

## 다양한 방법으로 가공처리한 아마란스 가루의 특성

최차란 · 김성란<sup>1</sup> · 이재학<sup>2</sup> · 신말식\*

전남대학교 식품영양학과, <sup>1</sup>한국식품개발연구원, <sup>2</sup>한국식물자원연구소

## Properties of Amaranth Flour Processed by Various Methods

Cha-Ran Choi, Sung-Ran Kim<sup>1</sup>, Jae-Hak Lee<sup>2</sup>, and Mal-Shick Shin\*

Department of Food and Nutrition, Chonnam National University

<sup>1</sup>Korea Food Research Institute

<sup>2</sup>Korea Plant Resource Institute

Processed foods were developed using amaranth starch and flours. Amaranth seeds were untreated (UT), defatted (DF), germinated (GM), roasted (RT), popped (POP), and extruded (EX1 and EX2). Amaranth flours showed A-type pattern on X-ray diffractograms, while crystallinity was not observed in POP, EX1, and EX2. POP and EX1 showed highest (740.3%) and lowest (38.5%) water-binding capacities, respectively. Transmittances of RT, POP, EX1, and EX2 flour suspensions were higher than those of others. Transmittance of amaranth starch and flours differed with processing methods. RT, POP, EX1, and EX2 showed higher transmittance at 60°C. Initial pasting temperature of amaranth flours by RVA were 68.1-73.0°C, and peak viscosities of GM and RT were 31.6 and 401.1 RVU, respectively. Melting endotherms of POP, EX1, and EX2 were not observed in DSC thermograms.

**Key words:** amaranth flour, processed flour, amaranth starch

### 서 론

아마란스는 유사화곡류(pseudocereal)로서 잎과 종실 모두 사용이 가능한 신작물이다. 이 중 아마란스 종실은 48-62% 정도의 전분을 함유하고 있어 전분의 좋은 급원으로 알려져 있다 (1). 아마란스의 전분은 입자 크기가 매우 작고 냉·해동 안정성이 우수할 뿐만 아니라 기계적 전달력에도 저항성이 크므로 증점제, 안정제, 생분해성 필름, 더스팅 파우더 등에서 활용범위가 매우 넓다(2-5). 또한, 아마란스 종실 자체는 곡류에 부족한 리신을 비롯하여 단백질, 지방, 토크페롤 등이 풍부하며 글루텐에 의한 알레르기가 없어 이유식과 같은 식품에서의 활용도가 높을 것으로 기대된다(6). 아마란스가 많이 생산되는 중남미에서는 아마란스 전분을 사용하기 보다는 아마란스의 영양적인 우수성을 살려 종실 그 자체를 이용하고 있다. 실제로 멕시코에서는 팽화(popping)된 아마란스를 사용하여 alegria 캔디를 제조하고 있으며 아마란스를 볶은 후 분말화하여 시럽과 물을 혼합한 다음 atole이라는 음료를 만들기도 한다. 이외에도 일부 나라에서는 죽이나 차파티(chapattis)와 같은 음식제조에 아마란스를 이용하고 있다(7). 그러나 아마란스를 이용한 식품

들은 아직까지 대중화되지 못하고 있으며 일부 재배지역을 중심으로 식품 가공에 이용되고 있는 실정이다. 이는 아마란스 가루 및 전분의 이화학적 특성과 가공 적성 등에 관한 체계적인 연구가 미흡하기 때문이라고 생각된다. 또한, 토양이나 기후 등에 따라 아마란스의 품종이 다양하고 아마란스의 성질이 달라지기 때문에 각 지역에서 생산된 아마란스 종실에 대한 연구도 필요하다. 우리나라에서는 경기도 일부에서 아마란스를 재배하고 있으나 이를 이용한 식품의 개발은 미약하며 기존 연구에서도 국내산 아마란스를 사용한 예는 드물다(8). 아마란스를 식품제조에 이용하기 위해서는 여러 가지 가공방법을 시도할 수 있는데 지금까지는 주로 팽화나 압출성형 등의 방법이 적용되었다. Mendoza 등(9)은 압출성형이 아마란스 종실의 단백질 또는 영양소의 이용성을 증가시키고 리신의 잔존율을 높일 수 있는 방법이라고 하였고, Sanchez-Marroquin 등(10)은 아마란스 종실을 팽화(popping)시켰을 때 낱 것이나 토스트(toast)한 종실보다 PER(Protein Efficiency Ratio)이 높게 나타난다고 하였다. 일부에서는 영양가를 향상시키기 위해 또는 영유아용 이유식 제조에 아마란스 종실을 활용하기 위해서 로스팅(roasting), 발아(germination), 발효 등의 기술을 적용하기도 했고(11-13), 빵 제조시 밀가루의 10-15%를 아마란스로 대체하면 빵의 품질에 거의 영향을 주지 않는다고 보고하였다(14). 그러나, 이들 연구들은 주로 아마란스 종실을 가공했을 때 영양소의 변화나 효율의 증가, 최종 제품의 품질 유지 등에 대한 관심이 주된 것이었고 가공 처리했을 때 아마란스 종실의 내부적인 변화 즉, 주성분인 전분의 호화나 이화학적 성질의 변화 등에는 관

