

계면활성제 첨가 고구마 전분의 호화와 노화특성

이신경 · 신말식

전남대학교 식품영양학과

초록 : 고구마 생전분에 0.5% 농도의 계면활성제, SSL(sodium stearyl-2-lactylate), Dimodan (mono/diglyceride), SE 1670(sucrose fatty acid ester 1670)을 첨가하여 이들 전분의 이화학적 성질과 호화 및 노화특성을 측정하였다. 고구마 전분 입자의 모양과 결정형은 계면활성제 첨가 후에도 변화되지 않았다. 계면활성제 첨가에 의해 총지방 함량이 증가하였으며 아밀로오스 함량은 감소하였고 그 정도는 SE1670>SSL>Dimodan순이었다. 80°C에서의 팽윤력과 용해도는 무처리 전분에 비해 계면활성제 첨가 전분은 감소하였다. 아밀로그래프에 의한 호화개시온도는 무처리 전분이 72.5°C였고 계면활성제 첨가시 변화는 없었으며 Dimodan과 SE 1670 첨가 전분의 경우 최고 점도가 나타났다. 시차주사열량기에 의한 호화 양상은 무처리 전분의 피크 온도와 엔탈피는 각각 73.7°C, 1.3 cal/g이며, 계면활성제 첨가 전분의 호화 피크 온도는 증가하였으나 엔탈피는 감소하였다. 알칼리 호화 양상은 초기에 급격한 점도의 증가를 보이다 완만해졌으며 계면활성제 첨가 전분의 점도는 무처리 전분에 비해 감소하였으며 계면활성제 종류에 따라 차이를 보였다. α -아밀라아제-요오드법에 의한 노화도는 무처리 전분에 비해 SSL과 SE1670 첨가한 전분의 노화도는 감소하였다. 시차주사열량기에 의한 노화도는 계면활성제 첨가 전분은 무처리 전분에 비해 모두 감소하였다(1994년 9월 22일 접수, 1994년 10월 27일 수리).

찾는말 : 계면활성제 첨가 고구마 전분, 이화학적 성질, 호화특성, 노화특성

서 론

호화된 전분이나 전분질 식품을 저장하면 호화된 전분이 본래와는 다른 형태로 재결정화됨으로써 노화가 이루어지는데, Miles 등¹⁾은 아밀로오스와 함께 아밀로펙틴의 결정화도 전분의 노화에 기여한다고 보고하였고, Biliaderies²⁾는 노화를 억제하기 위한 3가지 방안을 제시하였다. 첫째, 유리전이온도 이하의 온도나 용융점 이상의 온도에서 저장하는 방법, 둘째, 수분함량이나 다른 첨가 물질로 유리전이온도를 조절하는 방법, 셋째, 가수분해효소나 지질을 사용하여 분자내 분자간의 결합을 감소시키는 방법이다.

최근, 가수분해효소나 지방질, 지방질 유도체를 사용하는 방법들에 대한 연구가 진행되고 있는데 주로 빵등의 전분질 식품에 이용하여 노화 억제 효과를 나타냈으며^{3,4)} 전분 자체에 첨가한 경우는 거의 없다.

빵의 노화(staling)를 억제하는 지방질이나 유화제

(emulsifier), 계면활성제(surfactant)의 효과는 전분의 아밀로오스나 아밀로펙틴의 긴 사슬과 결합함으로써 전분의 재결정화를 방해하기 때문으로 알려져 있다.^{5,6)} 특히 아밀로오스와 지방산 또는 계면활성제와의 복합체 형성은 아밀로오스의 나선 구조내에 계면활성제의 소수성 그룹이 결합하는 모델이 제시되고 있고³⁾ 지방산이 아밀로오스 나선 구조내에 최소 3번의 회전으로 복합체를 형성한 아밀로오스는 용해성이 저하되며 입자의 팽윤을 억제하고 호화 온도를 변화시키는 등 전분의 호화와 호화액의 특성을 바꿔준다.⁷⁾ 아밀로오스와 계면활성제와의 복합체 형성정도는 지방산의 사슬길이, 불포화도, 친수성 부분의 조성,⁸⁻¹⁰⁾ 지방질 단위체(lipid monomer)의 농도¹¹⁾ 등에 영향을 받는다고 보고되고 있다. 계면활성제를 밀전분에 첨가하여 DSC로 노화를 측정하였을 때 노화가 억제되며,¹²⁾ 첨가 방법이나 계면활성제의 종류에 따라서도 이화학적 성질이 달라진다.¹³⁾ 그러므로 본 실험에서는 전분¹³⁾에서 탈지 후 계면활성제를 첨가

