

탈지한 고아밀로오스 옥수수전분의 이화학적 특성

최차란 · 김정옥 · 이신경 · 신말식*

전남대학교 식품영양학과

초록 : 아밀로오스 함량이 높은 옥수수전분을 전분겔 제조에 이용하고자 고아밀로오스 옥수수전분과 99% 메탄올로 탈지한 전분의 이화학적 특성과 호화특성을 알아보았다. 전분입자의 모양은 등근형이었고 탈지시 모양의 변화는 없었으며 X-선 회절도에 의한 전분의 결정형은 모두 B형이었고 결정도의 변화는 없었다. 요드 친화력은 51.6%로, 탈지시 71.3%로 증가하였으며 총지방질 함량은 감소하였다. 80°C에서의 팽윤력과 용해도는 탈지에 의해 큰 차이가 없었으며 물결합능력은 104.6%에서 탈지시 117.3%로 증가하였다. 온도에 따른 용해성 탄수화물과 용출 아밀로오스의 함량은 110°C 이상에서 급격히 증가하였으며 탈지전분이 생전분에 비해 용출되는 양이 많았다. 알칼리의 농도에 따른 점도 변화는 0.3N NaOH 이상의 농도에서 증가되었으며 광투과도는 0.4N NaOH 용액에서 증가를 보여 보통전분보다는 열호화 뿐만 아니라 알칼리에 의한 호화도 잘 일어나지 않았다. DSC에 의한 호화 endotherm은 단일피크가 아니고 폭넓은 두 개의 피크를 보였는데 탈지하면 높은 온도의 피크가 더 커졌으며 엔탈피는 0.62 cal/g으로 낮았고 탈지에 의한 차이는 없었다(1995년 8월 3일 접수, 1995년 9월 13일 수리).

서 론

아밀로오스 함량이 높은 전분은 보통 전분에 비하여 호화온도, 겔 형성 특성 또는 겔의 강도 등에서 상당한 차이를 보이며 전분의 호화현상은 전분질 식품의 품질에 크게 영향을 미치며, 전분자체의 특성 외에도 수분, 지방질, 당류 등 여러 인자에 의하여 영향을 받는다. 이중 지방질도 전분의 호화를 억제하는 것으로 알려져 있는데 고아밀로오스 옥수수 전분은 보통 전분보다 총지방질 함량이 높으며 아밀로오스와 지방질 함량은 서로 상관성이 높다고 알려져 있다.^{1,2)} 아밀로오스 함량이 높은 전분은 보통 전분에 비해 호화온도, 겔형성 특성이나 겔의 강도 등에 큰 차이를 나타내며³⁾ 주로 옥수수전분의 돌연변이종이나^{4,5)} 보리전분,⁶⁾ wrinkled pea 전분⁷⁾에서 얻을 수 있다. 전분의 구조나 아밀로오스 함량 뿐 아니라 전분에 함유된 성분, 첨가되는 여러 물질들도 호화나 노화특성에 영향을 미친다.⁸⁾ 이 중 지방질은 전분의 아밀로오스와 결합되어 있거나 표면에 흡착되어 있는데 소량 들어 있어도 전분의 팽윤과 호화를 억제할 뿐만 아니라 노화도 억제한다. Medcalf 등⁹⁾은 전분내의 극성과 비극성 지방질이 전분의 pasting 특성에 영향을 준다고 하였고 Takahashi와 Seib¹⁰⁾은 전분입자내의 지방질이 아밀로오스의 용출을 방해하며 전분겔의 강도와 이수현상을 낮춘다고 보고하였다. 전분에 함유된 지방질을 탈지하면 전분의 특성은 변화되는데 이와 신¹¹⁾은 고구마 전분을 탈지했을 때 팽윤력이 증가하고 호화온도와 호화엔탈피가 낮아졌다고 하였으며 이와 신¹²⁾은 탈지한 옥수수전분에서 팽윤력이 증가하였으며 호화온도가 낮아짐을 보고하였다. 또한 Hoover와 Hadziyev¹³⁾는

아밀로오스와 지방질 복합체가 팽윤력, 용해도, 물결합 능력과 같은 전분의 이화학적인 특성에 영향을 준다고 하였다. 고아밀로오스 함량의 옥수수전분은 보통 전분과는 다른 호화특성을 나타내는데 특히 호화온도가 매우 높으며 고압, 고온의 조건에서 호화된다. 이는 전분의 구조 뿐만 아니라 아밀로오스와 지방질의 복합체 함량이 많은 것이 영향을 줄 것으로 생각된다. 그러므로 본 연구에서는 고아밀로오스 옥수수전분의 이화학적 성질을 변화시켜 전분겔 식품 제조에 이용하고자 아밀로오스 함량이 50%인 옥수수전분을 탈지하여 이화학적 특성과 호화특성을 비교하였다.