\*Corresponding author : Mal-Shick Shin, Department of Food & Nutrition, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea  
Tel: 82-62-530-1336  
Fax: 82-62-530-1339  
E-mail: msshin@chonnam.ac.kr

심이 적었다. 이에 본 연구에서는 아마란스 종실을 여러 가지 방법으로 가공 처리한 후 분쇄하여 아마란스 전분과 함께 외형을 관찰하였고 이화학적 특성 및 호화 특성 등을 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 아마란스 전분의 제조

한국식물자원연구소(경기도 고양)에서 2001년에 수확한 아마란스를 시료로 사용하였다. 아마란스 전분은 알칼리 침지법(15)을 변형하여 분리하였는데 먼저 아마란스 종실을 0.25% NaOH 용액에 침지한 후 블렌더로 마쇄하였고, 마쇄한 시료는 45, 100, 325 메쉬 체를 차례로 통과시켜 최종적인 침전물을 수집하였다. 이를 7,000 rpm에서 30분 동안 원심분리하여 분리된 전분층에서 표면의 단백질을 제거하고 뷰렛반응이 나타나지 않을 때까지 0.25% NaOH 용액을 첨가하면서 전분을 분리하였다. 분리된 전분은 중성이 될 때까지 1 N HCl로 중화시켰다. 얻어진 전분은 실온에서 건조한 후 마쇄하여 100 메쉬 체를 통과시켜 시료로 사용하였다.

### 가공처리한 아마란스 가루의 제조

아마란스 가루는 아마란스 종실을 각각 탈지(defatting; DF), 발아(germination; GM), 로스팅(roasting; RT), 팽화(popping; POP), 압출성형(extrusion; EX) 처리한 후 마쇄하여 제조하였다.

가공처리하지 않은 아마란스(untreated; UT)는 깨끗이 씻은 후 실온에서 풍건하였고 이를 food mixer를 이용하여 마쇄하였다. 가루화된 시료는 45 메쉬 체에 통과시켜 시료로 사용하였다. 탈지 시료는 아마란스 종실을 수세하여 건조하고 분쇄한 다음 hexane으로 탈지하였다. 탈지된 시료는 건조하여 용매를 날리고 사용하였다.

시료의 발아는 물에 적신 여과지를 놓은 쟁반에 아마란스 종실을 올린 후 램을 썬워 향온기(25°C, 2일)에서 실시하였다. 발아된 아마란스 종실은 가공처리하지 않은 시료와 같은 방법으로 가루화하였다.

로스팅 시료는 아마란스를 수세한 후 건조하여 전열식 볶음기(PROVAT, Germany)로 170°C에서 10분간 로스팅 하였으며 냉각 후 가루화하였다. 팽화 시료는 수세한 아마란스를 깨를 볶는 방법과 같이 후라이팬에 넣고 툭툭 될 때로부터 5분 동안 볶았다. 팽화된 시료 역시 마쇄하여 체에 통과시킨 후 시료로 사용하였다.

아마란스의 압출성형은 동방향 쌍축 압출성형기(THK-31T, Baksang Machine, Korea)를 사용하여 Table 1과 같이 수분침

가량이 다른 조건으로 2종류의 시료를 제조하였고 위와 같은 방법으로 가루화하였다.

### 형태 관찰

아마란스 전분 및 가공처리한 가루의 형태는 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, JEOL JSM-5400, Japan)을 이용하여 전분은 가속 전압 20 kV, 10,000배의 배율로, 가루는 5,000배의 배율로 관찰하였다.

### 색도 측정

아마란스 전분 및 가루의 색도는 색차계(Minolta CR-300 Series, Japan)를 사용하여 Hunter의 L(lightness)값, a[(+)redness/(-)greeness]값 및 b[(+)yellowness/(-)blueness]값을 측정하였다. 각 시료는 공기가 함유되지 않도록 단단히 봉하여 측정하였으며 표준 백색판은 L = 96.90, a = +0.21, b = +2.21을 사용하였다.

### X선 회절도 분석

X선 회절도에 의한 결정형과 결정강도는 X선 회절기(D/Max-1200, Rigaku Co., Japan)를 사용하여 target, Cu-K $\alpha$ : filter, Ni: full scale range, 3,000 cps: scanning speed, 8°/min: voltage, 40 kV: current, 20 mA의 조건으로 회절각도 40-5°까지 회절시켜 분석하였다.

### 이화학적 성질 측정

물 결합능력은 Medcalf와 Gilles의 방법(16), 60°C와 100°C에서의 팽윤력과 용해도는 Schoch의 방법(17)을 일부 변형하여 15,000 rpm에서 30분간 원심분리한 후 측정하였다.

