

기름골 변성전분의 물리화학적 특성

한상하[†] · 이현유 · 금준석 · 박종대
한국식품연구원

Physicochemical Properties of Modified Chufa (*Cyperus esculentus L., var sativus Boeck*) Starch

Sang-Ha Han[†], Hyun-Yu Lee, Jun-Seok Kum and Jong-Dae Park
Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea

Abstract

The purpose of this study was to investigate the physicochemical properties of chufa(*Cyperus esculentus L., var sativus Boeck*) starches by physical and chemical modification. Chufa starches were exposed to the microwave with 700W power oven for 1, 2, and 3 minutes. Also, starch was oxidized with 1.5%, 3% and 6% (15, 30, 60 mg Cl₂/g starch, 40 °C, pH 10, 3.0 hr) sodium hypochlorite. The shape of starch granules was not changed much by microwave heating and sodium hypochlorite. Water binding capacity increased but amylose content, swelling power, and solubility decreased with increasing microwave heating time. Water binding capacity of the oxidized starch decreased with increasing the content of sodium hypochlorite. With increasing the microwave heating time, gelatinization temperature decreased, but enthalpy(ΔH) increased in physical modification of chufa starches. Also, chemically modified chufa starches have the similar pattern in gelatinization properties. Peak viscosities of RVA in physically modified chufa starches were 416-188 RVU, and in chemically modified chufa starches they were 129-267 RVU.

Key words : chufa, microwave, oxidation, starch, DSC, RVA

서 론

기름골은 사초과 *Cyperus*(방동사니)에 속하는 다년생 초본으로 원산지는 지중해 연안 또는 아프리카로 알려져 있으며(1) 국내에서는 1999년 처음 도입되어 재배 및 품질연구가 진행되고 있다. 기름골의 성분은 전분 함량이 약 60%로 가장 많고 지방 함량도 15~20% 함유되어 있어(2) 우리나라에서는 전분 및 식용유 작물로의 개발 가능성을 기대할 수 있다.

전분은 새로운 제품개발과 더불어 급격한 수요증가가 요구되는 중요한 자원이며 전분은 전분 자체로도 쓰이지만 천연전분에서 얻을 수 있는 용도에는 한계가 있으므로 전분을 여러 가지 방법으로 처리하여 바람직한 특성을 나타내도록 연구하고 있다. 생전분 입자들은 상온에서 물에 녹지

않는 입자들이며, 특히 효소와는 잘 반응하지 않고 전분 고유의 특징 이외에는 특수한 기능성도 가지지 못한다(3). 또한 전분은 출처 및 품종에 따라 이화학적 특성 차이가 클 뿐만 아니라 식품을 조리 가공 및 저장하는 동안 식품 중에 존재하는 수분, 지방질, 단백질, 당, 염, 산 등의 성분과 상호작용으로 인하여 물리적 성질이 좌우되기 때문에 사용하고자 하는 용도에 따라 가교, 에테르, 에스테르, 산처리, 산화시킨 전분을 사용하고 있다(4,5).

변성전분이란 전분을 물리적 또는 화학적으로 처리하여 원래의 상태에서부터 변화시킨 전분으로써 전분을 변성시키면 특정 목적에 적합한 새로운 성질을 부여할 수 있고 기존의 성질을 개선할 수도 있다(6). 물리적 변성전분 중 마이크로파 가열은 고주파 전기장 내에 위치한 유전체의 빠른 쌍극자 배향분극에 의하여 온도가 상승되는 마이크로파로 전분을 가열하면 마이크로파 가열 특성에 의하여 열전도에 의한 가열과는 다른 양상을 나타낸다. 전분은 마이크로파

[†]Corresponding author. E-mail : cute1503@hanmail.net,
Phone : 82-31-780-9057, Fax : 82-31-780-9036

가열에 의해 전분-지방산 복합체 형성, 겔화 촉진, 결합수 등의 변화로 경화현상이 나타나며(7-9) 시료의 중량, 형상, 크기, 전자레인지 출력 등에 따라 영향을 받으므로(10) 다양한 특성을 지닌 전분을 제조할 수 있다.

또한 각종 전분에 염소처리는 리올로지 특성에 영향을 미치며, 특히 제빵 특성에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. Seguchi와 Matsuki의 연구(11)에서는 염소 처리한 밀가루로 팬케이크를 제조하였을 때 탄성 및 점성이 개선되었다고 보고하였고 Marotta 등(12)은 차아염소산나트륨으로 처리한 옥수수 전분을 튀김용 빵가루로 사용하였을 때 튀김 적성이 향상되었다고 하였다. 또한 전분은 차아염소산나트륨으로 처리하는 동안 생성된 카르복시기가 전하 반발력을 분산시켜 유화력이 우수한 전분 호화액을 나타낸다고 한다(13).

이와 같은 마이크로파에 의한 변성전분이나 차아염소산나트륨에 의한 산화전분에 관한 연구가 진행되고는 있으나 아직 미진한 편이며 기름골 전분에 관한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 기름골 전분이 마이크로파에 의해 가열된 물리적 변성전분과 차아염소산나트륨에 의해 산화된 화학적 변성전분의 이화학적 특성과 호화특성에 대하여 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 기름골(*Cyperus esculentus L. var sativus Boeck*)은 국내에서 재배, 생산된 것을 수확한 후 피경을 수세, 건조하여 시료로 사용하였다.

전분의 분리

기름골 전분의 분리는 시료를 수세한 후 직접 실험용 분쇄기를 이용하여 건식 분쇄한 다음 알카리 침지법(14)을 이용하여 분리하였다.