재료 및 방법

재료

고아밀로오스 옥수수전분은 선일포도당에서 공급받아 사용하였다.

탈지전분 제조 및 일반성분의 분석

탈지전분은 Soxhlet장치를 사용하여 99% 메탄올로 48시간 추출하고¹¹⁾ 실온에서 건조한 다음 100메쉬 체를 통과하여 제조하였으며, 일반성분은 A.O.A.C 방법¹⁴⁾에 따라 수분, 단백질, 회분, 지방질 함량을 분석하였는데 조지방질은 디에틸 에테르로, 총지방질은 조지방질을 추출한 시료를 85% 메탄올로 추출하여 측정하였다.

전분입자의 성상

전분입자의 표면형태는 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, JEOL JSM-5400, Japan)을 사용하여

찾는말: 고아밀로오스 옥수수전분, 탈지, 이화학적 성질, 호화 특성
*연락처

가속전압 10 kV, phototime 60초, 배율은 2000배 조건으로 관찰하였다.

입자의 결정형

X-선 회절도는 X-ray diffractometer (Rigaku Co, Japan)을 사용하여 Target : Cu-K α , Filter : Ni, Voltage : 40 kV, Current : 20 mA, Full scale range : 3000 cps에서 회절각도 (2 θ) 40°~0°까지 회절시켰다.

이화학적 성질 측정

아밀로오스 함량은 Williams 등¹⁵⁾의 방법으로 정량하였고, 물결합능력은 Medcalf와 Gilles¹⁶⁾의 방법, 팽윤력과 용해도는 Schoch¹⁷⁾의 방법에 따라 측정하였다. 전분의 호화특성 측정 온도에 따른 용출아밀로오스는 Montgomery와 Senti¹⁸⁾의 방법을 변형하여 1% 전분현탁액을 65°C에서 120°C까지, 100°C이상은 고압솥을 사용하여 일정 온도 간격으로 가열하면서 각 온도에서 15분간 유지시킨 후 원심분리하여 측정하였다. 용해성 탄수화물의 양은 페놀-황산법¹⁹⁾으로, 용출 아밀로오스 함량은 Williams 등¹⁵⁾의 방법을 사용하였다. 시차주사열량기(PL DSC-700, PL Thermal Sci., U.K.)에 의한 전분의 호화는 신²⁰⁾의 방법에 따라 물과 전분의 비를 2:1로 30°C에서 100°C까지 10°C/분으로 가열하였다. Reference는 empty pan을 사용하였다. 이 때 얻어진 흡열곡선으로부터 초기온도 (To)와 peak온도(Tp), 종료온도(Tc) 및 호화엔탈피(ΔH)를 구하였다.

알칼리에 의한 호화는 Maher²¹⁾와 김 등²²⁾의 방법에 따라 전분 3g을 50 ml 실린더에 취하고 적당량의 증류수를 넣어 1분간 교반시킨 다음 1.0 N NaOH 용액을 가하여 최종 농도 0.27 N NaOH의 7.5% 전분용액 40 ml가 되도록 하였다. 이것을 30초 동안 교반한 후, Brookfield 점도계(Brookfield viscometer, model LVF)를 사용하여 spindle No.4, 회전속도 12 rpm으로 1분 간격으로 60분간 점도 변화를 측정하였다.

알칼리에 의한 광투과도는 Wilson 등²³⁾의 방법을 수정하여 실시하였다. 전분 0.3 g(건량기준)을 300 ml 삼각플라스크에 취하고 최종농도가 각각 0.35 N, 0.40 N, 0.45 N, 0.50 N NaOH인 0.2% 전분용액이 되도록 한 다음, 30초간 교반하고 20°C에서 15분간 유지하면서 30초 간격으로 분광광도계(8452A Diode array spectrophotometer, Hewlett-Packard Asia LTD., U.S.A.)로 625 nm에서 광투과도의 변화를 측정하였다.

