

아마란스 전분과 곡류 찰전분의 특성 비교

이재학 · 김성란* · 송지영** · 신말식**

한국식물자원연구소, *한국식품개발연구원, **전남대학교

Comparison on Physicochemical Properties of Amaranth Starch with Other Waxy Cereal Starches

Jae-Hak Lee, Sung-Ran Kim*, Ji-Young Song** and Mal-Shick Shin**

Korea Plant Resource Institute

*Korea Food Research Institute

**Department of Food and Nutrition, Chonnam National University

Abstract

Physicochemical properties of amaranth starch were compared with those of waxy rice and waxy corn starches. Amaranth starch granules vary from 1.1~1.9 μm in diameter and are polygonal in shape. Total amylose contents from waxy rice, waxy corn and amaranth starches were 0.01, 0.03 and 0.07%, respectively. Swelling power of amaranth starch granule was slightly different from waxy rice. The swelling power of amaranth increased at 70°C. X-ray diffraction patterns of amaranth and other waxy cereal starches showed an A-type crystalline structure. Relative crystallinities of their starches were similar. According to pasting properties by Rapid Visco-Analyser, amaranth starch showed a very high gelatinization temperature (75.1°C) and lower viscosity and higher stability than other waxy cereal starches during heating and cooling cycle. Peak onset temperatures (T_o) of starches from waxy rice, waxy corn and amaranth in DSC thermograms were 58.7~64.0, 67.2 and 71.5°C, respectively, and their peak enthalpies were similar. Enthalpy of reheated amaranth starch after 3 day storage at 4°C was higher than those of waxy corn and rices starchs.

Key words: amaranth starch, waxy rice starch, waxy corn starch, physicochemical properties

서 론

아마란스(amaranth)는 종실, 화수, 어린잎 모두 이용이 가능하고 영양학적으로 구성성분이 우수하여 최근 유망한 신작물로 관심을 끌고 있다^(1,2). 아마란스는 비름과(*Amaranthus spp*, L.)에 속하며 잡초종이 대부분이지만 재배용 품종은 Aztec과 Inca인들의 주식작물이었으며, 잎은 채소 형태로 소비되고 있고 화수와 잎의 색소는 알콜성 음료 등에 착색제로 쓰이고 있으나 주로 종실을 사용하는 용도가 많다. 종실은 parching, roasting, popping시켜 분말(flour), 후레이크(flakes), 곡류 가공제품(cereal-based food)의 첨가제 등의 다양한 형태로 개발되고 있다^(3,4). 아마란스는 분류학상 화곡류(cereal)로 분류되지 않으나 일반 곡류와 성질이 비

슷하고 쓰이는 용도도 유사하여 pseudocereal로 불려진다⁽⁵⁾. 아마란스 종실은 종피, germ, 미미하게 발달된 endosperm, 그리고 starch perisperm으로 구성되며 germ이 perisperm을 둘러싸고 있는 것이 일반 화곡류와 다르다⁽⁶⁾. 아마란스 종실은 불포화도가 높은 지방을 7~8% 함유하며, lysine과 황합유 아미노산이 풍부하고 아미노산 조성이 뛰어난 단백질을 15~16% 함유하는 우수한 곡류 단백질원으로 주목받고 있다⁽⁶⁾.

아마란스는 일반 곡류보다 낮은 48~69%의 전분을 함유하며 전분 입자의 크기는 1~4 μm 로 곡류전분 중에 가장 작은 쌀전분 입자보다 더 작다. 식용으로 주로 사용되는 아마란스는 *A. caudatus*, *A. cruentus*와 *A. hypochondriacus*인데 그중 *A. hypochondriacus*는 품종에 따라 찰성과 메성이 있으나 그외는 찰성 전분이 대부분인 것으로 알려졌다^(7,8). 아마란스의 전분에 대한 연구는 품종차이에 따른 전분 특성⁽⁹⁾과 전분의 구조적 특성^(8,10), 전분분리 방법을 달리하여 제조한 아마란스

전분의 특성비교⁽¹¹⁾, 입자 크기가 작고 단백질과의 분리가 힘든 전분 추출방법의 개선에 관한 연구^(12,13) 및 가교결합 변성전분 특성⁽⁹⁾, 냉동·해동 안정성⁽¹⁴⁾, 검과의 상호작용에 대한 연구⁽¹⁵⁾가 보고되었다.