마이크로파 가열에 의한 물리적 변성전분 제조

알카리 침지법에 의해 제조한 기름골 전분을 마이크로파로 가열하여 물리적 변성전분을 제조하였다. 마이크로파 가열은 200 mL 비이커 내부를 여지로 둘러싸고, 전분 100 g을 넣어 여지로 덮은 뒤 polyethylene film으로 밀봉하여 전자레인지(Samsung, RE-IH700)의 중앙에 위치하도록 한 다음 60초, 120초, 180초 동안 각각 가열하여 방냉한 후, 80 mesh 체를 통과시키고 각 시료를 데시케이터에 보관하면서 실험에 사용하였다.

차아염소산나트륨에 의한 산화전분 제조

기름골 산화전분은 Konoo 등의 방법(15)을 일부 변형하

여 제조하였다. 즉 35% 전분현탁액을 교반기가 부착된 반응관에 넣고 1 N NaOH를 가하여 pH를 10.0(±0.2)으로 조정하였다. 전분현탁액이 40°C가 되면 차아염소산나트륨을 각각 1.5%, 3%, 6%(15, 30, 60 mg/g starch)을 첨가하면서 3시간 반응시킨 후 7% HCl로 중화하였다(pH 5.0±0.2). 반응이 종료된 전분 현탁액은 40배의 증류수로 20회 세척하여 잔류염소를 제거하고 탈수한 후 60°C에서 건조하였다. 건조된 기름골 산화전분은 분쇄기(Hanil, FM-808, Korea)에서 2분간 분쇄하고 80 mesh 표준체를 통과시켜 얻은 것을 본 실험의 시료로 사용하였다.

일반성분 및 색도

기름골의 물리적 및 화학적 변성전분의 일반성분(수분, 회분, 조지방, 조단백질)은 AOAC법(16)에 따라 정량하였다. 기름골 전분의 색도측정은 색차계(color and color difference meter, Model CR-300, Minolta, Japan)를 이용하여 L, a, b 값을 측정하여 변화된 값을 비교하였는데 이 때 L, a, b값은 각각 96.86, -0.07, 2.02인 표준 백색판을 사용하였다.

아밀로오스 함량

아밀로오스 함량은 Juliano의 방법(17)을 이용하여 측정하였다. 시료 100 mg에 95% ethanol 1 mL, 1 N NaOH 9 mL 첨가 후 끓는 물에서 10분간 반응시킨 후, 100 mL로 정용시켜 기름골 전분 용액을 만들고, 기름골 전분 용액 5 mL에 1 N acetic acid 1 mL, 0.2% iodine solution 2 mL을 첨가 후 다시 100 mL로 정용 후 20분간 방치하였다. 그리고 620 nm에서 흡광도를 측정하고 감자전분(Sigma)으로 측정된 아밀로오스 표준곡선으로부터 아밀로오스 함량을 환산하였다.

Blue value와 요오드 반응

기름골 전분과 변성전분의 blue value는 Gilbert 등(18)의 방법으로 측정하였다. 전분 2 mg에 증류수 2 mL와 1 N NaOH 0.5 mL를 가한 후 끓는 수조에서 3분간 가열하여 즉시 냉각시킨 다음 동량의 1 N HCl을 가하고 0.09 g의 potassium hydrogen tartrate를 첨가하였다. 총량이 45 mL 정도로 증류수를 채운 후 요오드 용액(0.2% I₂와 2% KI 혼합액) 0.5 mL를 가하여 50 mL이 되게 한 후 20분간 실온에서 방치하여 발색시켜 680 nm에서 흡광도를 측정하였다. 요오드 반응은 Williams 등의 방법(19)에 따라 측정하였다. 전분 20 mg을 100 mL 플라스크에 취하고 0.5 N KOH 용액 10 mL을 가하여 시료를 잘 분산시킨 다음 증류수를 가하여 10 mL로 하였다. 이 액 10 mL을 취하여 0.1 N HCl 5 mL로 중화시킨 후 증류수를 가하여 45 mL로 정용하고 요오드 용액 0.5 mL 및 증류수로 50 mL가 되게 한 다음 실온에서 20분간 발색시켜 분광광도계를 이용하여 350~800 nm로

scanning하여 최대흡수파장(λ_{max})과 625 nm에서의 흡광도를 측정하였다.

물 결합능력

기름골 전분의 물 결합능력은 Medcalf와 Gilles의 방법(20)에 따라 다음과 같이 실험하였다. 전분 2.0 g에 증류수 30 mL를 가한 후 실온에서 1시간 동안 교반한 후 미리 무게를 측정한 50 mL 원심분리관에 넣고 2500 rpm으로 20분간 원심분리 하였다. 현탁액을 무게를 미리 잰 원심분리병에 옮기고 증류수로 비이커를 세정하면서 50 mL로 정용하고 1분 정도 거꾸로 세워 상징액을 제거하고 침전된 전분무게(A)를 측정하여 처음 시료 전분과의 중량비로부터 물 결합능력을 계산하였다.

$$\text{water binding capacity} = \left\{ \frac{\text{A-sample weight(d.b.)}}{\text{sample weight(d.b.)}} \right\} \times 100$$

팽윤력과 용해도

기름골의 물리적 변성전분의 팽윤력(Swelling power)과 용해도(Solubility)는 Schoch의 방법(21)을 변형하여 측정하였고, 산화전분은 Leach 등(22)의 방법을 변형하여 55°C에서 차아염소산나트륨의 농도별로 측정하였다. 전분 200 mg을 원심분리관에 취하고 증류수 40 mL를 가하여 잘 분산시킨 다음 30°C에서 1°C/min으로 온도를 상승시켜 50-90°C의 각 온도에서 30분간 유지시켰다. 이를 실온이 될 때까지 얼음물로 냉각시킨 다음 3000 rpm에서 30분간 원심분리 하였다. 상징액은 미리 무게를 측정된 증발접시에 옮겨 110°C에서 완전히 건조한 후에 증발접시에 남아있는 전분 시료의 무게(A) 및 원심분리 후에 침전된 전분의 무게(B)를 측정하고 다음 식에 의하여 팽윤력 및 용해도를 계산하였다.