### 호화 특성 측정

아마란스 전분과 가루의 광투과도는 0.1% 현탁액을 60°C와 100°C에서 각각 10분간 가온한 후 실온에서 2분간 방치한 다음 분광광도계(8452A, Diode array spectrometer, Hewlett-Packard, USA)로 625 nm에서 측정하여 구하였다.

알칼리 호화에 의한 점도 변화는 Maher(18)의 방법에 따라 실시하였다. 시료 3 g을 50 mL 메스실린더에 취하고 증류수를 넣어 1분간 교반시킨 다음 1.0 N NaOH 용액을 가하여 최종 농도가 0.27 N NaOH의 6% 용액 40 mL가 되도록 하였다. 이것을 30초 동안 교반한 후 Brookfield 점도계(Brookfield viscometer, model LVE, USA)를 사용하여 30초 간격으로 30분간 점도 변화를 측정하였다. 이 때 기기조건은 spindle No. 4, 회전속도 12 rpm이었다.

Table 1. Extrusion conditions of amaranth flours

		Sample	
		Extrusion 1	Extrusion 2
Pre extrusion	Moisture content (%)	13	13
Extrusion conditions	Screw speed (rpm)	250	250
	Feed rate (rpm)	24	24
	Water injection	5	15
	1(set/melt temp., °C)	129	118
	2(set/melt temp., °C)	128	117
	3(set/melt temp., °C)	81	73
	Die hole shapes ( $\phi$ )	3 mm	3 mm
Post extrusion	Dough moisture content (%)	16	21

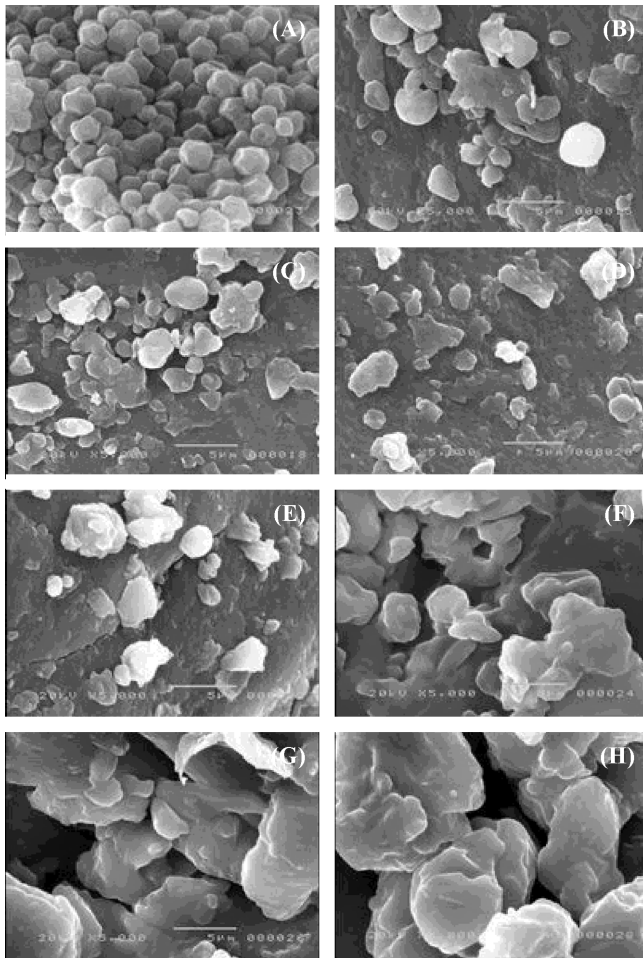


Fig. 1. Scanning electron microscopy (SEM) of amaranth starch and flours processed by various methods.

A: Starch, B: Untreated, C: Defatting, D: Germination, E: Roasting, F: Popping, G: Extrusion 1, H: Extrusion 2.

가열에 따른 호화액의 점도 특성은 신속 점도 측정계(Rapid Visco-Analyzer, Newport Sci., Australia)를 이용하여 측정하였다. 아마란스 전분은 3 g(14% 수분함량 기준), 가루는 4 g을 RVA용 canister에 넣고 25 mL의 증류수를 넣어 혼합한 후 다음과 같은 프로그램으로 측정하였다. 0-4분은 50°C, 4-12분은 95°C로 상승시켜 95°C에서 2분간 유지하고 14-22분은 50°C로 냉각, 22-26분까지는 50°C를 유지하였다. 신속 점도 측정계의 특성치로는 최고 점도(P), 95°C에서 2분간 유지한 후의 점도(H), 50°C에서의 냉각 점도(C)를 구하였고 이로부터 consistency(C-H), setback(C-P), breakdown(P-H)을 계산하였다.