결과 및 고찰

전분의 일반성분

고아밀로오스 옥수수전분의 일반성분은 표 1과 같이 단백질 함량이 0.25%, 회분함량이 0.08%, 총지방질함량이 0.92%로 이와 신¹²⁾에 의한 옥수수 전분의 총지방질이 0.54%임에 비하여 상당히 높았다. 이 결과는 South 등¹⁾과 Morrison²⁾의 결과와 같았다. 지방질은 입자 외부에

Table 1. Proximate analysis and physicochemical properties of untreated and defatted high amylose corn starches

Starches	UTS	DFS
Moisture (%)	15.6	14.8
Protein (%) (N×6.25)	0.25	0.26
Ash (%)	0.08	0.08
Lipid (%)	Crude	0.07
	Total	0.92
Amylose content (%)	51.6	71.3
Water binding capacity (%)	103.0	117.5
Swelling power at 80°C	4.91	4.36
Solubility at 80°C (%)	7.54	7.98

UTS, Untreated high amylose corn starch; DFS, Defatted high amylose corn starch.

둘러싸여 있거나 전분에 존재하는 아밀로오스와 결합되어 있는데 아밀로오스 함량이 높은 전분에는 총지방질과 아밀로오스와 결합된 지방질 함량이 높았다. 탈지 후 조지방질과 총지방질의 함량은 0.03%와 0.19%로 탈지로 인해 결합지방질이 거의 제거되었음을 알 수 있었다.

이화학적 성질

요드 친화력은 표 1과 같이 51.6%이었으나 탈지후에는 71.3%로 급격히 증가하였으며 이는 탈지로 인해 아밀로오스와 결합된 지방질이 빠져 나왔음을 보여주며 많은 지방질이 아밀로오스와 결합된 형태로 전분중에 존재함을 나타낸다. 물결합능력은 103.1%로 정 등²⁰⁾이나 이와 신¹²⁾이 보고한 보통 옥수수전분의 92%나 81.1%보다 높았고 탈지하면 117.5%로 더욱 증가하였다. 탈지한 전분에서 물결합능력이 증가하는 것은 강남콩, 옥수수, 녹두, 고구마전분 등과 같은 경향이었으며^{11,12)} 다른 전분에서보다는 지방질함량의 감소가 컸는데 비해 물결합능력의 증가는 적었다. 이것으로 전분에 결합된 지방질 뿐만아니라 전분 구조의 차이가 탈지한 전분의 물결합능력에 영향을 미치는 것으로 생각되었다. 80°C에서의 고아밀로오스 옥수수전분의 팽윤력과 용해도는 보통전분보다 매우 낮아 4.91과 7.54%이었으며 탈지후에도 큰 변화가 없었다. Leach 등²⁷⁾은 전분의 팽윤력이 전분입자내부의 결합력과 분자간의 회합에 따라 다르다고 했고, Wong과 Lelievre²⁸⁾는 전분의 팽윤력과 전분입자의 결정도가 상관관계에 있다고 하였다.

전분입자의 성상

주사전자현미경으로 관찰한 생전분과 탈지전분 입자의 표면은 그림 1과 같이 다소 홈이 있는 형태로 탈지후에도 생전분과 거의 유사하게 나타났다. 이는 탈지한 전분의 모양이 녹두전분과 옥수수전분, 고구마 전분에서도 큰 변화를 보이지 않았다는 결과와 같았다.^{11,12)} X-선 회절도에 의한 결정형 측정 X-선 회절도에 의한 고아밀로오스 옥수수전분의 결정형은 회절각도 5.5°, 17.2°, 22.2°에서 강한 피크를 보이는 B형으로 Bader와

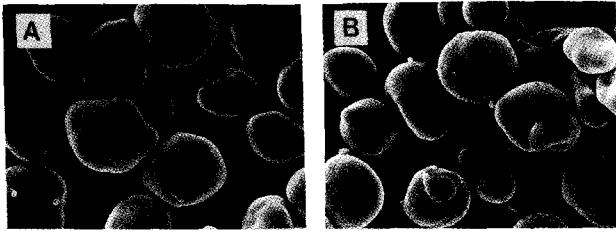


Fig. 1. Scanning electron micrographs of untreated and defatted high amylose corn starches. A, Untreated; B, Defatted.