$$\text{Solubility(\%)} = \frac{A \times 100}{\text{sample weight(d.b.)}}$$

$$\text{Swelling power} = \frac{B \times 100}{[\text{sample weight} \times (100 - \text{Solubility(\%)})]}$$

RVA에 의한 호화특성

기름골 전분의 RVA 측정은 Bason 등(23)과 Ross 등의 방법(24)에 의하여 기름골 전분 3 g을 증류수 25 mL에 분산시키고, 신속점도측정계(RVA, Rapid Visco Analyzer, Model 3D, Newport Scientific PTY., Ltd., Australia)를 이용하여 측정하였다. 즉 50°C에서 1분간 유지한 다음 95°C까지 1분당 12°C로 가열하고 95°C에서 2.5분간 유지시킨 다음 1분당 12°C/min의 속도로 냉각시켜 2분간 유지시키면서 점도를 측정하여 호화 특성을 조사하였다.

DSC에 의한 호화특성

전분의 호화온도와 호화 엔탈피는 Donovan 등의 방법(25)에 따라 전분 4 mg을 aluminium sample pan에 취하고 전분의 2배량에 해당하는 증류수를 microsyringe로 가하여 밀봉한 후에 실온에서 4시간 방치한 다음 DSC(Differential Scanning Calorimetry, TA 2000, USA)를 사용하여 10°C/min의 속도로 30°C부터 110°C까지 가열하여 흡열 peak를 얻었다. 이 peak로부터 호화개시온도, 호화최대온도, 호화종료온도 및 호화엔탈피를 구하였다.

주사전자현미경(SEM) 관찰

기름골 전분의 미세구조를 조사하기 위해서 알카리 침지법에 의하여 추출한 전분을 전자주사 현미경(scanning electron microscope, S-2380N, Hitachi Ltd., Japan)으로 500배와 4000배로 확대하여 관찰하였다.

결과 및 고찰

일반성분

기름골 변성전분의 일반성분은 Table 1과 같다. 물리적 변성전분의 마이크로파 가열시간에 따른 수분함량의 변화는 가열시간이 길어짐에 따라 기름골 전분의 수분 함량이 점차 감소하여 180초 동안 마이크로파 가열을 하였을 때 기름골 전분의 수분함량은 3.39%까지 떨어졌다. 일반적으로 마이크로파에 의한 전분의 온도와 수분함량 차이는 시료의 중량, 재질, 형상, 크기 뿐만 아니라(10) 마이크로파의 에너지 및 수분함량에 기여하는 것으로 알려져 있다(26). 마이크로파 가열속도의 지표로써 Maheshwari 등(27)은 마이크로파 가열 중에 나타나는 수분함량 손실을, Pour El 등(28)은 흡수된 에너지를 제시하였다. 가열시간의 증가에 따른 조지방 함량은 큰 차이를 보이지 않았으며 조회분 함량은 점차 증가하는 경향을 보였다.

Table 1. Proximate composition of chufa starches modified by microwave heating and sodium hypochlorite oxidation

Sample	Moisture(%)	Ash(%)	Protein(%)	Lipid(%)	
Control ¹⁾	10.10±0.01	0.24±0.01	0.31±0.00	0.41±0.02	
Physical	MW-1 ²⁾	7.74±0.02	0.23±0.01	0.30±0.01	0.38±0.03
	MW-2	5.25±0.00	0.26±0.00	0.28±0.01	0.37±0.01
	MW-3	3.39±0.00	0.28±0.01	0.26±0.00	0.38±0.02
Chemical	SH-15 ³⁾	11.00±0.01	0.36±0.03	0.06±0.00	0.25±0.01
	SH-30	10.80±0.02	0.49±0.02	0.05±0.00	0.23±0.00
	SH-60	10.76±0.02	0.88±0.04	0.02±0.01	0.18±0.01

¹⁾Control: raw starch.

²⁾MW-1, 2, 3 : heated with microwave for 1, 2, and 3 min, respectively.

³⁾SH-15, 30, 60: oxidized by sodium hypochlorite 1.5%(C₂ content, 15 mg/g starch), 3%, and 6%, respectively.

Cl₂ 농도에 따른 산화전분은 차아염소산나트륨의 첨가농도가 증가할수록 조지방 함량이 급격하게 감소하였으며, 조단백질의 함량도 다소 감소하는 경향을 보였다. 이는 찹옥수수 전분을 이용한 정 등의 연구 결과와 같았다. 그러나 Cl₂ 농도가 증가함에 따라 조회분 함량은 증가하였다. Ail 등(29)은 산화전분의 조회분 함량은 산화되는 동안 현저히 증가하는데 이는 시료 전분에 나트륨이 점진적으로 결합되기 때문이라고 하였다. 이와 같은 결과로 차아염소산나트륨이 시료 전분과 산화 반응하는 동안 미량성분에 영향을 미치며 특히, 차아염소산나트륨의 처리량과 조회분 함량 및 조단백질 함량은 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다. Rutenberg와 Solarex(30)는 전분을 차아염소산나트륨으로 처리하는 동안 질소함유 물질을 비롯한 각종 색소들이 70~80% 용해, 제거된다고 하였다.