Key words : surfactant added sweet potato starch, physicochemical properties, gelatinization characteristics, retrogradation characteristics

Corresponding author : S.-K. Lee

하였을 때 물리화학적 성질이 달라짐을 확인하였으므로 냉동식품 산업에 이용하고자 생전분에 계면활성제를 첨가하여 이화학적 성질, 호화화 노화 성질을 비교하였다.

재료 및 방법

실험 재료

농촌진흥청 전라남도 무안 작물시험장에서 1992년에 수확한 울미 품종의 고구마를 사용하였다.

전분의 분리

고구마 전분은 알칼리 침지법¹⁴⁾을 이용하여 분리하였고, 일반 성분은 A.O.A.C.방법¹⁵⁾에 따라 수분함량, 조단백질, 회분, 조지방질과 총지방질을 분석하였다.

계면활성제 첨가 전분의 제조

계면활성제 첨가 전분은 전보의 방법¹³⁾에 따라 SSL (sodium stearyl-2-lactylate), Dimodan(mono/diglyceride)과 SE 1670(sucrose fatty acid ester 1670)을 FDA에서 허용한 양인 전분의 무게에 대해 0.5% 첨가하여 40°C에서 무수 에테르로 5시간 저어주면서 reflux시킨 다음 흡입 여과시켜 에테르를 완전히 날려 보내고 실온에서 건조한 후 100메쉬 체를 통과시켜 사용하였다.

이화학적 성질 측정

전분 입자의 성상 및 표면 관찰은 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscope, JEOL JSM-5400, Japan)을 사용하여 가속전압 25 kV, Phototime 85초, 1,500배의 배율로 관찰하였고,¹⁶⁾ 입자의 결정형은 X-선 회절기 (D/Max-1200, Rigaku Co., Japan)를 사용하여 Target: Cu-K α , Filter: Ni, Voltage: 40 kV, Current: 20 mA, Full scale range: 2,000 cps, Scanning speed: 8°/min의 조건으로 회절각(2 θ) 40°~0°까지 회절시켜 분석하였다.¹⁷⁾ 아밀로오스 함량은 Williams 등의 방법¹⁸⁾으로 정량하였고, 표준 곡선은 Montgomery와 Senti의 방법¹⁹⁾으로 분리한 아밀로오스와 아밀로펙틴을 일정 비율로 혼합한 다음 위와 동일한 방법으로 작성하였다. 물결합 능력은 Medcalf와 Gilles의 방법,²⁰⁾ 밀도는 크실렌(xylene) 치환법,²¹⁾ 팽윤력과 용해도는 Schoch의 방법²²⁾에 따라 80°C에서 측정하였다.

호화 양상 측정

아밀로그래프에 의한 호화 양상은 Brabender Visco/

amylo/Graph를 이용하여 Medcalf 및 Gilles의 방법²⁰⁾에 따라 전분 농도를 6%(건량기준)로 하여 30°C에서 95°C까지 1.5°C/분 상승시키면서 측정하였다. 시차주사열량기에 의한 전분의 호화 흡열곡선은 DSC(PL DSC-700, PL Thermal Sci., U. K.)를 사용하여 신¹²⁾과 Krog 등²³⁾의 방법에 따라 50°C 진공 오븐에서 1일 동안 건조시킨 후 물과 전분의 비를 2:1로 총 시료량이 10 mg이 되게하여 30°C에서 120°C까지 10°C/분으로 가열하였다. reference는 empty pan을, 기기의 보정은 용융점을 알고 있는 인디움(In, 156.4°C)을 사용하였다. 이때 얻어진 흡열 곡선으로부터 초기 온도(T_i)와 종료 온도(T_f) 및 호화 엔탈피(ΔH)를 구하였다.