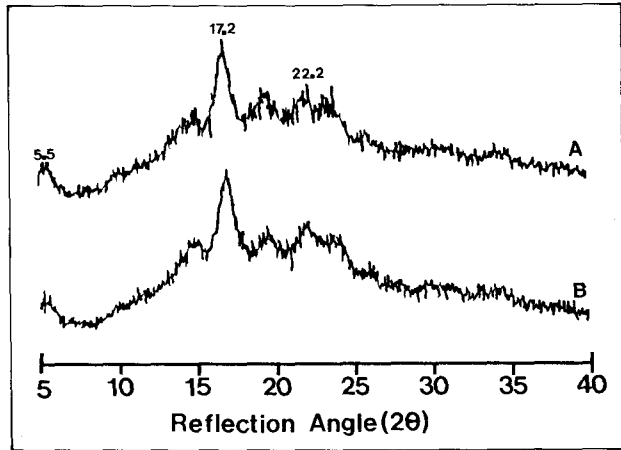


Fig. 2. X-ray diffraction patterns of untreated and defatted high amylose corn starches. A, Untreated; B, Defatted.

Goritz²²⁾가 보고한 결과와 같았으며, 탈지전분의 결정형도 생전분과 같은 B형을 보여주었고 결정성의 정도도 거의 변화하지 않았다(그림 2). 이는 탈지시 생전분에 비해 결정성의 정도가 감소하였다는 이와 신¹²⁾이나 최 등²⁵⁾의 보고와 다르게 나타났다

전분의 호화특성

용해성 탄수화물과 용출아밀로오스의 양은 그림 3과 같이 보통전분의 호화온도 범위인 65°C~75°C에서는 매우 미약했으나 95°C이상에서는 급격한 증가를 보였고 이는 고아밀로오스 쌀전분과 비슷한 경향을 나타냈다.²⁹⁾ 그러나 용출되는 양에 있어서는 아밀로오스가 32.0%인 고아밀로오스 쌀전분에 비해 적었다. 생전분보다 탈지전분에서 용해성 탄수화물과 용출아밀로오스함량이 높았으며 전체의 아밀로오스 함량에 대한 용출 아밀로오스 함량은 생전분인 경우 120°C에서 17.76%, 탈지 전분이 23.53%로 탈지에 의해 아밀로오스가 더 잘 용출됨을 알 수 있었다. Montgomery와 Senti¹⁸⁾는 전분현탁액을 가열했을 때 낮은 온도에서는 선상의 분자가 먼저 용출되어 나오고 온도가 증가함에 따라 가지가 있고 비교적 분자량이 큰 아밀로오스가 용출된다고 하였다.

7.5% 고아밀로오스 옥수수전분 현탁액을 0.27 N NaOH 용액으로 알칼리 호화시키면서 점도변화를 측정 한 결과는 그림 4와 같다. 보통전분은 0.17 N NaOH 용

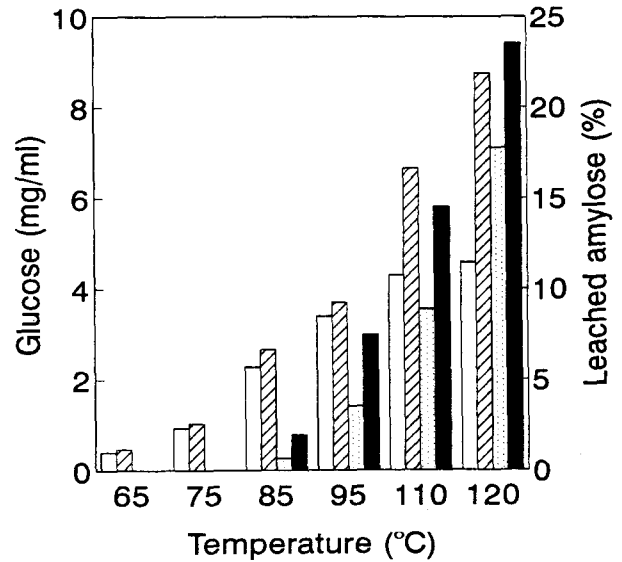


Fig. 3. Soluble carbohydrate (SC) and leached amylose contents (LA) of untreated and defatted high amylose corn starches. □-□, Untreated SC; □-□, Defatted SC; □-□, Untreated LA; ■-■, Defatted LA.