색 도

기름골 변성전분의 색도는 Table 2와 같다. 기름골 생전분의 L값은 96.36, a값은 0.12, b값은 6.13이었으며, 백도는 92.23으로 조사되었다. 마이크로파에 의한 물리적 변성 전분의 경우 생전분에 비해 백도값이 감소하였으며 가열시간이 길어짐에 따라 L값은 점차 감소하고 a값은 마이크로파 3분 처리 후 급격히 증가하였다. 또 차아염소산 나트륨 처리에 따른 산화전분의 경우에는 생전분에 비해 백도값이 증가하는 경향을 보였다. 이는 찹옥수수 산화전분의 이화학적 특성을 연구한 Chung 등(31)의 연구와 비슷한 결과였다. 이와 같은 결과로 보아 차아염소산나트륨이 기름골 전분과 반응하는 동안 전분의 백도값에 영향을 미침을 알 수 있었다.

Table 2. Color values of chufa starches modified by microwave heating and sodium hypochlorite oxidation

Sample	Color value ¹⁾			
	L	a	b	
Control ²⁾	96.36±0.08	0.12±0.02	6.13±1.12	
MW-1 ³⁾	94.69±0.12	0.15±0.01	7.61±0.09	
Physical	MW-2	93.40±0.03	0.18±0.01	7.66±0.07
	MW-3	91.60±0.07	0.61±0.13	8.26±0.14
SH-15 ⁴⁾	96.55±0.04	0.12±0.02	6.02±0.11	
Chemical	SH-30	97.22±0.12	0.10±0.00	6.10±0.09
	SH-60	98.27±0.08	0.11±0.02	6.00±0.06

¹⁾L : Degree of whiteness(white +100 ↔ 0 black).

a : Degree of redness(red +100 ↔ -80 green).

b : Degree of yellowness(yellow +70 ↔ -80 blue).

²⁾Control: raw starch.

³⁾MW-1, 2, 3 : heated with microwave for 1, 2, and 3 min, respectively.

⁴⁾SH-15, 30, 60: oxidized by sodium hypochlorite 1.5%(Cl₂ content, 15 mg/g starch), 3%, and 6%, respectively.

아밀로오스 함량, blue value 및 요오드 반응

기름골 변성전분의 아밀로오스 함량, blue value 및 요오

드 반응 결과는 Table 3에 나타내었다. 기름골 생전분의 아밀로오스 함량은 41.6%였으며 마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라 점차 감소하였다. 산화전분의 경우에는 Cl₂ 농도에 의한 아밀로오스 함량의 감소 폭이 훨씬 더 컸다. 요오드 반응 결과 마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라 기름골 전분의 최대흡수파장은 625 nm에서 620 nm로 이동되었으며, 최대흡수파장에서 흡광도는 0.389에서 0.371로 감소하였다. 산화전분의 경우에도 차아염소산나트륨 처리 농도가 증가할수록 최대흡수파장 및 흡광도가 감소하였다.

전분의 blue value는 전분입자의 구성성분과 요오드와의 친화성을 나타내는 값으로 전분용액 중에 존재하는 직쇄상 분자의 양을 상대적으로 비교할 수 있는 지표이며 아밀로오스 함량과 밀접한 관계가 있다(32). 마이크로파 처리한 기름골 전분의 blue value는 마이크로파 처리 시간이 증가할수록 0.36에서 0.32로 감소하였으며 이와같은 아밀로오스 및 blue value의 감소는 마이크로파의 비전열적 가열효과로서 급속한 탈수 및 결합수량의 증가로 인하여 형성되는 amylose-lipid complex에 기인한 결과로 보여진다(33).

Table 3. Iodine reaction results of chufa starches modified by microwave heating and sodium hypochlorite oxidation

Sample	Iodine reaction		Amylose(%)	Blue value	
	$\lambda_{max}(nm)$	A λ_{max} ¹⁾			
Control ²⁾	628	0.402	41.6±0.67	0.49±0.00	
MW-1 ³⁾	625	0.389	37.2±0.23	0.36±0.02	
Physical	MW-2	624	0.386	36.7±0.12	0.36±0.01
	MW-3	620	0.371	34.2±0.09	0.32±0.03
SH-15 ⁴⁾	602	0.362	30.2±0.02	0.23±0.00	
Chemical	SH-30	597	0.340	22.7±0.12	0.18±0.01
	SH-60	560	0.202	10.6±0.09	0.07±0.01

¹⁾Absorbance at λ_{max}

²⁾Control: raw starch.

³⁾MW-1, 2, 3 : heated with microwave for 1, 2, and 3 min, respectively.

⁴⁾SH-15, 30, 60: oxidized by sodium hypochlorite 1.5%(Cl₂ content, 15 mg/g starch), 3%, and 6%, respectively.

물 결합능력

기름골 변성전분의 물 결합능력은 Table 4에 나타내었다. 물리적 변성전분의 경우 마이크로파 처리 시간에 따라 물 결합능력이 점차 증가하여 마이크로파 1분 처리시 86.13%, 2분 처리시 89%, 3분 처리시에는 91.46%로 증가하였다. 일반적으로 전분에 결합된 물은 전분 입자 및 전분 표면에 흡착되는 것으로 전분 입자의 치밀도와 밀접한 관련이 있으며(21) 밀가루(34), 고구마 가루(35)의 경우에도 마이크로파 가열에 의하여 물 결합능력이 증가한다고 보고되었다.