알칼리 호화는 Maher²⁴⁾와 김 등²⁵⁾의 방법에 따라 전분 3g을 50 ml 실린더에 취하고 적당량의 증류수를 넣어 1분간 교반시킨 다음 1.0N NaOH 용액을 가하여 최종 농도 0.17N NaOH의 7.5%(w/w) 전분 용액 40 ml가 되도록하여 실시하였다. 이것을 30초 동안 교반한 후, Brookfield 점도계(Brookfield viscometer, model LVF)를 사용하여 spindle No. 4, 회전속도 12 rpm으로 10분 간격으로 80분간 점도 변화를 측정하였다.

노화 특성 측정

시료의 제조는 10% 농도의 전분 현탁액(w/w 건량기준)을 98~100°C의 항온 수조에서 20분 동안 가열하여 호화, 탈수, 감압 여과시켜 실온(18±1°C)에서 건조시킨 후 100메쉬 체를 통과시켜 호화 전분 시료로 사용하였고, 노화 전분은 저장 중에 수분증발을 막기 위하여 밀봉 용기에 전분질을 넣어 냉장온도(4±1°C)에서 3일 동안 저장한 후 호화 전분과 같은 방법으로 탈수와 감압 여과하여 실온에서 건조시켰다.

α -아밀라아제-요오드법에 의한 노화도는 Tsuge 등²⁶⁾의 방법을 수정하여 긴 유리컵에 증류수 50 ml와 전분 시료 250 mg을 가하고 균질기(Biohomogenizer, M133/1281-0, ESGE, Switzerland)를 이용하여 3분 동안 균질화시킨 전분 용액 5 ml에 증류수 3 ml, 0.1M 인산 완충용액(pH 6.0, 0.3% NaCl) 2 ml를 가한 후, α -아밀라아제(E.C. 3.2.1.1. Type II-A from *Bacillus species*, 1,400 units/mg solid, Sigma, U.S.A.)용액 2 ml(약 7 unit)를 가하여 37°C 항온수조에서 10분 동안 반응시켰다. 4N NaOH 용액 5 ml를 가하고 4N HCl로 pH를 중성으로 맞춘 후 100 ml로 만들었다. 이 용액 10 ml와 요오드 용액(0.2% I₂-2% KI, w/v) 5 ml를 반응시킨 후 증류수를 가하여 100 ml로 만들었다. 20분 동안 실온에서 방치한 후 분광광도계를 이용하여 625 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전

Table 1. Proximate compositions of surfactant added sweet potato starches

| Starches | Moisture (%) | Protein (N×6.25)/(%) | Ash (%) | Lipid(%) / (per dry basis) | |
|------------|--------------|----------------------|---------|----------------------------|-------|
| | | | | Crude | Total |
| UTS | 11.47 | 0.11 | 0.18 | 0.10 | 0.26 |
| SSL-AS | 10.34 | 0.11 | 0.17 | 0.17 | 0.63 |
| Dimodan-AS | 10.44 | 0.11 | 0.18 | 0.30 | 0.54 |
| SE1670-AS | 10.08 | 0.11 | 0.17 | 0.20 | 0.75 |

UTS: Untreated starch

AD: Added starch

분의 노화도(degree of retrogradation)는 다음 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{노화도}(\%) = 100 - \left\{ \frac{(a-b)}{(a-c)} \times 100 \right\}$$

이때, a는 총 전분 분획의 흡광도, b는 효소 반응시킨 후 전분 분획의 흡광도, c는 효소에 의해 완전히 분해된 후 전분 분획의 흡광도이다.

시차주사열량기에 의한 노화도는 DSC를 사용하여 40℃에서 70℃까지의 온도 범위에서 노화된 전분의 흡열 곡선을 얻었으며 이를 이용하여 초기 온도(T₀)와 종료 온도(T₁) 및 엔탈피(ΔH)를 구하였다.