아마란스 전분 및 가루의 열 분석은 시차주사열량기(DSC, Differential Scanning Calorimeter, 2920 DSC, TA Instruments, USA)에 의해 측정하였다. 알루미늄 펜에 시료와 수분의 비율이 1:2가 되도록 증류수를 가한 다음 밀봉하였다. 측정조건은 분당 10°C로 15-150°C까지 분석하였고 이로부터 전분 및 가루의 엔탈피( $\Delta H$ ), 초기온도 ( $T_0$ ), 피크온도( $T_p$ )를 구하였다.

## 결과 및 고찰

### 아마란스 전분과 가루의 형태, 색도 및 결정성

주사전자현미경으로 관찰한 아마란스 전분 및 가루의 형태

Table 2. Color values of amaranth starch and flours processed by various methods

Sample	L	a	b
Starch	96.84 ± 0.0	-0.64 ± 0.0	0.95 ± 0.0
Untreated	77.51 ± 0.0	12.88 ± 0.0	15.96 ± 0.0
Defatting	83.38 ± 0.1	0.77 ± 0.0	10.94 ± 0.0
Germination	77.16 ± 0.1	1.22 ± 0.0	16.41 ± 0.0
Roasting	72.19 ± 0.0	4.85 ± 0.0	24.70 ± 0.0
Popping	75.91 ± 0.0	2.38 ± 0.0	18.37 ± 0.0
Extrusion 1	74.95 ± 0.1	1.36 ± 0.0	16.66 ± 0.0
Extrusion 2	77.14 ± 0.0	0.98 ± 0.0	15.53 ± 0.0

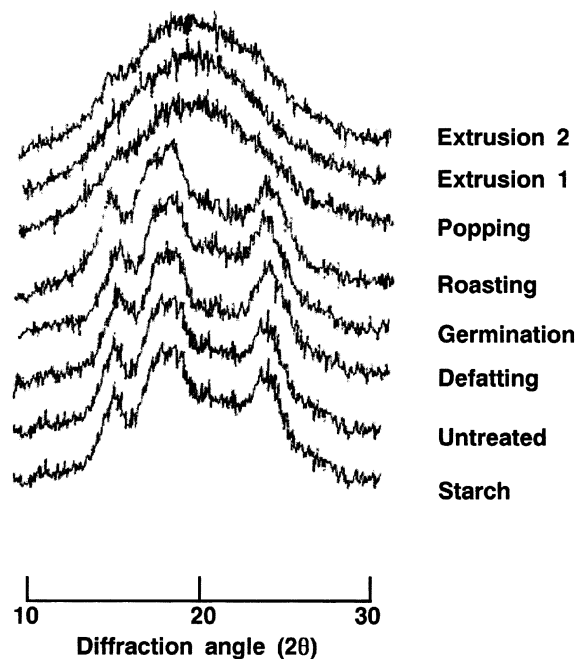


Fig. 2. X-ray diffractograms of amaranth flours processed by various methods.

는 Fig. 1과 같다. 아마란스 종실로부터 분리한 전분의 형태는 다면체 모양이었고, 아마란스 가루는 외관상의 큰 차이는 보이지 않았으나 탈지한 시료(C)는 표면이 약간 매끄러워 보였고 팽화 시료(F)와 압출성형 시료(G, H)의 경우 호화가 일어나 전분 입자가 풀어져 뭉쳐 있는 형태를 보였다.

이는 Lara와 Ruales(19)가 아마란스 종실을 팽화(popping)시켰을 때 전분이 완전히 호화됨을 볼 수 있었다고 보고한 것로부터 설명할 수 있었다.

아마란스 전분의 색도는 Table 2와 같이 전분 분리 과정 중 알칼리에 의해 단백질을 지질 등이 거의 제거되었기 때문에 L값이 96.84로 가장 높았고, a값과 b값은 가장 낮았다. 아마란스 가루의 색도는 탈지시료의 L값이 가장 크고, a값과 b값은 가장 낮아 탈지에 의해 아마란스 가루의 색이 밝아짐을 알 수 있었다. 발아시료는 무처리 시료와 비슷한 명도를 나타냈으나 a값은 차이가 커 발아에 따른 영향으로 생각되었다. Paredes-Lopez 등(20)은 아마란스 종실을 0-36시간까지 12시간 간격으로 발아시켰을 때 시간이 경과할수록 L값이 감소된다고 하였으나 본 실험에서는 큰 차이를 볼 수 없었다. 그러나 팽화 시료와 로스팅 시료의 경우 열처리에 의해 갈변화가 일어나 육