그러나 산화전분의 경우에는 차아염소산나트륨 처리량에 비례하여 물 결합능력이 감소하는 결과를 나타내었다. 즉 차아염소산나트륨을 1.5% 처리하였을 때 물결합능력이

81.7%, 3% 처리시 78.5%, 6% 처리시에는 65%로 감소하였다. 일반적으로 산화전분의 카르복시기 입체구조적으로 hydroxyl 기보다 bulk할 뿐만 아니라 이온반발력을 나타내므로 물 결합능력에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(36)

Table 4. Water binding capacity of chufa starches modified by microwave heating and sodium hypochlorite oxidation

	Sample	Water binding capacity(%)
	Control ¹⁾	83.00±0.42
Physical	MW-1 ²⁾	86.13±0.22
	MW-2	89.00±0.17
	MW-3	91.46±0.27
	SH-15 ³⁾	81.70±0.32
Chemical	SH-30	78.50±0.29
	SH-60	64.00±0.11

¹⁾Control: raw starch.

²⁾MW-1, 2, 3 : heated with microwave for 1, 2, and 3 min, respectively.

³⁾SH-15, 30, 60: oxidized by sodium hypochlorite 1.5%(Cl₂ content, 15 mg/g starch), 3%, and 6%, respectively.

팽윤력과 용해도

기름꿀의 물리적 변성전분의 팽윤력과 용해도 측정결과는 Fig. 1, 2와 같다. 기름꿀 전분의 팽윤력과 용해도는 마이크로파에 의한 변성전분의 경우 생전분에 비하여 60℃ 이하에서는 가열시간이 길수록 약간 높았으나 60℃ 이상에서는 약간 감소하였다. 이것은 손상된 전분입자로 인해서 60℃ 이하에서는 마이크로파 가열시간이 길수록 약간 높았으나 그 이상의 온도에서는 약간 감소하는 경향을 보였다. 이것은 마이크로파에 의해 손상된 전분입자로 인하여 60℃ 이하에서는 팽윤력과 용해도가 높고 그 이상의 온도에서는 고온에서의 팽화되지 않은 입자들 때문에 팽윤력과 용해도가 낮다고 생각된다.

55℃에서 산화전분의 팽윤력과 용해도를 측정한 결과는

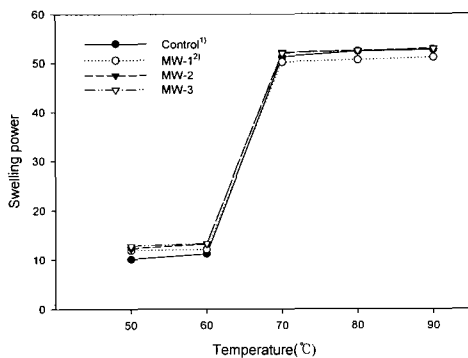


Fig. 1. Swelling power of modified chufa starches by microwave heating.

¹⁾Control: raw starch.

²⁾MW-1, 2, 3 : heated with microwave for 1, 2, 3 min.

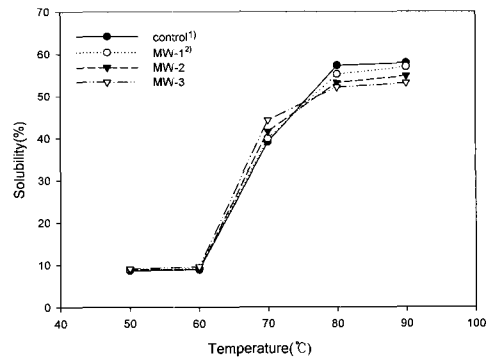


Fig. 2. Solubility of modified chufa starches by microwave heating.

¹⁾Control: raw starch.

²⁾MW-1, 2, 3 : heated with microwave for 1, 2, 3 min.

Fig. 3과 같다. 산화전분의 경우에는 차아염소산나트륨을 1.5% 처리한 경우와 3% 처리한 시료는 큰 차이를 보이지 않았으나 처리량을 6%로 증가시켰을 경우 용해도와 팽윤력이 급격히 증가하는 경향을 보였다. 일반적으로 용해도와 팽윤력은 전분 입자내의 미셀 구조의 결정성과 밀접한 관련이 있으며, 아밀로오스와 아밀로펙틴 함량, 전분의 열처리 방법, 전분의 지방산의 결합 정도 및 전분의 이화학적 변성 등에 영향을 받으며 산화전분은 일정온도 이상에서는 팽윤 없이 용해된다(37,38). 따라서 기름꿀 전분은 차아염소산나트륨에 의해 전분의 C-C결합이 분해되는 동시에 전분의 미셀구조가 파괴된 것으로 생각된다.

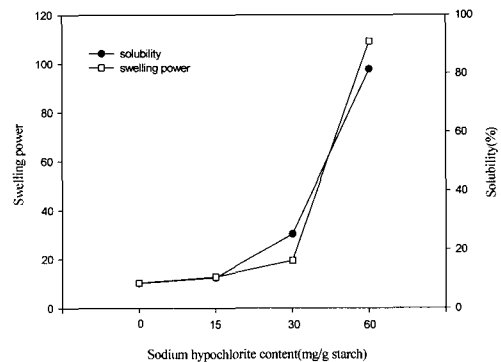


Fig. 3. Swelling power and solubility of modified chufa starch by hypochlorite oxidation(measured at 55℃).