결과 및 고찰

일반 성분

계면활성제 첨가 고구마 전분의 일반 성분은 표 1과 같다. 단백질과 회분 함량은 변화가 없었고, 계면활성제 첨가로 인해 총지방질 함량이 0.26%에서 0.54~0.75%로 증가하였고 조지방질 함량은 0.10%에서 0.17~0.30%로 증가하였다. 계면활성제 종류에 따라 그 결합 정도는 차이가 났으며 SE1670, SSL, Dimodan 순이었다. 총지방질과 조지방질의 차이로부터 SE1670과 SSL은 Dimodan과는 다른 방식으로 결합되며 주로 아밀로오스의 나선 구조내에 결합되었을 것으로 생각된다.

이화학적 성질

고구마 전분의 입자 모양은 그림 1에서 보듯이 계면활성제 첨가 전분도 무처리 전분과 같이 둥글거나 다면체였으며 전분 입자의 크기나 표면에 변화가 없었으므로 계면활성제 첨가에 따른 전분 입자의 손상은 없는 것으로 생각되었다. 계면활성제 첨가 전분의 X-선 회절도는 그림 2와 같이 무처리 전분과 모두 같은 위치에서

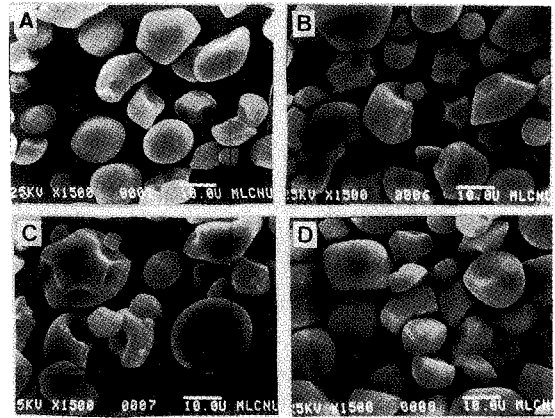


Fig. 1. Scanning electron micrographs of surfactant added sweet potato starches

A: Untreated, B: SSL-added starch, C: Dimodan-added starch, D: SE1670-added starch

피크를 나타내어 Ca형을 그대로 유지하였으나, 전분의 상대 결정강도를 면적의 비로 계산한 결과 무처리 전분에 비해 SSL, Dimodan, SE1670을 첨가한 전분 모두 증가하여 각각 105.7%, 103.6%, 104.8%를 나타내었으나, 회절 각도 22.8°의 피크로부터 구한 상대 결정강도는 계면활성제 첨가 전분은 90.9%, 76.8%, 87.9%로 나타나 생전분과의 상대결정도도 측정하는 방법에 따라 차이가 있음을 알 수 있었다. Zobel²⁷⁾은 아밀로오스와 계면활성제의 복합체에 의한 결정형이 V형으로 회절각도 20.0° 근처에 강한 피크가 생기고 22.8°의 피크 강도가 낮다고 하였는데 면적과 회절 각도 22.8°에서 상대 결정도가 차이를 보이는 것은 이 때문으로 생각되고 면적이 증가하는 것은 계면활성제 첨가에 의해 아밀로오스와 복합체의 형성이 증가되어 20.0°의 피크가 강해졌기 때문으로 생각된다. Lorenz²⁸⁾은 80% 메탄올로 탈지한 밀 전분의 결정 강도가 93.2%로 감소하였다고 보고하였고,

최 등²⁹⁾도 85% 메탄올로 6시간 탈지한 후에 쌀전분의 상대 결정강도가 83.1%까지 감소하였고, 지방산첨가 전분은 93.3%로 다시 증가하였으나 그 정도는 무처리 전분보다 낮았다고 하였다. 이로 부터 전분에 함유된 소량의 지방질도 전분의 구조와 결정도에 영향을 미치므로 탈지나 계면활성제 첨가시에 전분 특성이 달라질 것으로 생각되었다.