아마란스 전분의 특성에 관하여 보고된 연구들^(16,17)은 밀이나 옥수수 전분들과 비교한 것이 대부분이며 찰성 전분으로서의 특성을 곡류 찰전분과 비교한 것은 거의 없다. 특히 국내의 기후조건으로 재배가 가능하고 우수한 특성을 갖는 아마란스 품종을 개량하고 있으므로 이를 이용하기 위한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 아마란스 전분의 가공적성을 살피고 이용을 확대하기 위하여 일반 찰성 곡류 전분과 아마란스 전분의 특성을 비교하였으며 호화 및 노화 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

재료

아마란스는 농촌진흥청 작물시험장에서 1996년 수확한 *A. caudatus*, *A. cruentus* 계열의 혼합종자를 사용하였다. 찹쌀 시료는 화선찰벼, 신선찰벼와 밀양 146호를 사용하였으며 각각 작물시험장, 영남시험장 및 농촌진흥청 종자은행으로부터 구입하였다. 찰옥수수 전분은 Amioca로 American Maize Co.(U.S.A)에서 구하여 사용하였다.

전분의 제조

아마란스와 각종 찹쌀 전분은 알카리 침지법⁽¹¹⁾에 의하여 제조하였다. 시료에 5배량의 0.2% 수산화나트륨 용액(v/v)을 가하여 블렌더로 마쇄한 후 100메시와 400메시 체를 차례로 통과시켰다. 얻어진 침전물을 위하여 노란층이 없어지고 뷔렛반응이 음성이 될 때까지 침전물을 0.2% 수산화나트륨 용액으로 반복처리하고, 중류수로 중성이 될 때까지 씻어 정제전분을 얻었다. 아마란스는 알카리 침지법에 의하여 전분을 추출한 후 3000 rpm에서 원심분리하여 침전물을 분리하고, 침전물 표면에 남아있는 단백질 등을 긁어내는 조작을 반복하여 전분을 분리하였다. 얻어진 전분은 실온에서 건조한 후 분쇄하고 100메시 체에 통과시켰다.

전분의 이화학적 특성 측정

전분입자의 크기 및 형태는 전분을 금과 백금(gold-palladium)으로 200 Å 두께로 피복한 후 주사 전자 현미경(JSM-35, Jeol, Japan)으로 15 kV에서 2000~3000배 확대하여 관찰하였다.

아밀로오스 함량은 Williams 등의 비색법⁽¹⁸⁾으로 측정하였고 쌀전분으로부터 Montgomery와 Senti법⁽¹⁹⁾으로 분리한 아밀로오스와 아밀로펩틴으로 작성한 표준곡선에 따라 계산하였다. 팽윤력과 용해도는 60~75°C의 온도 범위에서 20분간 저어준 후 Schoch의 방법⁽²⁰⁾에 따라 측정하였다. 전분의 물결합능력은 Medcalf와 Gilles의 방법⁽²¹⁾에 따라 측정하였다.

X-선 회절 분석

X-선 회절 양상은 X-ray diffractometer (Rigaku Co., Japan)를 사용하여 target; Cu-Kα, filter; Ni, 35 kV, 15 mA의 조건으로 회절각도 5~40도 범위에서 분석하였고 Komiya와 Nara의 방법⁽²²⁾에 따라 상대적 결정화도를 계산하였다.

