

전분 제조방법에 따른 밤전분의 이화학적 특성

김용두¹ · 최옥자^{1*} · 심기훈¹ · 조인경²

¹순천대학교 식품학부

²남부대학교 식품생명과학과

Physicochemical Properties of Chestnut Starch According to the Processing Method

Yong-Doo Kim¹, Ok-Ja Choi^{1*}, Ki-Hoon Shim¹ and In-Kyung Cho²

¹Division of Food Science, Suncheon National University, Jeonnam 540-742, Korea

²Dept. of Food Science & Technology, Nambu University, Gwangju 506-302, Korea

Abstract

This study is to investigate the physicochemical properties of differently pretreated chestnut starches during starch isolation, and to examine their gelatinization properties by both heat and alkali treatments. One kind is starch A made by alkali method from peeled chestnut. The other is starch B made from chestnut with the outer layer. The results are as follows. Starch A has higher water binding capacity of 86.9% than starch B with 80.66%. Swelling powers of both starch A and B increased rapidly from 60°C to 80°C in both, and since then it has changed a bit. Both began to show their solubility at 60°C and increased continuously as the temperature went up. Starch A has higher swelling power and solubility than starch B. In iodine reaction, starch A has higher λ_{max} and absorbance at λ_{max} than starch B. X-ray diffraction patterns showed that starch A is type C_b and that starch B is type B. Starch B has higher relative crystallinity of 37.0% than starch A with 36.2%. The results by differential scanning calorimetry revealed that starch A gelatinized from 66.95°C to 77.5°C, and its enthalpy is 2.04 cal/g. And starch B gelatinized from 67.09°C to 77.5°C, and its enthalpy is 2.29 cal/g. Amylograms of chestnut starch at 6.5% concentration indicated that starch B needs higher onset temperature when beginning to gelatinize than starch A does. But starch A shows much higher peak viscosity, breakdown, and setback than starch B does. Starch A shows higher viscosity, gel volume, and optical transmittance in gelatinization properties by alkali than starch B does.

Key words: chestnut starch, physicochemical properties, gelatinization, alkali-gelatinization

서 론

밤(*Castanea crenata* S. et Z.)은 농·임업 전체 수출품목 가운데 단일품목으로 수출액이 가장 많은 품목 중의 하나이며, 밤나무는 다른 과수에 비하여 재배관리에 노력이 적게 들고 경사가 급한 지형에서도 비교적 쉽게 재배할 수 있는 장점이 있다(1). 1960년대 이후 정부시책에 의하여 밤 생산을 장려함에 따라 재배면적이 급격히 증가하다가 2000년대에는 밤의 과잉생산으로 인해 조림면적 및 재배면적이 감소하고 있는 추세이다(2). 주요 생산지역은 전남의 광양, 경남의 산청, 진주, 하동, 충남의 공주, 부여이며 연간 총생산량은 2004년 기준 60,017톤(M/T)이다(2,3). 밤은 재수용, 통조림 및 앙금 등의 제과용으로 주로 이용되며 간밤의 형태로 일본에 수출하고 있다. 밤 가공 시 낱알의 밤을 하나씩 깎아내는 수작업으로 껍질을 박피하기 때문에 인건비 등으로 인하여

경쟁력이 떨어지고 있는 실정이며, 현재는 중국산 밤과의 가격경쟁으로 인하여 수출이 점점 어려운 상황에 놓여있다(4). 밤의 주성분은 전분으로서 다른 전분에 비하여 점성이 없고 단백질 함량이 낮아(5) 분말 가공 시 성형의 어려움이 있는 식품이지만, 저단백질, 고전분을 함유한 밤은 술, 식초 등 전분을 이용한 여러 가지 식품을 개발할 수 있는 가능성이 크다. 또한 2~5% 낮은 농도에서도 겔을 형성하는 특성을 지니고 있다(6). 그동안 보고된 밤 전분에 관한 연구로는 밤 전분의 물리화학적 특성과 텍스처 특성(5), 이화학적 성질(6), 밤 전분 수용액의 리올로지 특성(7), 밤 전분 및 전분 겔의 성질(8), 호화액의 유동특성(9), 수분열처리에 의한 물리화학적 성질의 변화(10) 등이 보고되었다.

본 연구에서는 밤의 효율적인 이용을 모색하고자 박피하여 제조한 밤전분과 박피하지 않고 제조한 밤전분의 물결합력, 팽윤력, X-ray 회절도, 입자의 형태 등의 이화학적 특성

*Corresponding author. E-mail: coj@sunchon.ac.kr
Phone: 82-61-750-3692. Fax: 82-61-750-3608

과 가열 및 알칼리에 의한 호화특성을 각각 비교하여 밤 전분의 다양한 이용을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

2004년도 10월 전남 순천농협에서 구입한 광양산의 밤을 이용하였다

밤 전분의 제조

전분은 알칼리 침지법(11)에 의하여 제조하였다. 즉 박피한 밤을 잘게 썰은 다음 Waring blender로 10분 마쇄한 후 60 mesh와 100 mesh로 잔사를 제거한 후, 4°C에서 뷰렛반응이 나타나지 않을 때까지 0.2% NaOH 용액으로 교환한 후, 중성이 될 때까지 증류수로 교환한 다음 실온에서 건조하여 100 mesh로 하였다(A 시료). 박피하지 않은 밤 전분은 밤을 그대로 Waring blender에서 마쇄하여 A전분과 동일하게 제조하였다(B 시료).