아밀로오스 함량은 표 2와 같이 무처리 전분이 17.9%로서 품종은 다르나 신과 안³⁰⁾에 의한 16.8~18.0%와 Takeda 등³¹⁾의 17.2~19.0%와 비슷한 결과를 보였다. SSL, Dimodan, SE1670을 0.5% 첨가한 전분은 각각 16.8

%, 17.1%, 15.2%로 무처리 전분보다 낮은 값을 보여 계면활성제가 아밀로오스와 결합하였음을 알 수 있었고, 그 결합정도는 SE1670, SSL, Dimodan 순이었다. 신¹²⁾은 밀전분에 계면활성제를 첨가하였을 때 SSL, SE1170, Dimodan순으로 아밀로오스-지방질 복합체가 형성됨을 보고하였고, 최 등²⁹⁾도 탈지 전분에 지방산을 첨가시 아밀로오스 함량이 감소하였다고 보고하였다.

물결합 능력은 표 2와 같이 74.5%로 김 등³²⁾이 보고한 59~75%나 77.2%와 비슷한 값을 보였으며, 계면활성제를 첨가한 전분은 무처리 전분에 비해 증가하였는데 그 정도는 Dimodan, SE1670, SSL순으로 각각 113.2%, 108.7%, 97.5%이었다. 이와 신³³⁾은 두 품종의 고구마 전분을 탈지하거나 탈지 후 지방질을 첨가하였을 때 물결합 능력이 모두 증가하였으며 지방질 첨가시 더 크게 증가하였는데 이는 원심분리 후에도 전분이 죽처럼 되어 물과 전분의 분리가 어렵기 때문이라고 하였다. 계면활성제가 전분 입자와 결합함으로써 밀착된 아밀로오스와 아밀로펙틴 사이의 공간이 넓어져 수분 흡수가 증가할 수 있으며 계면활성제 첨가로 인해 전분간의 인력이 감소하기 때문에 전분 입자간에 물의 흡착이 더 쉽게 이루어질 수 있을 것으로 생각된다. 밀도는 1.48g/cm³로 쌀전분의 1.48~1.52g/cm³³⁴⁾과 비슷한 경향을 보였으며 계면활성제 첨가시 변화가 없었다.

계면활성제를 첨가한 전분의 80°C에서의 팽윤력은 표 2와 같이 무처리 전분의 28.2에 비해 모두 감소하였으며 감소한 정도는 SE1670, SSL, Dimodan 첨가 순이었다. 이는 계면활성제 첨가로 아밀로오스 함량이 감소된 SE1670, SSL, Dimodan의 순서와 일치하므로 아밀로오스-계면활성제 복합체 형성으로 전분의 팽윤이 억제되기 때문이라고 생각된다.

80°C에서의 용해도도 표 2와 같이 팽윤력과 같은 경향으로 계면활성제 첨가 전분은 아밀로오스와 결합을 많이 형성한 SE1670, SSL, Dimodan순으로 그 감소 정도가 적었다. Hibi 등³⁵⁾은 쌀전분을 가열함에 따라 용

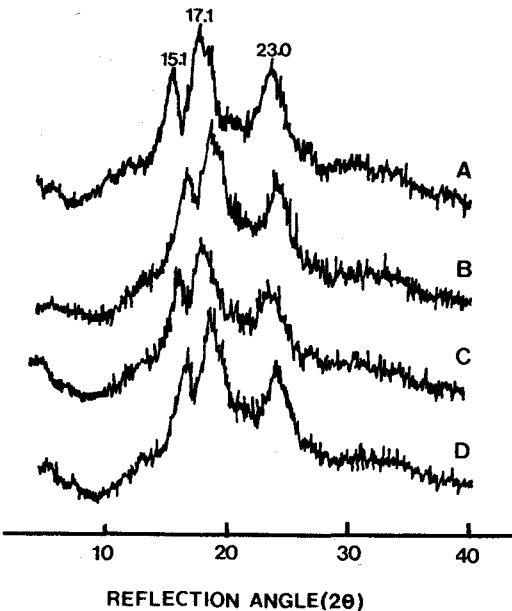


Fig. 2. X-ray diffraction patterns of surfactant added sweet potato starches
A: Untreated, B: SSL-added starch, C: Dimodan-added starch, D: SE1670-added starch