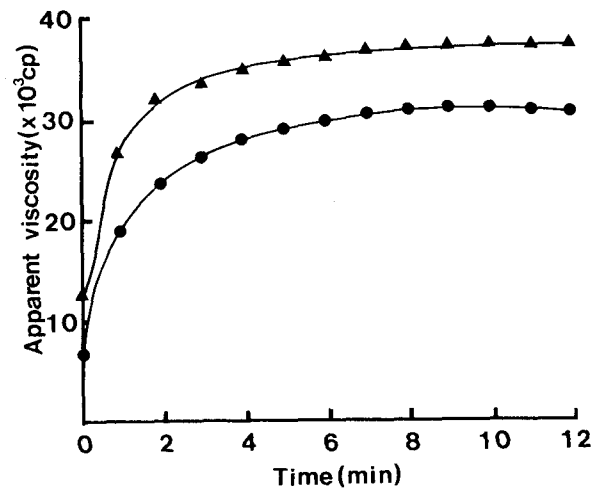


Fig. 4. Changes on apparent viscosity in alkali gelatinization of untreated and defatted high amylose corn starches. ●-●, Untreated; ▲-▲, Defatted.

액에서도 급격한 점도 증가를 보여 호화가 이루어지는데²²⁾ 비해 고아밀로오스 전분은 이보다 높은 농도인 0.27 N NaOH 용액에서 점도가 급격히 증가하였으나 실온에서 알칼리에 의한 호화는 OH기가 전분분자 사이에 들어가 결정성 부분은 무정형으로 만들므로 높은 농도의 알칼리가 필요하다는 것은 결정성 부분이 많거나 더 강한 결합을 이룰 것으로 생각되었다. 이는 팽윤력이 낮은 것과 상관성이 있을 것으로 보인다. 탈지전분은 생전분보다 빠른 점도 증가를 보였으며 높은 점도를 유지하였다. 생전분의 경우 5분 후에는 거의 일정한 27.8×10³ cp를 보였고 탈지시에는 1분이 경과했을 때 점도가 22.0×10³ cp로 급격하게 상승되어 11분 후에는 37.8×10³ cp에

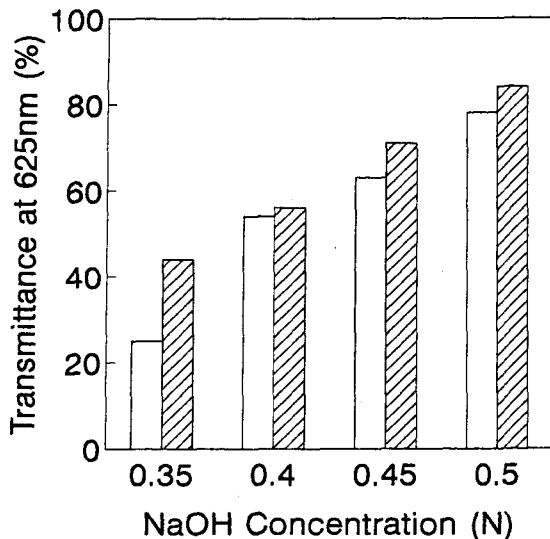


Fig. 5. Effects of alkali concentration on the gelatinization of 0.2 % high amylose corn starch suspensions.

□—□, Untreated; ▨—▨, Defatted.

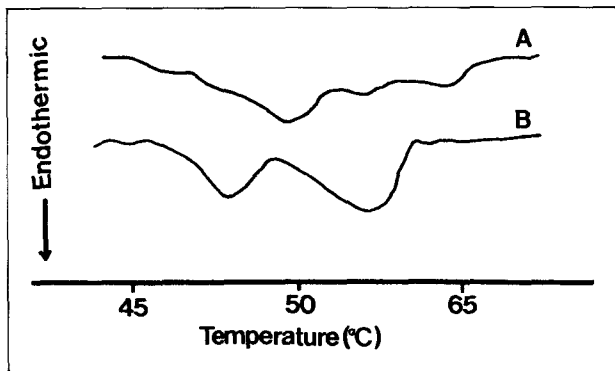


Fig. 6. DSC thermogram of untreated and defatted high amylose corn starches. A, Untreated; B, Defatted.

도달하였다. 알칼리농도에 따른 광투과도의 변화는 그림 5와 같이 농도가 증가할수록 계속 증가하였는데 탈지 전분의 광투과도가 더 컸다. 일반적으로 보통전분은 0.17 N NaOH에서도 50% 이상의 광투과도를 보였으나 고아밀로오스 옥수수전분은 0.4 N NaOH용액에서 그와 같은 광투과도를 보였다.

