Lelievre, J. : Starch, 34 : 159 (1982)
 35. Biliaderis, C. G., Grant, D. R. and Vose, J. R. : Cereal Chem., 25 : 502 (1981)
 36. Reyes, A. C., Albano, E. L., Briones, V. P. and Juliano, B. O. : J. Agric. Food Chem., 13 : 438 (1965)
 37. Biliaderis, C. G., Paje, C. M., Maurice, T. J. and Juliano, B. O. : J. Agric. Food Chem., 64 : 6 (1986)

Physicochemical properties of naked barley starches

Eun Song and Mal-Shick Shin(Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea)

Abstract : Physicochemical properties of waxy and non-waxy naked barley starches were investigated. The starch granules observed by photomicroscope, polarized-light microscope and scanning electron microscope were round. The starch showed a typical A type by X-ray diffraction pattern. Water binding capacity, swelling power and solubility of waxy naked barley starch were higher than non-waxy naked barley starch at the same temperature. Transmittance of 0.1% starch suspension was increased rapidly from 60°C in case of waxy naked barley starch and from 65°C in case of non-waxy naked barley starch. Amylogram revealed that the non-waxy naked barley starches had higher initial pasting temperature than waxy naked barley starch. Enthalpy for gelatinization of non-waxy and waxy naked barley starches were 1.12-1.58 and 0.85 cal/g, respectively.