**Table 3. Physicochemical properties of amaranth flours processed by various methods**

Sample	Water binding capacities (%)	Swelling power		Solubilities (%)	
		60°C	100°C	60°C	100°C
Starch	205.67±4.4	3.86±0.2	9.25±2.0	15.30±1.3	90.05±1.9
Untreated	199.49±3.9	5.13±0.1	9.50±1.3	20.05±0.1	67.14±6.5
Defatting	190.88±13.0	5.72±0.2	10.87±0.8	23.93±0.1	70.86±1.2
Germination	174.66±12.6	3.54±0.0	9.35±0.2	21.15±1.1	65.16±1.1
Roasting	197.55±10.1	4.03±0.4	13.77±0.1	9.80±0.7	12.60±0.4
Popping	740.28±4.3	10.99±0.7	13.95±0.0	11.08±1.4	34.43±1.1
Extrusion 1	38.53±8.2	4.61±0.8	8.59±0.8	60.74±7.5	74.10±2.3
Extrusion 2	134.36±6.4	5.61±0.4	7.58±1.0	46.73±0.9	62.46±0.4

**Table 4. Transmittance patterns of 0.1% amaranth starch and processed amaranth flour suspensions**

Sample	Transmittance at 626 nm (%)	
	60°C	100°C
Starch	0.40±0.0	38.14±0.3
Untreated	5.62±0.3	36.41±0.7
Defatting	7.57±0.3	32.63±6.4
Germination	2.09±0.1	31.24±3.3
Roasting	31.99±3.1	32.94±4.6
Popping	25.36±0.9	25.79±4.0
Extrusion 1	22.80±0.3	22.72±2.7
Extrusion 2	12.09±0.1	12.14±1.7

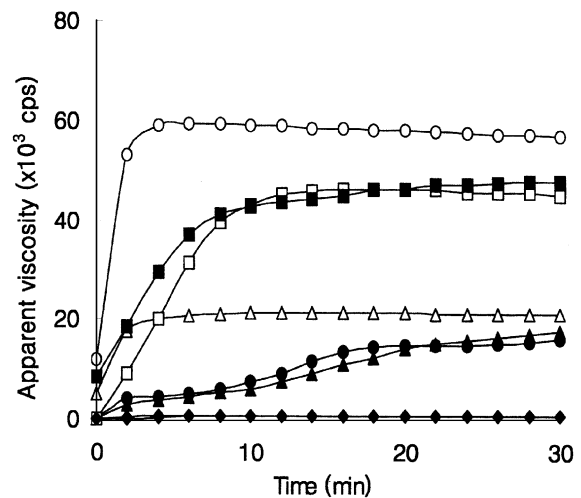
안으로도 알 수 있을 만큼 표면의 색이 더 짙은 갈색을 띠어 색도 측정 결과를 예측할 수 있었다.

X-선 회절도에 의한 아마란스 가루의 결정형은 전형적인 A형을 보였고 탈지, 발아, 로스팅 처리에 의한 결정형과 결정강도의 변화는 없었다. 그러나 팽화 처리와 압출성형에 의해서는 아마란스의 결정형이 사라져 호화가 일어났음을 볼 수 있었다 (Fig. 2).

Muralikrishna 등(21)도 아마란스와 크기와 특성 면에서 비슷한 millet 종실을 팽화(popping)시켰을 때 복굴절성이 완전히 소실되었다고 보고하여 본 연구의 결과와도 일치하였다.

**이화학적 특성**

아마란스 가루의 물 결합능력은 Table 3과 같이 가공방법에 따라 차이가 있었다. 이 중 팽화 시료의 물 결합능력이 740.28%로 가장 컸고 수분을 적게 투입하여 압출성형한 시료(EX1)는 38.53%로 가장 낮은 물 결합능력을 나타냈다. 또한, 가공하지 않은 아마란스 가루에 비해 탈지, 발아, 로스팅 등의 방법으로 가공한 시료의 물 결합능력이 감소하였고, 압출성형물의 경우 압출성형조건에 따라 두 가지 시료의 물 결합능력이 큰 차이를 보였다. Marero 등(22)은 전분을 주성분으로 하는 죽이나 이 유식을 제조할 때 점도가 높은 전분 특성을 낮게 바꾸기 위해 호소처리(아밀라아제), 압출성형, 발아 등의 방법을 사용하는 것이 좋으며 이 방법들은 물 결합능력을 낮춰준다고 하였다. 그러나, Mendoza와 Bressani(9)는 압출성형한 아마란스 가루는 생 가루에 비해 수분 흡수력, 수분 보유력 등이 높았다고 보고하여 본 실험과는 다른 경향을 보여주었다. 이는 실험에서 사용한 extruder의 barrel의 온도, feed의 수분함량, screw 속도 등에 따라 이화학적 성질이 달라지기 때문이라고 생각된다(23).



**Fig. 3. Alkali gelatinization patterns of amaranth starch and flours processed by various methods.**

-○-: Starch, -●-: Untreated, -△-: Defatting, -▲-: Germination, -□-: Roasting, -■-: Popping, -◇-: Extrusion 1, -◆-: Extrusion 2.