호화양상 분석

Rapid Visco-Analyzer (Newport Sci., Australia)를 사용하여 Perez 등의 방법⁽⁹⁾으로 전분의 호화 양상을 관찰하였다. 온도 프로그램은 총 13분으로 1분동안 50°C에서 평형시킨 후 4.7분까지 95°C로 상승시켜 0.5분 유지하고 11분까지 50°C로 냉각시켜 2분간 50°C를 유지하도록 조정하였으며 전분 3 g (수분함량 14% 기준)을 중류수 25 mL에 분산시켜 측정하였다.

시차 주사 열량계 분석

알루미늄 팬에 전분과 중류수(1:2 w/w)를 넣고 밀봉한 후 DSC (Mettler TA-4000 System DSC 300, U.K.)를 이용하여 30°C부터 120°C까지 분당 10°C의 속도로 가열하여 호화온도와 엔탈피를 측정하였다. 또한 1차 가열한 팬을 4°C에서 3일간 저장한 후 DSC로 같은 속도로 재가열하여 노화 특성을 조사하였다.

결과 및 고찰

전분 입자의 크기 및 형태

아마란스 종실은 황색을 띠고 직경은 0.12 cm이며 천립중은 702.4 mg이었다. 이로부터 분리한 전분을 주사 전자 현미경으로 살펴 본 결과, 아마란스 전분은 Fig. 1과 같이 불규칙한 다면체 모양이었으며 대부분 직경 1.1~1.9 μm 범위의 비교적 균일한 크기로 분포하였다. 찹쌀전분 입자도 품종에 관계없이 다면체이며 크기는 3.9~4.8 μm로 아마란스 전분보다 2~3배 커으며 입자 표면의 단백질체 흔적(indentation)을 확인할 수 있었다. 찰옥수수 전분은 타원형이고 크기는 평균 11.1 μm로 시료 중에 가장 컸다. Lopez 등⁽¹⁷⁾은 아

Fig. 1. Scanning electron micrographs of starches from amaranth (A), waxy rice (B; Shinsunchal, C; Hwasunchal, D; Milyang 146) and waxy corn (E).

마란스 전분의 크기는 0.8~2.5 μm 범위로서 다른 전분에 비해 단위무게당 표면적이 크므로 코팅피복제, 분산제 등으로 이용시 유리하게 작용할 수 있을 것이라고 보고하였다. 일반적으로 입자의 크기가 작을수록 팽윤력과 물결합 능력이 크고 α -amylase 등 효소에 대한 반응도(susceptibility)가 낮아지는 경향이 있다고

알려져 있다⁽²³⁾.

이화학적 성질

알칼리 침지법으로 분리한 아마란스와 찹쌀, 칠옥수수 전분은 수분 9.76~11.35%, 단백질 0.31~0.51% 범위였으며, 아마란스 전분의 겉보기 아밀로오스 함량은

Table 1. Physicochemical properties of amaranth and other waxy cereal starches

Starch	Total amylose (%)	Soluble amylose (%) at 75°C	Swelling power at 75°C	Solubility (%) at 75°C	Crystalline type	Relative crystallinity (A_c/A_c+A_a) ¹⁾
Amaranth	0.07	15.57	48.88	19.28	A	0.5148
Waxy rice						
Shinsunchal	0.03	28.33	73.28	22.56	A	0.5079
Hwasunchal	0.03	26.67	65.84	23.87	A	0.5589
Milyang 146	0.01	29.00	79.53	31.03	A	0.5280
Waxy corn	0.03	2.33	18.10	2.44	A	0.5025

¹⁾Ac and Aa mean crystalline area and amorphous area, respectively.

0.07%로 다른 곡류 찰전분과 같이 매우 낮아 아밀로페틴만으로 구성됨을 알 수 있었다(Table 1). 품종에 따라 아마란스 전분의 아밀로오스 함량은 0~14% 범위로 낮은 아밀로오스 함량이 고온에서의 점도와 호화특성에 독특한 성질을 부여한다고 보고되었다^(16,17). 75°C로 가열하여 용출되는 용해성 아밀로오스는 찹쌀전분이 가장 많았으며 아마란스, 찰옥수수 전분 순이었다.