밤 전분의 이화학적 특성

물결합력은 Medcalf와 Gilles 방법(12)으로, 팽윤도와 용해도는 Schoch 방법(13)을 개량하여 50~90°C 범위에서 5°C 간격으로 진탕수욕조의 각 온도에서 30분간 진탕한 후 1,810×g에서 원심분리하였고 상등액 중의 총당의 함량은 페놀-황산법으로 측정하였다. 요오드반응은 Gilbert와 Spragg의 방법(14)에 따라 측정하였다.

전분입자의 형태는 전분을 금으로 진공 coating한 후, 주사전자현미경(SEM, JEOL JSM-T330A, Japan)을 이용하여 2,500배로 확대하여 관찰하였다.

X-선 회절도는 X-ray diffractometer(D/Max 1200, Rigaku Co., Japan)를 사용하여 target: Cu-K α , filter: Ni, voltage: 36 kV, current: 16 mA, time constant: 1 sec, F.S.R.: 1×10³ cps 조건에서 회절각도(2 θ) 4°~40°까지 회절하여 분석하였다. 상대적 결정화도는 Nara 방법(15)에 준하여 X-선 회절도에서 intensity가 최소가 되는 점들을 곡선으로 연결하여 윗부분의 면적(Ac)을 결정부분으로 아래 부분의 면적(Aa)을 비결정 부분으로 나누어 Ac/(Ac+Aa)로 상대적 결정화도를 계산하였다

밤 전분의 가열에 의한 호화특성

전분의 DSC(Differential Scanning Calorimetry)분석은 Donovan(16)의 방법에 따라 전분 3 mg을 aluminum pan에 취하고 여기에 전분의 3배에 해당하는 증류수를 micro-sylinge로 가여 밀봉한 다음 12시간 방치한 후 DSC 2010(TA Instrument, USA)을 사용하여, 30°C부터 100°C까지 10.0°C/min 속도로 가열하여 흡열(endothermic) peak를 얻었다. 이 흡열곡선으로부터 호화개시온도(T_o), 호화정점온도(T_p), 호화종료온도(T_c) 및 호화엔탈피(ΔH)를 계산하였다.

광투과도는 Wilson 등(17)의 방법에 따라 0.2% 전분 현탁

액을 50°C~95°C 범위에서 가열 호화시켜 분광 광도계(6300, Jenway, U.K.)를 사용하여 625 nm에서 광투과도를 측정하였다.

아밀로그래프는 Micro Visco Amylograph(D-47055, Brabender, Germany)를 이용하여 Medcalf와 Gilles(12)의 방법에 따라 측정하였고, 6.5% 전분 현탁액에 대하여 측정하였다.

밤 전분의 알칼리에 의한 호화 특성

NaOH에 의한 점도변화는 Maher(18)와 Kim 등(19)의 방법에 따라 전분 2.4 g을 50 mL 실린더에 취하고 적당량의 증류수를 넣어 1분간 교반시킨 다음, 1.0 N NaOH용액을 가하여 최종농도 0.15 N의 6% 전분용액 40 mL가 되도록 하였다. 이것을 30초 동안 교반한 후, Brookfield 점도계(DV-I, USA)를 사용하여 spindle No. 5, 회전속도 10 rpm 조건으로 45분간 점도변화를 측정하였다.

KSCN(potassium thiocyanate)에 의한 호화는 Lindqvist(20)의 방법에 따라 전분 0.3 g을 50 mL 실린더에 취하고 적당량의 증류수를 가하여 교반한 후, 8 M KSCN 용액을 가하여 최종농도가 1.5~4.0 M KSCN 범위의 0.6% 전분용액 50 mL가 되도록 하여 25°C에서 24시간 방치한 후에 형성된 gel의 부피를 측정하였다.

알칼리 호화에 의한 광투과도는 Wilson 등(17)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉 전분 0.3 g을 300 mL 삼각플라스크에 취하고 적당량의 증류수를 가하여 1분간 교반한 후, 1.0 N-NaOH 용액을 가하여 최종농도가 0.11 N NaOH 농도의 0.2% 전분용액 150 mL가 되도록 한 다음, 30초간 교반하고 30분간 유지하면서 1분 간격으로 625 nm에서 광투과도를 측정하였다.