Table 2. Physicochemical properties of surfactant added sweet potato starches

| Starches | Amylose content (%) | Water binding capacity (%) | Density (g/cm ³) | Swelling power at 80°C | Solubility at 80°C (%) |
|------------|---------------------|----------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|
| UTS | 17.9 | 74.5 | 1.48 | 28.2 | 14.2 |
| SSL-AS | 16.8 | 97.5 | 1.48 | 22.1 | 13.2 |
| Dimodan-AS | 17.1 | 113.2 | 1.48 | 25.6 | 15.7 |
| SE1670-AS | 15.2 | 108.7 | 1.48 | 17.8 | 10.7 |

UTS: Untreated starch
AS: Added starch

출되는 가용성 탄수화물 양이 탈지에 의해 증가한다고 하였고, Ghiasi 등^{36,37)}도 밀전분에 계면활성제를 첨가하면 아밀로오스와 복합체를 이루어 85°C 이하의 온도에서 팽윤력과 용해도 및 아밀로오스 용출이 적어진다고 보고 하였으며, Goshima 등³⁸⁾은 감자 전분을 탈지하면 팽윤력과 용해도가 증가하였고 지방산을 첨가하면 무처리 전분보다 감소한다고 보고하여 본 결과와 일치하였다. 이와 신¹³⁾은 탈지 후에 지방질을 첨가한 고구마 전분에서 용해성 탄수화물과 용출 아밀로오스 함량이 용출 온도에 따라 약간 다르나 탈지시에 증가하고 계면활성제 첨가시 감소하였으며 SE1670이 가장 감소 폭이 컸으며 SSL, Dimodan순으로 적어졌다고 하였다.

호화특성

아밀로그래프에 의한 호화양상은 전분 입자의 팽윤 정도와 팽윤된 입자의 열 및 전단력에 의한 안정성, 입자의 크기와 모양, 입자들의 배열과 결합력, 아밀로오스와 아밀로펙틴의 구성비 및 구조 차이 등에 의해 결정되므로,³⁹⁾ 아밀로오스 함량이 높을수록 전분 입자가 강

하게 결합되어 있어서 가열시 입자의 팽윤 부족으로 점도가 떨어지게 된다.

계면활성제 첨가한 전분의 아밀로그래프는 그림 3과 같고 이들로 부터 구한 특성치는 표 3과 같다. 아밀로그래프에 의한 초기 호화온도는 계면활성제를 첨가했을 때 무처리 전분과 큰 차이를 보이지 않았다. Moorthy⁴¹⁾는 카사바 전분에 여러 종류의 계면활성제를 농도별로 첨가하면 무처리 전분에 비해 계면활성제 첨가 전분의 호화 온도가 높아졌다고 하였다. 최고 점도는 전분이 가열에 의해 팽윤되면서 점도가 증가하다가 어느 지점 이후부터는 팽윤된 전분 입자가 붕괴되면서 점도의 감소를 보이는 점이다. 고구마 전분은 최고 점도가 없이 높아진 점도가 계속 유지되는 양상을 보였는데 SSL 첨가 전분은 무처리 전분과 같은 경향이었으나 Dimodan과 SE1670 첨가 전분의 경우에는 최고 점도가 나타났으며 SE1670 첨가 전분은 그림 3에서 보듯이 기울기가 다른 2단계의 점도 변화를 보여 가열 중의 점도 변화가 다르게 나타났다. 최고 점도, hot paste점도, 냉각 점도도 무처리 전분보다 계면활성제 첨가 전분이 모두 증가하며 consistency와 setback도 모두 증가하였다. Deffenbaugh 등⁴⁰⁾이 옥수수, 타피오카와 밀전분에 농도를 달리한 슈크로오스에스테르를 첨가하였을때 최고 점도, peak time, maximum setback이 증가한다고 보고하여 SE1670을 첨가한 고구마 전분의 최고 점도, peak time, setback이 증가한 것과 같은 경향을 보였다.