시차주사열량기에 의한 호화양상은 그림 6에 나타난 것과 같이 생전분과 탈지전분 모두 단일 피크가 아닌 폭넓은 두개의 피크를 보인 흡열반응이었으며 이 때 구한 특성치는 표 2와 같이 생전분의 호화개시온도는 46.68°C이었고 호화엔탈피는 0.62 cal/g이었다. Inouchi 등⁴⁾은 아밀로오스 함량이 다른 여러 전분을 시차주사열량기로 호화특성을 구했을때 물과 전분이 2:1의 조건에서 단일흡열반응을 보였으며 아밀로오스가 59%인 경우 호화온도범위는 47~64°C, 엔탈피는 0.9 cal/g이었으나 47~48%인 경우에는 호화종료온도가 높아 77~87°C로 엔탈피도 1.7~2.4 cal/g이었다고 하였다. 본 실험의

Table 2. DSC characteristics of untreated and defatted high amylose corn starches

Starches	Gelatinization characteristics				
	To (°C)	Tp ₁ (°C)	Tp ₂ (°C)	Tc (°C)	ΔH (cal/g)
UTS	46.68	53.38	63.48	66.24	0.62
DFS	45.58	50.40	58.66	61.69	0.61

UTS, Untreated high amylose corn starch; DFS, Defatted high amylose corn starch.

결과는 아밀로오스 함량이 59%인 것과 비슷한 경향을 보였으나 흡열반응이 두 개의 피크로 나타나는 것은 차이가 있었다. 탈지에 의해 호화종료온도는 낮아졌으며 엔탈피도 약간 낮아졌다. Russell³⁰⁾은 아밀로오스 함량이 70%인 옥수수 전분의 DSC에 의한 흡열반응을 찰옥수수, 감자, 밀 전분과 비교하였을때 호화 초기 온도는 66°C로 다른 전분의 호화 온도 범위와 큰 차이가 없었으나 뚜렷한 피크를 보이지 않고 110°C까지 흡열반응이 폭 넓은 피크를 보였는데 이 피크는 고아밀로오스 전분의 지방질 함량이 높은 점을 고려했을때 호화 피크인 G(gelatinization), 용융 피크인 M₁(shoulder), M₂(peak)로 구성되었을 것으로 보고하였다.

참 고 문 헌

- South, J. B., W. R. Morrison, and D. E. Nelson (1991) A relationship between the amylose and lipid contents of starches from various mutants for amylose content in maize. *J. Cereal Sci.* **14**, 267-278.
- Morrison, W. D. (1985) Lipids in cereal starches In 'New Approaches to Research on Cereal Carbohydrates' Hill, R. D. and L. Munde, Ed., Elsevier Science Pub., pp 61-70.
- Leloup, V. M., Colonna, P., Ring, S. G., Roberts, K. and Wells, B. (1992) Microstructure of amylose gels. *Carbohydr. Polym.* **18**, 189-197.
- Inouchi, N., D. V. Glover, Y. Sugimoto and H. Fuwa (1991) DSC characteristics of gelatinization of starches of single-, double-, triple- mutants and their normal counterpart in the inbred Oh 43 maize (*Zea mays L.*) background. *Starch.* **43**, 468-472.
- Knutson, C. A. and M. J. Grove (1994) Rapid method for estimation of amylose in maize starches. *Cereal Chem.* **71**, 469-471.
- Szczodrak, J. and Y. Pomeranz (1991) Starch and enzyme-resistant starch from high-amylose barley. *Cereal Chem.* **68**, 589-596.
- Praznik, W., A. Huber, S. Watzinger and R. H. F. Beck (1994) Molecular characteristics of high amylose starches. *Starch.* **46**, 88-94.
- Germani, R., C. F. Ciacco, and D. B. Rodriguez-Amaya (1983) Effect of sugars, lipids, and type of starch on the mode and kinetics of retrogradation of concentrated corn starch gels. *Starch.* **35**, 377-381.
- Medcalf, D. G., V. L. Young, and K. A. Gilles (1968) Wheat