결과 및 고찰

물결합력, 팽윤도 및 용해도, 요오드 반응

알칼리 침지법에 의하여 분리한 밤 전분의 물결합력은 A 전분의 경우 86.9%, 박피하지 않은 밤 전분은 80.66%로 박피한 밤 전분이 더 높은 물결합력을 나타냈다. 박피 후 알칼리 처리를 하지 않은 밤 전분의 경우 Kim 등(5)은 82.5%, Park 등(6)은 85.2%라고 하여 알칼리 처리한 밤 전분의 물결합력이 더 높은 경향을 나타냈다.

팽윤력과 용해도는 Fig. 1과 같다. 밤 전분의 팽윤력은 60°C에서 급격히 증가하기 시작하여 80°C까지 증가하다가 그 이후는 완만하게 변하였고 A전분이 박피하지 않은 B전분보다 팽윤력이 높게 나타났다. 용해도는 60°C에서부터 증가하기 시작하여 온도가 상승함에 따라 점점 증가하는 특성을 보였으며 A전분이 B전분보다 용해도가 더 높게 나타났다. Park 등(6)은 50°C부터 팽윤이 일어나며 55~60°C에서 급격히 증가되어 고온에서 억제되었다고 하였고 용해도도 55°C부터 증가하기 시작하여 계속적으로 증가하였다고 하

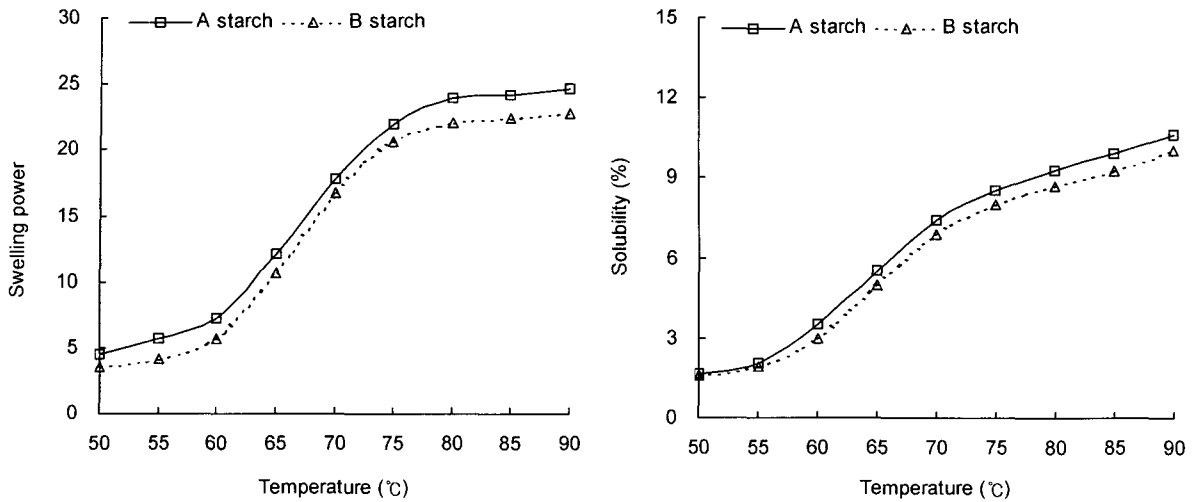


Fig. 1. Swelling power and solubility patterns of chestnut starch.

였는데, 본 실험에서는 60°C에서부터 팽윤이 되기 시작하였다. 이는 품종 및 전분의 제조방법에 따른 차이라고 생각된다.

요오드 반응의 최대흡수파장과 λ_{max} 에서의 최대흡광도는 Table 1과 같다. 밤 전분의 최대흡수파장과 λ_{max} 에서의 최대흡광도는 A전분이 600 nm, 0.614, B전분이 590 nm, 0.542로 각각 나타났으며, 625 nm에서의 흡광도는 A전분이 0.608, B전분이 0.533으로 나타나 A전분이 박피한 B전분보다 요오드 친화력이 더 높게 나타났다. 이 결과로 미루어 전분제조 시 박피하지 않은 전분은 박피한 전분에 비하여 아밀로오스 용출이 잘되지 않는다고 생각된다. Higo 등(21)은 아밀로오스-지방산 등과 같이 아밀로오스 복합체의 함량이 증가하면 아밀로오스 용출 억제에 의하여 최대흡수파장 및 흡광도가 감소

한다고 하였고, Cura와 Krisman(22)은 요오드 반응의 최대흡수파장은 분지점 (α -1,6)의 함량과 부의 관계를 보인다고 하였다.