아마란스 전분의 팽윤력은 Table 1과 같이 찹쌀 전분의 팽윤력보다 낮았으나 찰옥수수 전분의 팽윤력보다 높았다. 온도에 따른 팽윤력의 변화는 찹쌀전분이 서서히 증가하는데 비하여 아마란스 전분은 70°C 이후에 급격한 증가를 보였다.

각 전분의 75°C에서의 용해도도 팽윤력과 같이 찹쌀 전분의 용해도가 가장 높고 아마란스 전분, 찰옥수수 전분의 순이었으나 찹쌀전분의 경우 팽윤력이 서서히 증가한 반면 용해도는 70°C 이후에 급격히 증가하여 아마란스 전분의 경향과 비슷하였다. 이러한 팽윤력과 용해도의 변화는 전분의 호화양상과 상관이 있으며 가열중에 용출되는 용해성 아밀로오스 함량과도 관련이 있다.

찰전분의 경우 낮은 온도에서 호화가 일어나고 팽윤력이 매우 커서 75°C 이상의 온도에서는 원심분리에 의한 팽윤된 전분립과 용출된 상징액과의 분리가 일어나지 않았으며 그 이상의 온도에서 팽윤력과 용해도의 측정은 불가능하였다.

전분의 물결합 능력은 아마란스 전분이 138.86%, 신선찰 135.02%, 화선찰 135.55%, 밀양146 139.20%, 찰옥수수 전분이 132.88%로 모두 높았으며 시료간에 큰 차이가 없었다.

아마란스 전분의 경우 아밀로오스 함량이 높은 종 일수록 팽윤력이 높았으며, 찰옥수수 전분과 비교해 볼 때 아마란스 전분의 팽윤력이 높았는데 아밀로페틴 사슬길이가 짧은 특성이 영향을 주기 때문인 것으로 보고되었다^(7,8).

X-선 회절양상과 결정도

시료 찰전분들의 X-선 회절도는 Fig. 2와 같이 모두 회절각도(2θ) 15.0, 17.1, 18.0, 23.0에서 강한 피크를 보여 A형임을 알 수 있었고 아마란스 전분도 곡류전분의 전형적인 결정형인 A형과 같았다. X-선 회절도로부터 구한 상대적 결정도는 Table 1과 같이 아마란스 전분, 찹쌀과 찰옥수수 전분의 결정성은 큰 차이가 없었다. 찹쌀 전분중 화선찰의 경우 결정성이 가장 높았으며 이는 팽윤력이나 용해도, 75°C에서의 용해성 아밀로오스가 낮은 것과 상관이 있을 것으로 생각되었다.

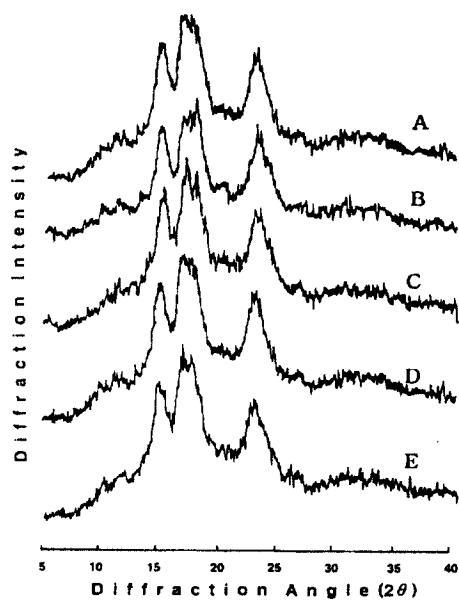


Fig. 2. X-ray diffraction pattern of amaranth(A), waxy rice (B); Shinsunchal, C; Hwasunchal, D; Milyang 146 and waxy corn (E) starches