60°C와 100°C에서 측정된 팽윤력과 용해도 또한 가공처리에 따라 차이가 있었다. 열처리 과정이 없었던 무처리, 탈지, 발아 시료의 팽윤력과 용해도는 비슷하였다. 로스팅 시료와 팽화 시료는 다른 처리 시료에 비해 팽윤력은 증가하였으나 용해도는 매우 낮았다. 아마란스 종실은 무처리 시료에 비해 팽화 처리한 시료의 팽윤력과 용해도가 증가되었다고 보고된 바 있으며, 이는 팽화되는 동안 부분적으로 전분의 호화가 일어났기 때문이라고 하였다(21). 특히, 로스팅 시료의 경우 100°C에서의 용해도가 12.60%로 가장 낮은 값을 보여 다른 가공처리 시료와는 호화양상이 다를 것으로 생각되었다.

**호화 특성**

광투과도에 의한 아마란스 전분과 가루의 호화특성은 Table 4와 같이 60°C에서의 광투과도는 아마란스 전분이 가장 낮은 값을 보였고 열처리하지 않은 무처리, 탈지, 발아 시료 등도 광투과도가 낮았다. 로스팅, 팽화, 압출성형 1, 압출성형 2의 경우 60°C에서의 광투과도가 높게 나타났는데 이는 가공처리 중 일부 또는 전체적으로 호화가 일어난 것이 원인이라고 생각되었다. 특히, 로스팅 시료는 X-선 회절도 상에서는 결정형과 결정강도의 변화가 거의 없었으나 광투과도에서는 전분이 호화된 것과 같은 양상을 보여주었다. Saklar 등(24)에 의하면 로스팅은 온도와 시간, 공기의 속도 등에 따라 차이는 있으나 로스

**Table 5. Pasting characteristics of amaranth starch and processed amaranth flours by Rapid Visco-Analyzer**

Sample	Pasting temperature (°C)	Viscosity (RVU)					
		Peak (P)	Holding at 95°C (H)	Cold (C)	Consistency (C-H)	Breakdown (P-H)	Setback (C-P)
Starch	68.75	140.67	85.33	106.50	21.17	55.34	-34.17
Untreated	68.80	93.92	78.08	100.92	22.84	15.84	7
Defatting	68.05	104.75	76.42	96.75	20.33	28.33	-8
Germination	70.00	31.58	-	45.42	-	-	13.8
Roasting	72.95	401.08	314.75	339.42	24.67	86.33	-61.66
Popping	-	194.33	124.83	160.17	35.34	69.50	-34.16
Extrusion 1	-	-	-	-	-	-	-
Extrusion 2	-	-	-	-	-	-	-

**Table 6. DSC data of amaranth starch and flours processed by various methods**

Sample	Melting endotherm		
	To (°C)	Tp (°C)	ΔH (J/g)
Starch	78.5	82.1	3.6
Untreated	70.4	73.0	4.2
Defatting	57.6	58.3	4.8
Germination	60.1	62.4	1.2
Roasting	62.1	66.1	13.9
Popping	-	-	-
Extrusion 1	-	-	-
Extrusion 2	-	-	-

팅 과정 중 열에 의해 세포벽의 일부가 분리되고 세포질 내의 망상구조가 부분적으로 파괴되며 단백질 체(protein body)의 팽윤이 일어난다. 그러므로 본 실험에서도 X-선 회절도 상에서는 나타나지 않았지만 로스팅 처리 중 아마란스 전분 입자의 부분적인 파괴로 인해 쉽게 호화가 일어난 것으로 생각되었다. 100°C에서의 광투과도는 아마란스 전분 및 무처리, 탈지, 발아 시료가 더 높게 나타났는데 이는 충분히 높은 온도에서 전분의 호화가 일어나 광투과도가 급격히 상승했음을 알 수 있었고, 로스팅, 팽화, 압출성형 1, 압출성형 2는 60°C에서의 광투과도와 거의 유사한 값을 보였다.

6% 아마란스 전분 및 가루 현탁액을 0.27 N NaOH 용액으로 알칼리 호화시키면서 점도변화를 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. 전분의 경우 알칼리에 의해 급격히 점도가 증가하여 4분 후에는 최고 점도에 도달하여 거의 일정한 점도를 유지하였고 외관상으로도 완전히 투명해짐을 관찰할 수 있었다. 전분에 비해 무처리 가루는 알칼리에 의한 호화정도가 낮아 점도가 서서히 상승하였고 30분 후에도  $16.80 \times 10^3$  cp를 나타냈다. 이는 아마란스 가루의 경우 전분 외의 성분들이 포함되어 있어 알칼리에 의한 호화가 쉽지 않은 것으로 생각되었다. 발아 시료도 비슷한 경향을 보였고 탈지 시료의 경우 무처리 시료에 비해 빠른 점도 증가를 보였고 점도도 약간 높게 유지되었다. 로스팅과 팽화 시료는 비슷한 양상을 보였고 가루 중에서는 가장 높은 점도를 나타냈다. 압출성형 1과 2 시료의 경우 점도가 거의 나타나지 않았는데 이는 가공처리에 의해 전분의 분자구조가 파괴되었기 때문이라고 생각된다.