전분입자의 형태

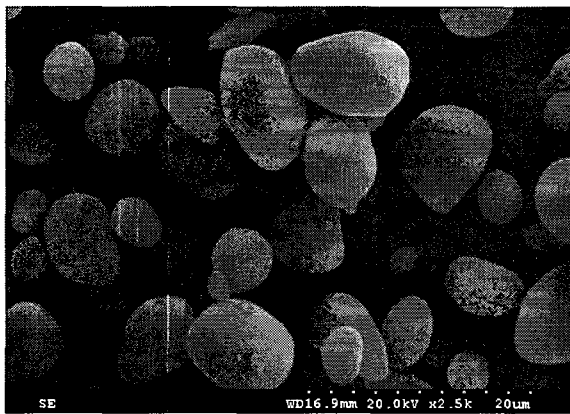
밤 전분 입자의 형태 및 크기는 Fig. 2와 같다. 밤 전분 입자의 표면은 둥글고 매끄러웠으며 불규칙한 타원형모양을 나타냈다. 입자의 크기는 3~20 μ m 정도이었고 입자가 작을수록 원형에 가까운 모양을 나타냈으며 입자의 장축과 단축의 비는 1.4:1 정도였다. Park 등(6)은 2.9~21.4 μ m, 장축과 단축의 비는 1.4:1 정도라고 하였고, Seo 등(23)은 0.5~20 μ m 정도라고 하여 비슷한 경향을 나타냈다. 전분제조 시 박피한 것과 박피하지 않은 밤 전분입자의 형태와 크기는 차이가 나지 않았다.

Table 1. λ_{max} and absorbance at λ_{max} of chestnut starch

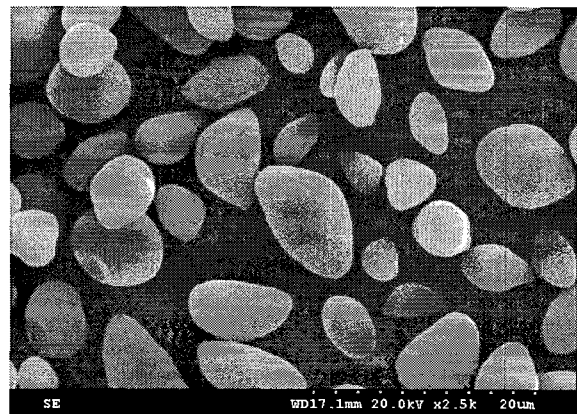
Starch	λ_{max} (nm)	A at λ_{max}	A at 625 (nm)
A	600	0.614	0.608
B	590	0.542	0.533

X-선 회절특성 및 상대적 결정화도

밤 전분의 X-선 회절도는 Fig. 3과 같다. 박피하여 제조한 밤 전분은 회절각도 17.1°에서 강한 peak를, 15.1°, 23.5°에서



A starch



B starch

Fig. 2. SEM photomicrograph of chestnut starch (\times 2,500).

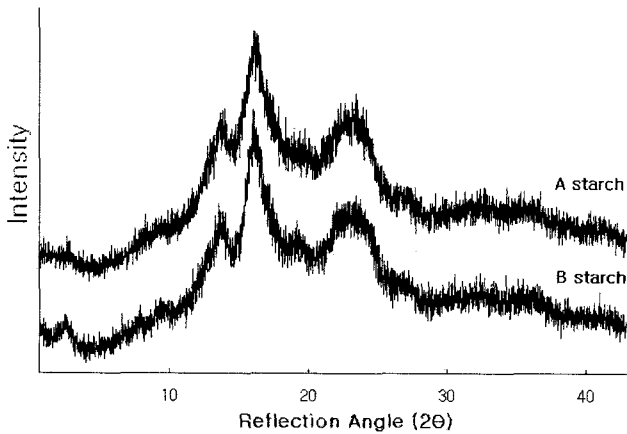


Fig. 3. X-ray diffraction pattern of chestnut starch.

중간 peak를 나타내어 C_b도형에 가까웠으며, 박피하지 않고 제조한 전분은 17.1°에서 강한 peak를 나타냈으며, 5.5°, 15.1°, 19.5°, 22.3°, 23.4°에서 중간 peak 피크가 나타나 B도형의 특성이 뚜렷하게 나타났다. 그러나 Park 등(6), Lee와 Rhee (24)는 밤 전분을 B도형으로, Choo와 Ahn(8) 및 Takeda 등 (25)은 C_b도형으로 구분하였다. X-ray 회절도로부터 구한 상대적 결정화도는 A전분이 36.2%, B전분은 37.0%로 박피하지 않고 제조한 밤 전분이 약간 높게 나타났다. 이는 밤 껍질에 함유된 탄닌성분이 전분 제조과정 중에 전분의 결정성에 영향을 미치기 때문이라고 생각된다.