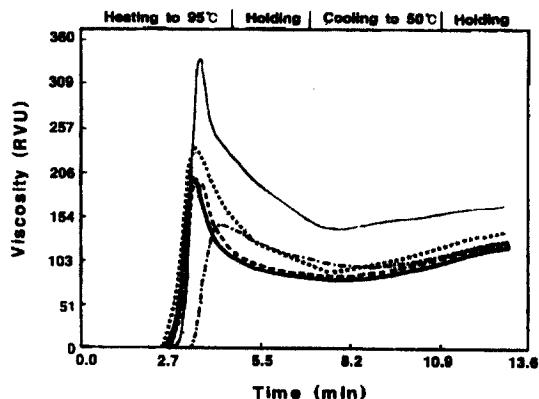


Fig. 3. RVA pasting curves of amaranth (---), waxy rice {Shinsunchal (—), Hwasunchal (---), Milyang 146 (★★★)} and waxy corn (—) starches

비스코그래프에 의한 호화 양상

신속점도측정계 (Rapid Visco-Analyzer)에 의한 찰전분의 호화양상은 Fig. 3과 Table 2와 같다. 아마란스 전분의 호화 개시 온도가 75.1°C로 다른 찰전분에 비해 매우 높았고 찰옥수수 전분이 71.1°C, 찹쌀 전분이 67.2~68.8°C였다. 아마란스 전분은 찹쌀과 찰옥수수 전분에 비하여 피크점도가 특히 낮고 강하점도(breakdown)가 매우 낮았다. 즉 아마란스 전분에서는 찰옥수수와 찹쌀전분에서 나타나는 피크점도 도달 후

Table 2. RVA (Rapid Visco-Analyzer) pasting characteristics of amaranth and other cereal waxy starches

Starch	Temperatures (°C)			Viscosities (RVU) ¹⁾					
	Initial increase	Peak	Peak (P)	Hold 15 min. (H)	Cool to 50°C (C)	Consistency C-H	Breakdown P-H	Setback C-P	
Amaranth	75.1	86.2	146	108	120	12	38	-26	
Waxy rice									
Shinsunchal	67.2	76.6	199	80	113	33	119	-86	
Hwasunchal	68.2	78.4	201	83	118	35	118	-82	
Milyang 146	68.8	78.6	235	104	141	37	131	-94	
Waxy corn	71.1	83.2	372	126	156	30	246	-216	

¹⁾ RVU: Rapid Visco Units.

shear에 의한 급격한 점도 저하현상(thinning)¹⁰ 나타나지 않았으며, 온도 전범위에 걸쳐 점도 변화가 크지 않고 매우 안정적인 점도패턴을 유지하였다. 피크점도와 강하점도는 찰옥수수 전분이 가장 높았다. 아마란스 전분의 냉각점도는 찹쌀과 비슷하였다.

Perez 등의 보고⁹에 의하면 아마란스 전분의 낮은 피크점도와 온도변화에 안정적인 점도특성은 인스턴트 스프 첨가물로서 매우 우수한 특성이며, 가교결합 등 변성처리를 통해 소스나 드레싱에도 적합한 농후제로서의 물성을 나타낼 수 있다고 하였다.

시차주사열량계에 의한 호화 및 노화 특성

아마란스와 찹쌀, 찰옥수수 전분을 30°C부터 120°C까지 가열하고 이 시료를 4°C에서 3일간 저장한 다음 재가열하여 얻은 thermogram들은 Fig. 4와 같다. 흡열피크의 상전이 온도 범위와 엔탈피를 비교해 보면 Table 3과 같이 시료간 큰 차이를 나타내었다. 호화개시 온도(T_o)는 찹쌀 전분이 58.7~64.0°C로 가장 낮았으며 찰옥수수는 67.2°C이고 아마란스 전분은 71.5°C로 가장 높았다. 이는 비스코그래프에 의한 호화개시 온도와 같은 경향이었다. 호화 엔탈피는 찹쌀 전분이 9.68~13.46 J/g으로 작았고, 아마란스와 찰옥수수 전분이 각각 14.33 J/g, 14.60 J/g으로 유사하였다. Uriya-