신속점도측정기로 측정된 아마란스 전분과 가루의 점도 특성값은 Table 5와 같다. 점도의 변화를 나타내는 호화온도는 팽

화 시료와 압출성형 시료를 제외하고 68.05-72.95°C이었다. 아마란스 전분과 무처리 가루의 호화온도는 거의 유사하였으나 피크 점도는 전분이 140.67 RVU, 가루가 93.92 RVU로 가루가 더 낮았다. 이는 전분 외의 성분들이 전분의 호화를 방해하기 때문이라고 생각된다. 팽화 시료와 압출성형 시료의 호화온도가 나타나지 않은 것은 각각의 가공처리에 의해 이미 전분이 호화되어 무정형 상태가 되었기 때문이며, 이는 X-선 회절도의 결과와도 일치하였다. 또한, 압출성형 시료의 경우 점도의 변화가 전혀 측정되지 않았다. 그러나, popping 시료의 경우 압출성형 시료와는 달리 완전히 무정형으로 바뀐 것으로는 생각되지 않았다. 이는 호화온도는 측정되지 않았으나 점도는 나타났으며 알칼리에 의한 호화에서도 같은 양상을 보였기 때문이다. Mendoza와 Bressani(9)에 의하면 압출성형한 아마란스 가루 2종을 Brabender amylograph로 분석한 결과, 점도의 변화가 거의 없는 낮은 점도를 보여 본 실험과 같은 경향을 나타냈다. Ilo 등(25)도 압출성형한 쌀가루와 아마란스 가루 믹스의 점도를 측정했을 때 피크 점도가 나타나지 않았다고 보고하였다. 이는 압출성형 동안 전분입자 내에 구조적, 분자적 변화가 일어난 것을 의미한다고 하였다. 피크점도는 가공처리하지 않은 시료가 93.92 RVU이었고, 로스팅 처리 시 401.08 RVU로 가장 높았으며 발아 시에는 31.58 RVU로 가장 낮았다. 발아시료의 경우 피크점도가 나타난 이후 급격한 변화없이 완만한 곡선을 보이다가 냉각점도가 약간 증가하는 양상을 보였다. Griffith 등(11)은 곡류와 두류를 혼합한 이유식에 관한 실험에서 발아, 로스팅, 발효 등 가공방법이 이유식의 점도에 매우 영향을 미친다고 하였다. 그 중 발아시킨 시료를 혼합한 경우 다른 시료에 비해 점도가 현저하게 감소하였고 영양소 밀도는 증가하였고 보고하였다. 로스팅 처리시료는 점도가 측정된 시료들 중에서 피크점도, 95°C에서의 점도, 냉각점도 등이 모두 높게 나타났다. 로스팅은 다른 가공 방법보다 점도를 증가시켜 페이스트 상태의 제품을 만들어낼 수 있는 방법이라고 보고된 바 있다(11). 전분의 노화정도를 나타낸다고 알려진 50°C에서의 냉각점도와 setback(C-P)은 발아 < 무처리 < 탈지 < 팽화 < 로스팅 순으로 감소하였다. 특히, 아마란스를 가공처리하지 않은 것보다 팽화나 로스팅과 같은 열처리 시 setback이 현저히 감소함을 볼 수 있어 시료의 노화가 지연될 것이라고 생각되었다.

시차주사열량기에 의해 측정된 전분 및 가루의 특성은 Table 6과 같다. 아마란스 전분 및 가루의 호화개시온도는 57.6-78.5°C로 나타나 가공처리에 따라 차이가 있었다. 팽화 시료와 압출성형 시료의 경우 변화가 관찰되지 않았는데 이는 RVA 결과와도 일치하였다. 아마란스 전분과 가루의 호화개시온도는 다

른 연구결과에 비해 비교적 높았고 가공처리에 의해 호화개시 온도와 피크온도가 낮아졌다. 호화 엔탈피는 로스팅 시료를 제외하고 비슷하게 나타났다.

## 요 약

아마란스를 식품가공용 중간소재로 개발하기 위해 아마란스 종실을 1차 가공처리한 후 전분과 각 가루의 가공특성을 조사하였다. 아마란스는 전분, 무처리(UT), 탈지(DF), 발아(GM), 로스팅(RT), 팽화(POP), 압출성형(EX1, EX2)하여 시료로 사용하였다. 아마란스 가루의 결정형은 전형적인 A형을 보였고 탈지, 발아, 로스팅 처리에 의한 결정형과 결정강도의 변화는 없었다. 그러나 팽화 처리와 압출성형에 의해서는 결정형이 사라졌다. 시료의 물 결합능력은 가공방법에 따라 차이가 있어 POP 시료의 물 결합능력이 740.3%로 가장 컸고, EX1이 38.5%로 가장 낮았다. 아마란스 가루의 광투과도 특성은 60°C에서 차이가 있어 RT, POP, EX1, EX2 시료의 광투과도가 높게 나타났다. RVA로 측정된 아마란스 시료의 호화온도는 POP와 EX1, EX2를 제외하고 68.1-73.0°C이었고, 피크점도는 GM이 31.6 RVU, RT가 401.1 RVU로 큰 차이가 있었다. DSC 결과 또한 RVA 결과와도 일치하여 POP, EX1, EX2는 melting endotherm이 나타나지 않았다.