DSC(Differential Scanning Calorimetry)

전분과 물의 비율을 1:3으로 하여 분석한 결과는 Table 2 및 Fig. 4와 같다. A전분의 호화개시온도는 66.95°C, 호화 온도 범위는 66.95°C~77.5°C, B전분은 호화개시온도는 67.09°C, 호화온도 범위는 67.09°C~77.5°C로 나타났다. 호화

Table 2. Differential scanning calorimetry thermogram of chestnut starch

Starch	T _o	T _p	T _c	ΔH (cal/g)
A	66.95	71.21	77.5	2.04
B	67.09	71.24	77.5	2.29

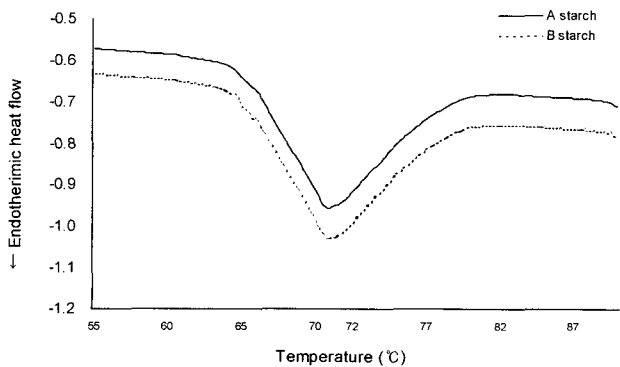


Fig. 4. Differential scanning calorimetry thermogram of chestnut starch.

온도는 전분에 가한 물의 양, 입자의 크기, 가열속도, 첨가물 등에 영향을 받게 되는데(26), A전분보다 B전분은 호화온도가 더 높았다. 호화엔탈피는 A전분은 2.04 cal/g, B전분은 2.29 cal/g으로 B전분이 더 높게 나타났으며, 일반 고구마 2.12 cal/g(27)과 유사하였다. 박피하지 않은 전분이 호화온도와 호화엔탈피가 높은 것은 밤 껍질에 함유되어 있는 탄닌의 영향으로 생각된다.

가열에 의한 광투과도의 변화

0.2% 전분현탁액을 50°C~95°C까지 가열하면서 625 nm에서 광투과도를 측정된 결과는 Fig. 5와 같다. 밤 전분의 광투과도는 온도가 상승함에 따라 증가하였고 광투과도로부터 구한 호화개시온도는 A전분, B전분 모두 60°C로 나타났다. 그러나 A전분은 B전분에 비하여 동일온도에서 광투과도가 더 높게 나타나 A전분이 B전분보다 호화가 더 잘되는 것으로 판단된다.

Amylograph에 의한 호화

6.5% 밤 전분의 아밀로그래프의 특성치는 Fig. 6 및 Table 3

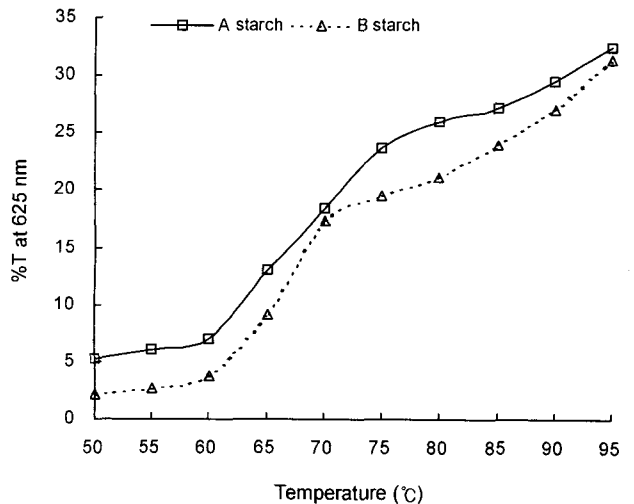


Fig. 5. Changes in transmittance of chestnut starch at various temperature.

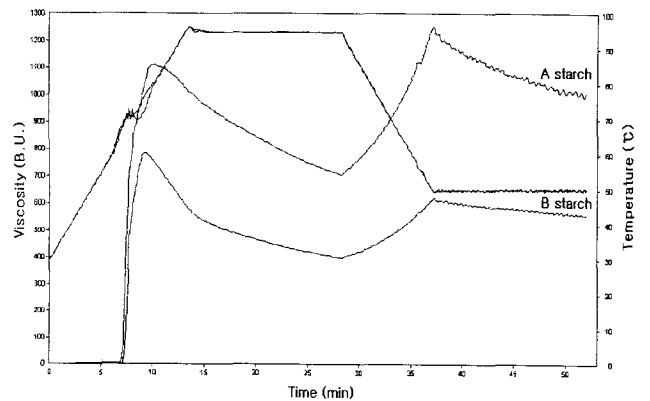


Fig. 6. Brabender amylogram curve of chestnut starch.