pongson과 Rayas-Duarte⁽¹¹⁾는 DSC로 조사한 호화개시 온도가 찌전분이 가장 낮고, 밀전분, 감자전분, 옥수수전분, 찰옥수수전분의 순으로 호화 개시온도가 높았으며 아마란스전분이 가장 높았다고 보고하였다. 또한 호화엔탈피는 아마란스 전분이 20.2 J/g (*A. hypochondriacus* × *A. hybridus*)과 11.7 J/g (*A. cruentus*)로 밀(5.2 J/g)과 옥수수(9.4 J/g)보다 높았고 찰옥수수와

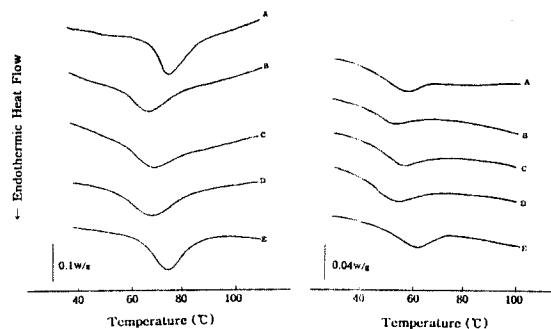


Fig. 4. Differential scanning calorimetric thermograms (left) of amaranth starch and other waxy starches (starch:water=1:2) and melting endotherm (right) obtained by reheating after 3 day storage at 4°C. A: amaranth, B: Shinsunchal, C: Hwasunchal, D: Milyang 146, E: waxy corn

Table 3. DSC characteristics of amaranth and other waxy cereal starches

	Gelatinization peak ¹⁾			Melting endotherm ²⁾		
	T_o (°C)	T_p (°C)	ΔH (J/g)	T_o (°C)	T_p (°C)	ΔH (J/g)
Amaranth	71.5	76.6	14.33	43.0	54.5	1.27
Waxy rice						
Shinsunchal	61.3	68.3	11.16	48.4	52.9	0.29
Hwasunchal	64.0	69.7	9.68	49.9	55.2	0.54
Milyang 146	58.7	67.3	13.46	46.9	52.9	0.51
Waxy corn	67.2	74.8	14.60	46.4	56.7	1.19

¹⁾ T_o : onset temperature, T_p : peak temperature, ΔH : enthalphy.

²⁾ Reheated after 3 day storage at 4°C.

는 유사하였으며 쌀(18.9 J/g), 감자(13.7 J/g) 전분과는 차이가 있었다고 보고하였다. 아마란스의 DSC 호화 특성에 수분함량 및 당과 염이 미치는 효과에 관한 연구도 보고된 바 있다⁽²⁴⁾.

생전분을 120°C까지 가열한 시료의 노화양상을 보기 위하여 4°C에서 3일간 저장한 후 DSC로 재가열하면 Fig. 4와 같이 호화용융 피크 온도범위인 58.7~71.5°C보다 낮은 온도인 43.0~49.9°C 범위에서 용융피크가 나타났다. 충분한 물이 있는 상태에서 전분을 가열하면 전분의 결정성 부분이 무정형으로 바뀌는 호화가 일어나며 전분호화액을 다시 저장하면 노화가 진행된다. 노화된 아마란스 전분은 찹쌀전분이나 찰옥수수 전분보다 전분의 용융이 낮은 온도에서 시작되었으나 용융 엔탈피는 높았다. 노화전분이 용융될 때 나타나는 흡열 피크는 노화된 아밀로펩틴에 의한 것으로 4°C에서 3일 저장한 조건에서 거의 아밀로펩틴으로만 구성된 시료전분에서 노화로 인한 아밀로펩틴의 용융 엔탈피가 차이가 나는 것은 아밀로펩틴의 구조적 차이로부터 기인되는 것으로 생각된다. 아마란스 전분의 노화특성에 관한 보고는 거의 없으나 freeze-thaw cycle에 대한 안정성이 매우 우수하여 4 cycle에도 수분분리가 일어나지 않았다고 발표되었다⁽²⁵⁾.