## 감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 2001-2003년 농림기술개발과제의 일환으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

## 문 헌

- Choi CR, Choi HJ, Kim SR, Lee JH, Shin MS. Comparisons of characteristics of amaranth starches isolated from five cultivars grown in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 252-257 (2000)
- Hoover R, Sinnott AW, Perera C. Physicochemical characterization of starches from *Amaranthus cruentus* grains. *Starch* 50: 156-163 (1998)
- Breene WM. Food uses of grain amaranth. *Cereal Foods World* 36: 426-430 (1991)
- Saunders RM, Becker R. Amaranthus: A potential food and feed resource, Vol. 5, pp. 357. In: *Advances in Cereal Science Technology*. Pomeranz Y (ed). Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN, USA (1984)
- Baker LA, Rayas-Duarte P. Freeze-thaw stability of amaranth starch and the effects of salt and sugars. *Cereal Chem.* 75: 301-307 (1998)
- Myers DJ, Fox SR. Alkali wet-milling characteristics of pearled and unpearled amaranth seed. *Cereal Chem.* 71: 96-99 (1994)
- Teutonico RA, Knorr D. Amaranth: Composition, properties, and applications of a rediscovered food crop. *Food Technol.* 39: 49-60 (1985)
- Kim JS, Ryoo HJ. Application to the biscuits manufacture of processed amaranth seeds. *Korean J. Food Nutr.* 4: 321-325 (2002)
- Mendoza C, Bressani R. Nutritional and functional characteristics of extrusion-cooked amaranth flour. *Cereal Chem.* 64: 218-222 (1987)
- Sanchez-Marroquin A, Domingo MV, Maya S, Saldana C. Amaranth flour blends and fractions for baking applications. *J. Food Sci.* 50: 789-794 (1985)
- Griffith LD, Castell-Perez ME, Griffith ME. Effect of blend and processing method on the nutritional quality of weaning foods made from select cereals and legumes. *Cereal Chem.* 75: 105-112 (1998)
- Khetarpaul N, Chauhan BM. Effect of germination and fermentation on *in vitro* starch and protein digestibility of pearl millet. *J. Food Sci.* 55: 883-884 (1990)
- Nnanna IA, Dixon Phillips R. Protein and starch digestibility and flatulence potential of germinated cowpeas (*Vigna unguiculata*). *J. Food Sci.* 55: 151-183 (1990)
- Lorenz K. *Amarantus hypochondriacus*- Characteristics of the starch and baking potential of the flour. *Starch* 33: 149-153 (1981)
- Perez E, Bahnassey YA, Breene WM. A simple laboratory scale method for isolation of amaranth starch. *Starch* 45: 211-214 (1993)
- Medcalf DF, Gilles, KA. Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.* 42: 558-568 (1965)
- Schoch TJ, Leach W. Whole starches and modified starches, Vol. II, pp. 106-108. In: *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Whistler RL (ed). Academic Press, New York, NY, USA (1964)
- Maher GG. Alkali gelatinization of starches. *Starch* 35: 226-230 (1983)
- Lara N, Ruales J. Popping of amaranth grain (*Amaranthus caudatus*) and its effect on the functional, nutritional and sensory properties. *J. Sci. Food Agric.* 82: 797-805 (2002)
- Paredes-Lopez O, Carabez-Trejo A, Perez-Herrera S, Gonzalez-Castaneda J. Influence of germination on physico-chemical properties of amaranth flour and starch microscopic structure. *Starch* 40: 290-294 (1988)
- Muralikrishna G, Malleshi NG, Desikachar HSR, Tharanathan RN. Effect of popping on the properties of some millet starches. *Starch* 38: 48-51 (1986)
- Marero LM, Payumo EM, Librando EC, Lainez WN, Gopez MD, Homma S. Technology of weaning food formulations prepared from germinated cereals and legumes. *J. Food Sci.* 53: 1391-1395 (1988)
- Vargas-Lopez JM, Paredes-Lopez O, Ramirez-Wong B. Physico-chemical properties of extrusion-cooked amaranth under alkaline conditions. *Cereal Chem.* 68: 610-613 (1991)
- Saklar S, Urgan S, Katnas S. Microstructural changes in hazelnuts during roasting. *Food Res. Int.* 36: 19-23 (2003)
- Ilo S, Liu Y, Berghofer E. Extrusion cooking of rice flour and amaranth blends. *Lebensm. -Wiss. u. -Technol.* 32: 79-88 (1999)

(2004년 1월 10일 접수; 2004년 3월 24일 채택)