Table 3. Brabender amylogram data of chestnut starch

Starch	Initial pasting temp. (°C)	Peak viscosity (B.U.) P	Viscosity at 95°C	Viscosity after 30 min at 95°C H	Viscosity at 50°C (B.U.) C	Breakdown (P-H)	Setback (C-H)
A	68.1	1113	1034	708	1245	405	537
B	68.6	786	604	400	614	386	214

과 같다. 박피한 A전분의 초기 호화온도 68.1°C으로 나타났고, 박피하지 않은 B전분은 68.6°C로 B전분의 초기 호화온도가 약간 높게 나타났다. A전분은 최고점도 1113 BU, 50°C에서는 1245 BU, B전분은 최고점도 786 BU, 50°C에서는 614 BU로 각각 나타나 A전분의 점도가 더 높았다. 초기 호화개시온도는 아밀로오스 함량 및 무정형부분에서의 분자간의 회합정도 등에 영향을 받으며 전분입자 내의 내부구조가 치밀할수록 가열시 느리게 팽윤되어 높은 호화온도를 나타낸다고 하였는데(28), 본 실험의 경우는 박피하지 않은 밤 전분인 B전분이 호화개시온도가 더 높고 전체적으로 점도가 낮았는데 이는 밤 껍질에 함유된 탄닌성분에 의하여 호화가 억제되었기 때문이라고 생각된다. Hitomi 등(29)은 탄닌을 0.25~0.50% 첨가하였을 때 탄닌의 증가에 의하여 전분의 팽화가 억제되었다고 하였으며 첨가된 탄닌함량에 비례한다고 하였다. 한편 최고점도와 95°C에서 30분 유지시켰을 때와의 점도 차이인 breakdown은 A전분이 405, B전분이 386으로 나타났는데 이는 8% 도토리전분 100(24), 8% 동부전분 120(30)에 비하여 훨씬 높은 것으로 이들 전분에 비하여 팽윤된 전분입자가 열이나 전단에 매우 약한 것으로 나타났다. A전분이 전분이 B전분보다 더 약함을 알 수 있다. 노화의 특성을 나타내는 setback은 A전분은 537, B전분은 214로 각각 나타나 A전분이 박피하지 않은 B전분보다 노화가 더 잘 되는 것으로 나타났다. 따라서 박피하지 않고 제조한 전분은 박피하여 제조한 전분보다 점도가 더 낮고 노화는 느리게 진행된다고 할 수 있다

NaOH에 의한 점도 변화

밤 전분 6% 현탁액을 0.15 N NaOH용액 농도로 실온에서 45분간 알칼리 호화시키면서 점도의 변화를 측정된 결과는 Fig. 7과 같다. A전분은 20분까지 점도가 급속하게 증가하다가 35분 이후 거의 변화가 없었고, B전분은 점진적으로 증가하였다. Choi 등(31)에 의하면 알칼리에 의한 호화는 OH기가 전분분자 사이로 들어가 결정부분을 무정형부분으로 변화시키므로 결정부분이 많거나 결합이 강할 경우 더 높은 농도의 알칼리가 필요하다고 하였다. 일반 고구마의 경우(28) 0.17 N NaOH 용액에서 급격한 점도의 변화를 나타냈다고 하였고, 자색고구마의 경우(32) 0.21 N NaOH 용액에서 급격한 점도의 변화가 나타났고 0.17 N NaOH 용액에서는 거의 변화가 없었다고 하였는데 박피한 밤 전분은 0.15 N NaOH 용액에서도 급격한 점도 변화를 나타냈다.

KSCN에 의한 호화 특성

전분 0.3 g을 1.6~4.0 M KSCN용액 50 mL로 처리한 다음

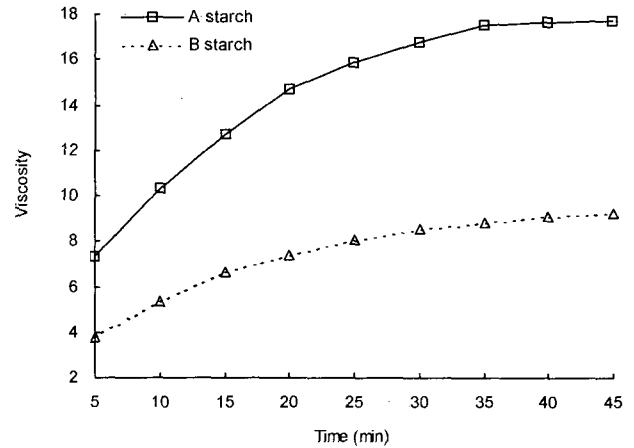


Fig. 7. Changes in viscosity of chestnut starch at 0.15 N of sodium hydroxide.

25°C에서 24시간 방치한 후 gel의 부피를 측정된 결과는 Fig. 8과 같다. A전분은 점진적으로 증가하다가 2.0 M 이상의 농도에서 감소되는 특성을 보였고, B전분은 2.5 M 이상의 농도에서 감소되었으며, gel 부피는 A전분보다 적었다. KSCN에 의한 전분의 gel화 현상은 알칼리에 의하여 아밀로오스가 전분분자 밖으로 용출되어 일어나고 아밀로펙틴도 전분의 gel 형성에 관여한다고 하였다(20). A전분보다 B전분의 알칼리에 의한 gel 부피가 작은 것은 Table 1의 요오드 반응에서와 같이 아밀로오스 용출이 억제되기 때문으로 생각된다.