시차주사열량기에 의한 호화 특성치는 표 4와 같이 무처리 전분의 호화개시온도는 59.8°C였으며 계면활성제 첨가시 60.8~62.4°C로 높아졌다. Chungcharoen과 Lund⁴¹⁾는 90% 모노스테아르산 글리세릴을 포함한 계면활성제를 첨가시 시차주사열량기에 의한 쌀전분의 호화 온도가 다소 높아진다고 하였고, Ghiasi 등³⁶⁾도 밀전분에 첨가한 계면활성제의 지방산이 아밀로오스와 복합체를 형성하여 전분의 팽윤과 용해를 억제하므로써 호화 온도를 증가시킨다고 하여 같은 결과를 나타냈다. SSL, Di-

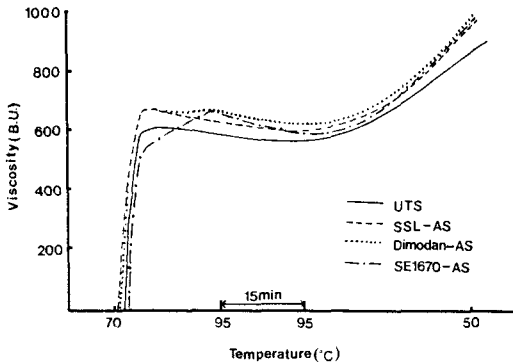


Fig. 3. Amylograms of surfactant added sweet potato starches
UTS: Untreated Starch, AS: Added Starch

Table 3. Pasting characteristics of surfactant added sweet potato starches

| Starches | Initial pasting temp. (°C) | Peak viscosity (B.U.): P | 15 min Height (B.U.): H | Height at 50°C (B.U.): C | Breakdown : P-H | Consistency : C-H | Setback : C-P |
|------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|-------------------|---------------|
| UTS | 72.5 | 620 | 570 | 900 | 50 | 330 | 280 |
| SSL-AS | 72.0 | 680 | 605 | 995 | 75 | 390 | 315 |
| Dimodan-AS | 72.0 | 685 | 630 | 995 | 55 | 365 | 310 |
| SE1670-AS | 73.0 | 680 | 590 | 980 | 90 | 390 | 300 |

UTS: Untreated starch
AS: Added starch

Table 4. DSC characteristics of surfactant added sweet potato starches

| Starches | Gelatinization temperature | | | |
|------------|----------------------------|---------------------|---------------------|-----------|
| | T _o (°C) | T _p (°C) | T _c (°C) | ΔH(cal/g) |
| UTS | 59.8 | 73.7 | 83.9 | 1.32 |
| SSL-AS | 62.4 | 76.3 | 83.6 | 1.18 |
| Dimodan-AS | 61.2 | 76.6 | 85.6 | 1.15 |
| SE1670-AS | 60.8 | 72.8 | 87.0 | 1.39 |

UTS: Untreated starch

AS: Added starch

Table 5. Degree of retrogradation of retrograded surfactant added sweet potato starches by α-amylase-iodine method

| Starches | Degree of retrogradation(%) |
|------------|-----------------------------|
| UTS | 20.3 |
| SSL-AS | 16.0 |
| Dimodan-AS | 21.0 |
| SE1670-AS | 18.0 |

UTS: Untreated starch

AS: Added starch

Table 6. DSC characteristics of retrograded surfactant added sweet potato starches

| Starches | Endothermal peak | | |
|------------|---------------------|---------------------|-----------|
| | T _o (°C) | T _c (°C) | ΔH(cal/g) |
| UTS | 48.1 | 68.5 | 0.24 |
| SSL-AS | 41.7 | 72.1 | 0.02 |
| Dimodan-AS | 37.3 | 52.2 | 0.10 |
| SE1670-AS | 38.9 | 54.8 | 0.17 |