- starches. II. Effect of polar and nonpolar lipid fraction on pasting characteristics. *Cereal Chem.* **45**, 88-95.
10. Takahashi, S. and P. A. Seib (1988) Paste and gel properties of prime corn and wheat starches with and without native lipids. *Cereal Chem.* **65**, 474-483.
 11. 이신경, 신말식 (1991) 탈지와 지방질 첨가에 따른 고구마 전분의 특성. *한국식품과학회지* **23**, 341-348.
 12. 이상금, 신말식 (1993) 탈지 및 지질첨가 강남콩, 녹두와 옥수수 전분의 특성. *한국식품과학회지* **25**, 710-715.
 13. Hoover, R. and D. Hadziyev (1981) Characterization of potato starch and its monoglyceride complexes. *Starch*. **33**, 290-300.
 14. A.O.A.C (1990) Official method of analysis, 15th ed., Association of official analytical chemists, Washington, D.C.
 15. Williams, P. C., F. D. Kuzina, and I. Hynka (1970) A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.* **47**, 411-420.
 16. Medcalf, D. F. and K. A. Gilles (1965) Wheat starches. I. Composition of physicochemical properties. *Cereal Chem.* **42**, 558-568.
 17. Schoch, T. J. (1964) Swelling power and solubility of granular starches, In 'Methods in Carbohydrate Chemistry', Whistler, R. L.(ed), Academic Press, New York, N. Y., Vol. 4, pp. 106-108.
 18. Montgomery, E. M., and F. R. Senti (1958) Separation of amylose from amylopectin of starch by an extraction-sedimentation procedure. *J. Polymer Sci.* **28**, 1-9.
 19. Dubois, M, K. A. Gilles, J. K. Hamilton, P. A. Robers and F. Smith (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* **28**, 350-356.
 20. Shin, M. S. (1991) Influence of water and surfactants on wheat starch gelatinization and retrogradation. *Korean J. Food Sci. Technol.* **23**, 116-121.
 21. Maher, G. G. (1983) Alkali gelatinization of starches. *Starch* **35**, 226-230.
 22. 김성곤, 정혜민, 조만희 (1984) 쌀, 옥수수, 칩 및 생강전분의 알칼리 호화. *한국농화학회지* **27**, 214-216.
 23. Wilson, L. A., V. A. Birmingham, D. F. Moon and H. E. Synder (1978) Isolation and characterization of starch from mature soybean. *Cereal Chem.* **55**, 661-670.
 24. Bader, H. G. and D. Goritz (1994) Investigations on high amylose corn starch films. Part I: Wide angle X-ray scattering(WAXS). *Starch* **46**, 229-232.
 25. 최영택, 이신영, 양 용, 오두환 (1988) 탈지 및 지방산 첨가가 쌀 전분의 이화학적 특성에 미치는 영향. *한국식품과학회지* **20**, 834-839.
 26. 정승현, 신건진, 최춘언 (1991) 옥수수, 고구마, 감자, 소맥, 녹두 전분의 이화학적 성질 비교. *한국식품과학회지* **23**, 272-275.
 27. Leach, H. W., L. D. McCowen and T. J. Schoch (1959) Structure of the starch granules. I. Swelling and solubility patterns of various starches. *Cereal Chem.* **35**, 534-544.
 28. Wong, R. B. K. and J. Lelievre (1982) Comparison of the crystallinities of wheat starches with different swelling capacities. *Starch* **34**, 159-161.
 29. Juliano, B. O., R. M. Villareal, C. M. Perez, and L. Banos, Y. Takeda and S. Hizukuri (1987) Varietal differences in properties among high amylose rice starches. *Starch* **39**, 390-393.
 30. Russell, P. L. (1987) Gelatinization of starches of different amylose/amylopectin content. A study of differential scanning calorimetry. *J. Cereal Sci.* **6**, 133-145

Physicochemical Properties of Defatted High Amylose Corn Starch

Cha-Ran Choi, Jeong-Ok Kim, Shin-Kyung Lee and Mal-Shick Shin* (*Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Kwangju*)

Abstract: For the use of starch gel like Mook(a Korean traditional gel food), the physicochemical properties and gelatinization patterns of defatted high amylose corn starch were investigated. The crude and total lipid contents of starch decreased by defatting from 0.07%, 0.92% to 0.03%, 0.19%, respectively. But iodine affinity increased from 51.6% to 71.3%. Water binding capacity of starches increased from 104.6% to 117.3% after defatting. Soluble carbohydrate and leached amylose of untreated and defatted starches were increased rapidly above 110°C. The apparent viscosity of starch dispersion using alkali solution increased above 0.3N NaOH solution but the transmittance increased above 0.4 N NaOH. The DSC thermograms of both starches showed broad and double endotherm with relatively low enthalpy, but the second peak of endotherm was larger in defatted starch than in untreated starch.

*Corresponding author