아마란스 전분은 일반 찰성 곡류전분의 고유 특성을 갖고 있으면서 곡류전분 중에서 크기가 가장 작은 찹쌀전분보다 더 작은 등 매우 독특한 특성을 지니고 있었다. 찰전분으로 호화가 매우 높은 온도에서 시작되고 호화시 점도 상승이 급격하지 않았으며 기계적 전단에 대한 저항성이 다른 찰전분보다 커서 안정한 점도를 유지하는 특성이 있었다. 이런 특성은 인스턴트 스프, 드레싱 및 소스 등에 안정제로서 첨가하였을 때 다른 전분보다 우수한 기능성을 부여할 수 있을 것으로 생각되었다. 또한 영양적으로 우수한 특성을 갖는 아마란스 전체를 이용할 때에도 아마란스 전분의 특성이 유리하게 작용할 것이다.

요 약

아마란스의 가공적성을 살피고 이용을 확대하기 위하여 아마란스 종실의 주성분인 전분을 분리하여 그 특성을 찹쌀전분과 찰옥수수전분과 비교하였으며 호화 및 노화 특성을 조사하였다. 아마란스 전분의 입자 크기는 1.1~1.9 μm로 찹쌀전분입자보다 더 작았으며 겉보기 아밀로오스 함량은 찹쌀, 찰옥수수 및 아마란스 전분이 각각 0.01, 0.03, 0.07%로 모두 아밀로펩틴으로 구성되었다. 아마란스 전분의 팽윤력과 용해도

는 찹쌀전분보다 낮았고 찰옥수수 전분보다는 높았으며 70°C 이후에 급격히 증가하는 양상을 나타냈다. 아마란스 전분의 X-선 회절도에 의한 결정형은 다른 곡류와 같이 A형이었으며 결정성도 큰 차이가 없었다. 비스코그래프로 조사한 아마란스 전분의 호화개시온도는 75.1°C로 다른 전분에 비해 높았으며 피크점도는 찹쌀과 찰옥수수 전분보다 낮았다. 냉각점도는 찹쌀과 유사하였으나 breakdown이 특히 낮았다. 시차주사 열량계에 의한 찹쌀, 찰옥수수, 아마란스 전분의 호화 개시온도(T_g)는 각각 58.7~64.0, 67.2, 71.5°C이었으며, 호화 엔탈피는 찹쌀전분이 낮았고 아마란스와 찰옥수수 전분이 비슷하였다. 4°C에서 3일 저장하면 43.0~49.9°C에서 용융이 시작되고 이때 용융 엔탈피는 아마란스 전분이 가장 높았다. 아마란스 전분은 호화가 매우 높은 온도에서 시작되었고 호화시 점도 상승이 급격하지 않았으며 기계적 전단에 대한 저항성이 다른 찰전분보다 커서 안정한 점도를 유지하는 특성이 있었다.