NaOH에 의한 광투과도의 변화

0.11 N NaOH 용액에서 0.2% 밤 전분의 광투과도의 변화는 Fig. 9와 같다. A전분은 1분째부터 점점 광투과도가 증가하기 시작하여 20분째부터 급격하게 증가한 반면, B전분은

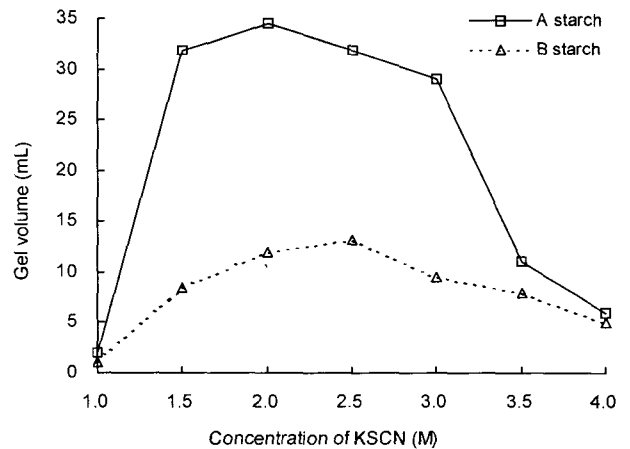


Fig. 8. Changes in gel volume of chestnut starch at various KSCN concentration.

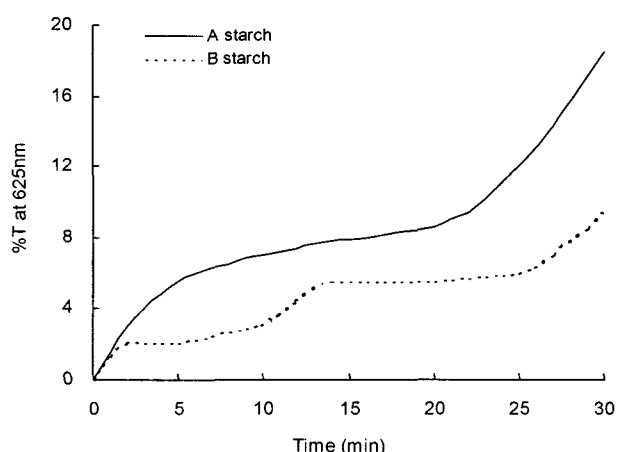


Fig. 9. Changes in transmittance of chestnut starch at 0.11 N of sodium hydroxide.

1분째부터 점진적으로 증가하였고 A전분에 비하여 광투과도는 낮게 나타났다. Choi 등(31)은 자색 고구마전분의 경우 알칼리의 농도가 높을수록 광투과도가 증가하였으며, 0.15 N 이하의 낮은 알칼리 농도에서는 변화가 극히 적었다고 하였는데 박피한 밤 전분은 0.11 N에서도 높은 광투과도의 변화를 나타냈다.

요 약

알칼리 침지법에 의하여 박피한 밤 전분과 박피하지 않은 밤 전분의 이화학적 특성, 가열 및 알칼리에 의한 호화특성을 각각 분석한 결과는 다음과 같다. 물결합력은 박피한 A전분의 경우 86.9%, 박피하지 않은 B전분은 80.66%로 박피한 A전분이 더 높은 물결합력을 나타냈다. A전분과 B전분의 팽윤력은 60°C에서 급격히 증가하기 시작하여 80°C까지 증가하다가 그 이후는 완만하게 변화였고, 용해도는 60°C에서부터 증가하기 시작하여 온도가 상승함에 따라 점점 증가하는 특성을 보였으며, A전분이 B전분보다 팽윤력과 용해도가 더 높게 나타났다. 요오드 반응은 A전분이 B전분보다 더 높게 나타났다. X-선 회절도는 A전분은 C_b도형, B전분은 B도형으로 나타났고, 상대적 결정화도는 A전분이 36.2%, B전분은 37.0%로 B전분이 더 높게 나타났다. DSC에 의하여 측정된 호화온도 및 호화엔탈피는 A전분의 경우 66.95°C~77.5°C, 2.04 cal/g, B전분의 경우 67.09°C~77.5°C, 2.29 cal/g으로 나타났다. 6.5% 밤 전분의 아밀로그래프 특성은 A전분보다 B전분이 호화개시온도가 더 높았고, peak viscosity, breakdown, setback은 A전분이 B전분보다 더 높았다. 알칼리에 의한 호화특성에서 A전분이 B전분보다 점도, gel 부피 및 광투과도가 더 높게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 2003년도 농업기술개발사업 연구비 지원으로