RVA에 의한 호화특성

기름꿀 변성전분을 신속점도계를 이용하여 측정한 호화 특성으로부터 얻은 각 측정치는 Table 5에 나타내었다. 마이크로파에 의한 물리적 변성전분은 생전분에 비해 호화개시 온도가 약간 높았고 최고점도는 416~488 RVU로 매우 높았다. 노화의 경향을 반영하는 setback은 마이크로파 가열시간이 길어짐에 따라 증가하는 경향을 보였는데 Uchijima와 Kurihara(39) 도 마이크로파 가열에 의해 쌀과 고구마 전분의 노화가 촉진된다고 하였다. 전분의 점도는

가용성 아밀로오스 함량, 결합된 지질 함량, 입자의 팽윤 정도, 팽윤된 입자의 열이나 전단력에 의한 저항정도에 영향을 받는데(40) 마이크로파 가열에 의해 나타난 위의 결과는 팽윤력의 감소, amylose-lipid complex 형성 등의 요인에 의한 것으로 보여진다(33). 또 산화전분의 경우에는 최고점도가 267~129 RVU로 나타나 물리적 변성전분과는 달리 생전분에 비해 낮았으며 setback 및 breakdown도 현저하게 낮았다.

Table 5. RVA characteristics of chufa starches modified by microwave heating and sodium hypochlorite oxidation

Sample	P.V. ¹⁾ (RVU)	Temperature(°C)			Breakdown (RVU)	Pasting temp. (°C)	
		Through (RVU)	F.V. ²⁾ (RVU)	Setback (RVU)			
Control ³⁾	385.08	163.58	293.92	135.67	226.83	79.95	
Physical	MW-1 ⁴⁾	416.83	121.00	178.88	59.33	297.58	80.60
	MW-2	450.67	121.58	332.08	212.83	331.42	80.70
	MW-3	488.00	129.52	328.17	198.25	358.08	79.95
Chemical	SH-15 ⁵⁾	267.02	161.39	267.11	97.02	12.55	80.20
	SH-30	171.00	160.52	259.25	95.67	12.42	79.90
	SH-60	129.08	92.42	186.50	94.08	36.67	79.90

¹⁾P.V.: Peak viscosity.

²⁾F.V.: Final viscosity.

³⁾Control: raw starch.

⁴⁾MW-1, 2, 3 : heated with microwave for 1, 2, and 3 min, respectively.

⁵⁾SH-15, 30, 60: oxidized by sodium hypochlorite 1.5%(Cl₂ content, 15 mg/g starch), 3%, and 6%, respectively.

DSC에 의한 호화특성

기름골 변성전분을 DSC를 이용하여 측정한 호화개시온도, 최대호화온도, 호화종결온도 및 호화엔탈피는 Table 6과 같다. DSC 측정 결과 기름골 변성전분은 일정한 엔탈피를 갖는 1개의 흡열반응 곡선을 보였다. 마이크로파에 의한 변성전분의 DSC 결과 가열시간이 증가함에 따라 호화개시

Table 6. DSC data of chufa starches modified by microwave heating and sodium hypochlorite oxidation

Sample	Temperature(°C)			$\Delta H(J/g)^{1)}$	
	Onset(T _o)	Peak(T _p)	Conclusion(T _c)		
Control ²⁾	72.8	80.3	88.7	8.97	
Physical	MW-1 ³⁾	71.75	79.59	89.0	9.16
	MW-2	71.14	79.69	88.4	9.65
	MW-3	69.13	79.39	89.3	10.38
Chemical	SH-15 ⁴⁾	71.60	77.40	83.3	11.02
	SH-30	71.48	76.50	83.4	11.10
	SH-60	70.66	75.90	82.7	11.22

¹⁾ ΔH : gelatination enthalpy.

²⁾Control: raw starch.

³⁾MW-1, 2, 3 : heated with microwave for 1, 2, and 3 min, respectively.

⁴⁾SH-15, 30, 60: oxidized by sodium hypochlorite 1.5%(Cl₂ content, 15 mg/g starch), 3%, and 6%, respectively.

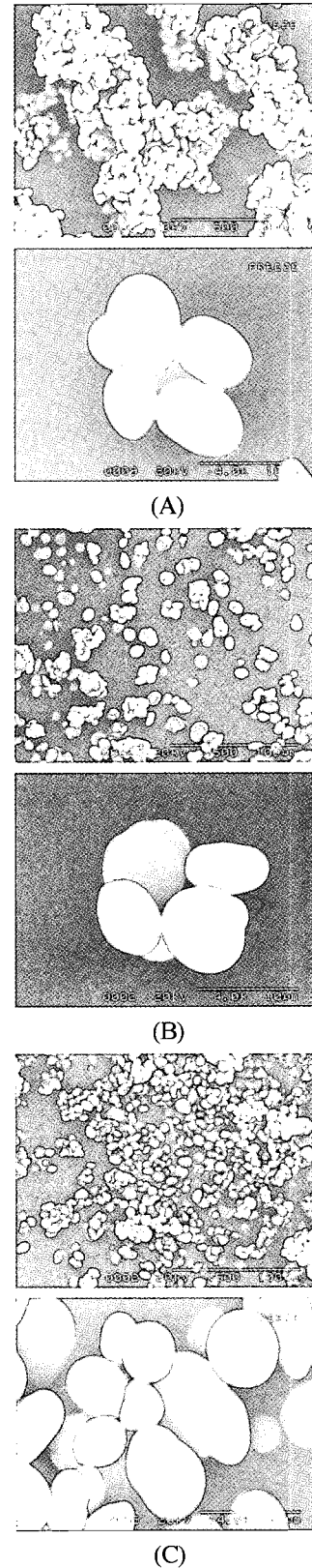


Fig. 4. Scanning electron microphotographs of modified chufa starches.

(×500, ×4000)

(A): Control: raw starch. (B): MW 3 min.

(C): SH-60: oxidized by sodium hypochlorite 6.0%.

온도는 낮아지고 호화엔탈피는 점차 증가하였다. 이것은 저수분 함량에서의 마이크로파 조사처럼 부정형 부분이 증가되어 상대적으로 호화온도가 낮아진 것으로 생각된다 (41). 그러나 감자전분을 이용한 Choi 등(26)의 실험 결과와는 다르게 가열시간이 길어질수록 호화엔탈피는 증가하는 경향을 보였다. 또한 호화최대온도는 가열시간에 의해 큰 차이를 보이지 않았다.