문 현

- Lehmann, J.W.: The potential of grain amaranth in the 1990's and beyond. *Proceedings of the 4th National Amaranth Symposium*, Minnesota, August 23-25 (1990)
- Teutonico, R.A. and Knorr, D.: Amaranth : Composition, properties, and applications of a rediscovered food crop. *Food Technology*, **39**, 49-61 (1985)
- Breene, W.M.: Food uses of grain amaranth. *Cereal Foods World*, **36**, 426-430 (1991)
- Lehmann, J.W.: Case history of grain amaranth as an alternative crop. *Cereal Food World*, **41**, 399-411 (1996)
- Aufhammer, W., Lee, J.H., Kübler, E., Kuhn, M. and Wagner, S.: Production and utilization of the pseudocereals buckwheat, quinoa and amaranth as grain crops. *Die Bodenkultur*, **46**, 125-140 (1995)
- Bressani, R.: Composition and nutritional properties of amaranth. In *Amaranth, biology, chemistry and technology*, Paredes-Lopez, O.P. (ed.), CRC Press, p185-205 (1994)
- Konishi, Y., Nojima, H., Okuno, K., Asaoka, M. and Fuwa, H.: Characterization of starch granules from waxy, nonwaxy and hybrid seeds of *Amaranthus hypochondriacus* L. *Agric. Biol. Chem.*, **49**, 1965-1971 (1985)
- Sugimoto, Y., Yamada, K., Sakamoto, S. and Fuwa, H.: Some properties of normal- and waxy-type starches of *Amaranthus hypochondriacus* L. *Starch*, **33**, 112-116 (1981)
- Perez, E., Bahnssey, Y.A. and Breene, W.M.: Some chemical, physical, and functional properties of native and modified starches of *Amaranthus hypochondriacus* and *Amaranthus cruentus*. *Starch*, **45**, 215-220 (1993)
- Bello-Lopez, L.A., Colonna, P., Roger, P. and Paredes-Lopez, O.: Macromolecular features of amaranth starch.

- Cereal Chem.*, **75**, 395-402 (1998)
11. Uriyapongson, J. and Rayas-Duarte, J.: Comparison of yield and properties of amaranth starches using wet and dry-wet milling processes. *Cereal Chem.*, **71**, 571-577 (1994)
 12. Perez, E. and Bahnassey, Y.A. and Breene, W.M.: A simple laboratory scale method for isolation of amaranth starch. *Starch*, **45**, 211-214 (1993)
 13. Radosavljevic, M., Jane, J. and Johnson, L.A.: Isolation of amaranth starch by dilute alkaline-protease treatment. *Cereal Chem.*, **75**, 212-216 (1998)
 14. Singhal, R.S. and Kulkarni, P.R.: Some properties of *Amaranthus paniculatas* (Rajgeera) starch pastes. *Starch*, **42**, 5-7 (1990)
 15. Sudhakar, V., Singhal, R.S. and Kulkarni, P.R.: Starch-gum interactions : formulation and functionality using amaranth/corn starch and CMC. *Starch*, **44**, 369-374 (1992)
 16. Lolenz, K.: Amaranthus hypochondriacus-characteristics of the starch and baking potential of the flour. *Starch*, **33**, 149-153 (1981)
 17. Lopez, M.G., Bello-Perez, L.A. and Paredes-Lopez, O.: Amaranth carbohydrates In *Amaranth, biology, chemistry and technology*, Paredes-Lopez, O. P.(ed.), CRC Press. p 107-131 (1994)
 18. Williams, P.C., Kuzina, F.P. and Hylnka, I.: A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.*, **47**, 411-420 (1970)
 19. Montgomery, E.M. and Senti, F.R.: Separation of amylose from amylopectin of starch by an extraction-sedimentation procedure. *J. Polymer Sci.*, **28**, 1-32 (1958)
 20. Schoch, T.J.: Swelling power and solubility of granular starches. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*, Vol. IV, Academic Press, p 106 (1964)
 21. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Wheat starch I. Comparison of physical properties. *Cereal Chem.*, **42**, 558-568 (1965)
 22. Komiya, T. and Nara, S.: Changes in crystallinity and gelatinization phenomena of potato starch by acid treatment. *Starch*, **38**, 9-13 (1986)
 23. Tian, S.T., Rickard, T.E. and Blanshard, J.M.V.: Physicochemical properties of sweet potato starch. *J. Sci. Food Agric.*, **57**, 459-491 (1991)
 24. Perez-Lopez, O. and Hernandez-Lopez, D.: Application of differential scanning calorimetry to amaranth starch gelatinization-influence of water, solutes and annealing. *Starch*, **43**, 57-61 (1991)
 25. Yanez, G.A., Messinger, J.K., Walker, C.E. and Rupnow, J.: *Amaranthus hypochondriacus* : Starch isolation and partial characterization. *Cereal Chem.* **63**, 273-276 (1986)

(1999년 3월 12일 접수)