수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. 손철호, 석현덕, 민경택. 2003. 국내 밤산업의 동향과 전망. 농촌경제연구소. p 77-79.
2. Kim JS, Jung BH, Joo RW, Choi SI. 2004. Marketing of chestnut and economic analysis of chestnut cultivation. *Korean J Forest Economics* 12: 12-21.
3. FAOSTAT: <http://apps.fao.org>.
4. Kim JH, Park JB, Choi CH. 1997. Development of chestnut peeling system. Annual Meeting of The Biosystems Eng. p 150-154.
5. Kim SK, Jeon YJ, Kim YT, Lee BJ, Kang OJ. 1995. Physicochemical and texture properties of chestnut starches. *J Korean Soc Food Nutr* 24: 594-600.
6. Park IS, Kim SK, Kim CS. 1982. Physicochemical properties of chestnut starch. *J Korean Agric Chem Soc* 25: 218-223.
7. Park HH, Kim SK, Pyun YR, Lee SY. 1989. Rheological properties of chestnut starch solution. *Korean J Food Sci Technol* 21: 815-819.
8. Choo NY, Ahn SY. 1995. Properties of chestnut starch and its gel. *Korean J Food Sci Technol* 27: 1017-1027.
9. Park YH, Kim SK, Lee SY, Kim JB. 1984. Rheological properties of gelatinized chestnut starch solution. *Korean J Food Sci Technol* 16: 314-318.
10. Park HH, Lee KH, Kim SK. 1986. Effect of heat-moisture treatments on physico-chemical properties of chestnut starch. *Korean J Food Sci Technol* 18: 437-442.
11. Yamamoto K, Sawada S, Onogaki T. 1973. Properties of rice starch prepared by alkali method with various conditions. *J Jpn Soc Starch Sci* 20: 99-104.
12. Medcalf DF, Gilles KA. 1965. Wheat starches, I. comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem* 42: 558-568.
13. Schoch TJ. 1964. Swelling power and solubility of granular starches. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Whistler RL, ed. Academic Press, New York. Vol 4, p 106-108.
14. Gilbert GA, Spragg SP. 1964. Iodimetric determination of amylose. In *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Whistler RL, ed. Academic Press, New York. Vol 4, p 168-169.
15. Nara S, Mori A, Komiya T. 1978. Study on relative crystallinity of moist potato starch. *Starch* 30: 111-114.
16. Donovan JW. 1979. Phase transitions of the starch-water system. *Biopolymer* 18: 263-267.
17. Wilson LA, Birmingham VA, Moon DP, Snyder HE. 1978. Isolation and characterization of starch from mature soybean. *Cereal Chem* 55: 661-670.
18. Maher GG. 1983. Alkali gelatinization of starches. *Starch* 35: 226-230.
19. Kim SK, Chung HM, Cho MH. 1984. Alkali gelatinization of rice, arrow root and ginger root starches. *Agric Chem Biotechnol* 27: 214-216.
20. Lindqvist I. 1979. Cold gelatinization of starch. *Starch* 31: 195-200.
21. Higo A, Shmazaki M, Noguchi S. 1982. Hardening of food texture induced by microwave irradiation (part 6): Formation of starch-fatty acid methyl ester complexes. *J Home Economics Jpn* 33: 297-303.
22. Cura JA, Krisman CR. 1990. Cereal grains: A study of their α -1,4, α -1,6 glucopolysaccharide composition. *Starch* 42: 171-176.
23. Seo KS, Hab PJ, Lee SJ. 1974. Studies on the processing of chestnut. *Korean J Food Sci Technol* 6: 98-108.
24. Lee HS, Rhee HS. 1990. Physicochemical properties of

- acorn and chestnut starches. *Korean J Soc Food Sci* 6: 1-7.
25. Takeda C, Takeda Y, Hizukuri S. 1987. Structure and properties of chestnut starch. *J Jpn Soc Starch Sci* 34: 31-37.
26. Kuge T, Kitamura S. 1985. Annealing of starch granules; Warm water treatment and heat-moisture treatment. *J Jpn Soc Starch Sci* 32: 65-83.
27. Ishida N, Kobayashi T, Kainuma K. 1988. Studies on the physical state of water in starch gel. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 35: 98-104.
28. Lee SK, Shin MS. 1991. Characteristics of defatted and lipid-reintroduced sweet potato starches. *Korean J Food Sci Technol* 23: 341-348.
29. Hitomi S, Yoshimi O, Taketoshi K. 1988. Effect of powdered green tea on qualities of bread. *J Cookery Sci Japan* 21: 43-47.
30. Kweon MR. 1992. Molecular structure and gel properties of legume starches. *PhD Dissertation*. Seoul National University.
31. Choi CR, Kim JO, Lee Sk, Shin MS. 1995. Physicochemical properties of defatted high amylose corn starch. *Agric Chem Biotechnol* 38: 402-407.
32. Choi CR, Rhim JW, Park YK. 2000. Physicochemical properties of purple-fleshed sweet potato starch. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 1-5.

(2006년 1월 10일 접수; 2006년 2월 24일 채택)