산화전분의 경우에는 차아염소산나트륨을 각각 1.5%, 3%, 6% 첨가하였을 때, 호화개시온도가 71.66, 71.48, 70.66으로 변화되었으며 호화최대온도는 76.50로 생전분에 비해 낮았고 호화엔탈피는 증가하였다. 일반적으로 호화온도는 전분의 구조 이외에 전분에 가한 물의 양, 입자의 크기, DSC의 가열 속도 등에 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (42).

전자주사현미경 관찰

전자주사현미경으로 시료 전분의 표면 구조를 관찰한 결과는 Fig. 4와 같다. 마이크로파 처리한 기름꿀 전분은 생전분과 같이 둥근형 또는 타원형으로 나타났다. 생전분에 비해 마이크로파 처리한 전분의 표면에 약간의 변형이 관찰되었으나 마이크로파 가열방법과 가열시간에 따른 기름꿀 전분의 외관상 형태변화는 크지 않았다. 한편 차아염소산나트륨으로 처리한 기름꿀 산화전분은 치환도가 증가할수록 매끄러운 입자표면이 분해되었으나 원래의 기름꿀 생전분의 입자 모양을 거의 그대로 유지하고 있는 것으로 보아 산화에 의한 전분입자의 변화는 매우 작다고 생각된다.

요 약

기름꿀 변성전분의 이화학적 특성 및 호화 특성을 알아보기 위해 전분을 분리한 후 마이크로파(700W)에 의해 60초, 120초, 180초 동안 각각 직접 가열한 물리적 변성전분과 차아염소산나트륨을 1.5%, 3%, 6%로 각각 반응시킨 화학적 변성전분인 산화전분을 제조하였다. 아밀로오스 함량, blue value, 최대흡수파장 및 흡광도는 마이크로파에 의한 변성전분의 경우 가열시간이 증가함에 따라 감소하였고 산화전분의 경우에도 Cl_2 농도가 증가함에 따라 점차 감소하였다. 물 결합능력은 마이크로파에 의한 변성전분의 경우에는 가열시간에 따라 증가하였고 산화전분의 경우에는 차아염소산 나트륨 처리량에 비례하여 감소하는 결과를 나타내었다. 또 마이크로파에 의한 변성전분의 팽윤력 및 용해도는 생전분에 비해 마이크로파 가열시간이 길수록 60°C 이하에서는 높았으나 60°C 이상에서는 약간 감소하였다. 산화전분의 경우에는 차아염소산나트륨 처리량을 6%

로 증가시켰을 경우 용해도와 팽윤력이 급격히 증가하였다. 전자주사현미경(SEM)으로 관찰한 전분의 입자형태는 두가지 변성전분 모두 표면에 약간의 변형이 일어났으나 비교적 원래의 입자를 그대로 유지하였다. 변성전분의 호화양상 결과 시차주사열량계(DSC)에 의해 측정된 경우 마이크로파에 의한 변성전분과 산화전분 모두 호화온도가 감소하였으며 호화엔탈피(ΔH)는 증가하였다. 신속점도측정계(RVA)에 의한 측정에서는 마이크로파에 의한 변성전분은 생전분(385 RVU)에 비해 최고점도가 416-488 RVU로 매우 높았으며, 산화전분의 경우에는 최고점도가 129-180 RVU로 생전분에 비해 낮았고 setback 및 breakdown도 현저하게 낮았다.

참고문헌

1. Song, J., Bang, J.K., Park, H.W., Lee, S.E. and Park, M.K. (2000) Evaluation for quality characteristics of chufa. *Korean J. Inter. Agric.*, 14, 267-274
2. Oderinde, R.A. and Tairu, O.A. (1998) Evaluation of properties of yellow nutsedge(*Cyperus esculentus*) tuber oil. *Food Chem.*, 28, 233-237
3. French, D. (1984) Organization of starch granules. In *Starch Chemistry and Technology*. 2nd ed., Academic Press, New York, p.183
4. Zobel, H.F. (1984) Gelatinization of starch and mechanical properties of starch pastes. In *Starch Chemistry and Technology*. IV. 2nd ed., Academic Press, Inc., London, p.285-309
5. Waniska, R.D. and Gomez, M.H. (1992) Dispersion behavior of starch. *Food Technol.*, 46, 110-123
6. Kim, J.T. and Noh, W.S. (1992) The retrogradation and swelling power of modified potato starches. *J. Korean Soc. Agric. Chem.*, 35, 404-409
7. Higo, A., Shimazaki, M. and Noguchi, S. (1982) Hardening of food texture induced by microwave irradiation(part 6) Formation of starch-fatty acid methyl ester complexes. *J. Home Econom. Jpn.*, 33, 297-302
8. Higo, A., Noguchi, S., Nakazawa, F. and Shimazaki, M. (1983) Hardening of food texture induced by microwave irradiation(Part 8), Effect of starch-gel formation on bread-hardening. *J. Home Econom. Jpn.*, 34, 83-89
9. Higo, A., Shimazaki, M., Noguchi, S. and Nakawaza, F. (1983) Hardening of food texture induced by microwave irradiation(Part 10), Changes in bound water content of breads accompanied with hardening. *J. Home Econom. Jpn.*, 34, 474-481

10. Akinaga, Y., Kasai, M., Hatae, K. and Shimada, A. (1986) Effect of cooking condition on softening of potatoes in microwave cooking. *J. Home Econom. Jpn.*, 37, 955-967
11. Seguchi, M. and Matsuki, J. (1977) Studies on pan-cake baking. I. Effect of chlorination of flour on pan-cake quality. *Cereal Chem.*, 54, 286-299
12. Marotta, N.G., Milltown, Bell, H., Plainfield, N. and Ronai, K.S. (1969) Process for preparing deep-fried foodstuffs. U.S. Patent, 3, p. 482
13. Wurzburg, O.B. (1986) Converted starches. In *Modified Starches, Properties and uses*, Wurzburg, O.B. ed., CRC Press. FL, p.17-40
14. Yamamoto, K., Sawada, S. and Onogaki, T. (1973) Properties of rice starch prepared by alkali method with various conditions. *Denpun Kagaku*. 20, 99-104
15. Konoo, S., Ogawa, H., Mizuno, H. and Iso, N. (1996) The sodium hypochlorite(in Japanese). *J. Jpn. Soc. Food Sci. Technol.*, 43, 880-886
16. AOAC. (1999) *Official Methods of Analysis*. 17th. ed., Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. USA, p. 914-915
17. Juliano, B.O. (1971) A simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Sci.*, 16, 334-360
18. Gilbert, G.G. and Spragg, S.P. (1963) Iodimetric determination of amylose. *Physical Analysis*, 4, 168
19. Williams, P.C., Kuzina, F.D. and Hylnka, I. (1970) A rapid clorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.*, 47, 411-419
20. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A. (1965) Wheat starches. I. Comparision of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, 42, 558-568
21. Schoch, T.J. (1964) Swelling power and solubility of granules starches. In *methods In. Carbohydrate Chemistry*. IV. Academic Press, New York. p. 106-108
22. Leach, H.W., Mccowen, L.D. and Schoch, T.J. (1959) Structure of starch granule. I. Swelling and solubility pattern of various starches. *Cereal Chem.*, 35, 534-544
23. Bason, M.L., Ronalds, J.A., Wrigley, C.W. and Hubbard, L.J. (1993) Testing for sprout damage in malting barley using the rapid visco-analyzer. *Cereal Chem.*, 70, 269-272
24. Ross, A.S., Walker, C.E., Booth, R.I., Orth, R.A. and Wrigly, C.W. (1987) The rapid visco-analyzer. A new technique for the estimating of sprout damage. *Cereal Food World*, 32, 827-829
25. Donovan, J.W. (1979) Phase transitions of the starch-water system. *Biopolymers*, 18, 263-267
26. Choi, O.J. and Koh, M.S. (1993) Changes in physico-chemical properties of potato starch by microwave heating methods. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 5, 461-467
27. Maheshwari, P.N., Stanley, D.W. and Van de Voort, F.R. (1980) Microwave treatment of dehulled rapeseed to inactivate myrosinase and its effect on oil and meal quality. *J. Oil Chem. Soc.*, 57, 194
28. Pour-El, A., Nelson, S.O., Peck, E.E., Tjhio, B. and Stetson, L.E. (1981) Biological properties of VHF and microwave-heated soybean. *J. Food Sci.*, 46, 880-889
29. Ail, S.Z., Mysore and Kempf, W. (1986) On the degradation of potato starch during acid modification and hypochlorite oxidation. *Starch/Stearke*, 38, 83-86
30. Rutenberg, M.W. and Solarex, D. (1984) starch Derivatives. Production and Uses. In *starch. Chemistry and Technology*. 2nd Ed. Academic Press, Inc., London, p. 311-388
31. Chung, M.G., Jeon, Y.S., Lee, S.K., Park, J.M. and Lim, B.S. (1998) Physicochemical properties of oxidized waxy maize starches with sodium hypochlorite. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 1, 42-48
32. Swinkels, J.M. and Veendam. (1985) Composition and properties of commercial native starches. *stearke*, 37, 1
33. Yost, D.A. and Hosenev, R.C. (1986) Annealing and glass transition of starch. *Starch*, 38, 289-294
34. Edwards, G.H. (1964) Effects of microwave radiation on wheat and flour: The viscosiy of the flour pastes. *J. Sci., Food Agric.*, 15, 108
35. Bara, T., Tamaru, Y., Kono, T. and Watanabe, A. (1987) Effects of microwave irradiation on amyolytic activities in dehydrated sweet potato flour. *Nippon Shokuhin kogyo Gakkaishi*, 34, 178-184
36. Wurzburg, O.B. (1986) Converted starches. In *Modified Starches. Properties and Uses*. CRC Press. FL, p. 17-40
37. Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.F. and Synder, H.E. (1978) Isolation and characterization of starch from mature soybeans. *Cereal Chem.*, 55, 661-670
38. Kim, H.S. and Lee, Y.E. (1996) Influence of crosslinking on gelatinization behavior and morphological change of potato starch(in Korea). *Korean J. Food Sci. Technol.*, 28, 580-586
39. Uchijima, Y. and Kurihara, Y. (1977) The retrogradation of starch of electronic range heated food. *J. Home Econom. Jpn.*, 28, 95
40. Leelavathi, K., Mysore, D.I. and Ludhiana, J.S.S. (1987) Amylograph pasting behaviour of cereal and tuber starches. *Starch*, 39, 378-397
41. Hagiwara, S., Esaki, K., Nishiyama, K., Kitamura, S.

- and Kuge, T. (1986) Effect of microwave irradiation on potato starch granules. *J. Jpn. Starch Sci.*, 31, 127-134
42. Ishida, N., Kobayashi, T. and Kainuma, K. (1988) Studies

on the physical state of water in starch gel. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 35, 98-106

(접수 2006년 3월 2일, 채택 2006년 5월 26일)