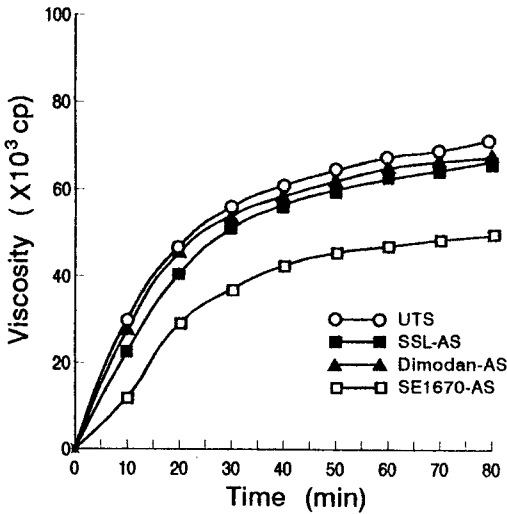


Fig. 4. Alkali gelatinization patterns of surfactant added sweet potato starches

modan, SE1670 첨가시 호화 엔탈피는 1.18 cal/g, 1.15 cal/g, 1.39 cal/g으로 SE1670을 제외하고 무처리 전분에 비해 감소하였는데, 이는 호화 과정 중에 일어나는 아밀로오스와 지방질의 복합체 형성반응이 발열반응이기 때문으로 생각되나⁴²⁾ SE1670에 의해 엔탈피가 증가한 결과에 대해서는 좀 더 연구해야 하겠다.

계면활성제를 첨가시킨 전분 현탁액을 알칼리 호화시키면서 측정된 점도변화는 그림 4에서 보듯이 SSL, Dimodan, SE1670 첨가 전분 모두 무처리 전분과 같이 시간이 지남에 따라 점도가 증가하여 30분 후에는 각각 51.0×10³cp, 54.0×10³cp, 37.0×10³cp의 거의 일정한 점도를 나타내었다. 일정한 점도를 나타냈을 때의 점도는 계면활성제 첨가 전분은 모두 낮아졌다. 또한 계면활성제 종류에 따라 점도의 차이가 낮으며 Dimodan, SSL, SE 1670 첨가 전분 순으로 낮아져 SE1670 첨가 전분의

점도가 가장 낮았다. 이는 계면활성제 첨가로 인해 생긴 아밀로오스와 계면활성제간의 결합능력과 상관관계가 있어 아밀로오스와 결합을 가장 많이 한 SE1670 첨가 전분의 점도가 가장 낮게 나타났으며 SSL, Dimodan 첨가 전분 순서로 높아져 알칼리 호화에 의한 점도 변화에도 지방질이 관여한 것으로 생각된다. 아밀로그래프를 이용해서 일정한 속도로 가열한 호화액의 점도는 초기 급격한 점도의 증가를 보였으나 최고 점도 이후에 전분 입자의 파괴로 인해 점차 점도가 감소하였으며 95 °C로 계속 유지하였을 때의 점도 변화는 크지 않았다. 이에 반해 알칼리 호화는 일정한 농도 이상의 알칼리 용액에서 전분이 호화되며 호화된 전분액은 계속 그 점도를 유지하고 있어 다른 양상을 보인다.

계면활성제 첨가 전분은 열 호화시에 무처리 전분보다 모두 높은 점도를 보였으나 알칼리 호화시 모두 낮았으며 그 경향도 계면활성제에 따라 달랐다. 전분의 호화는 가열이나 알칼리에 의해 이루어지나 아직 그 정확한 기전을 알 수 없으므로 이에 관한 계속적인 연구가 필요하다.

노화특성

10% 전분 호화액을 3일간 냉장저장하여 얻은 노화 전분의 노화도를 α-아밀라아제-요오드법으로 측정할 결과는 표 5와 같다. 고구마 전분의 노화도는 20.3%로 10%

쌀전분겔을 3일간 냉장저장시킨 노화 전분의 노화도가 16.8%였다는 보고⁴³⁾보다 높은 결과를 보였다. 계면활성제를 첨가한 전분의 노화도는 SSL과 SE1670을 첨가시 16.0%와 17.9%로 감소하였으나, Dimodan을 첨가했을 때는 21.0%로 약간 증가하였다. 일반적으로 계면활성제는 전분의 노화를 억제시킨다고 알려져 있는데 α -아밀라아제-요오드법에 의해 측정된 노화도는 SSL과 SE1670을 첨가한 전분의 경우 노화도가 낮아 계면활성제 첨가로 노화억제 효과가 있음을 알 수 있었고, Dimodan 첨가 전분은 노화 억제 효과가 없는 것으로 생각되었다.

시차주사열량기에 의한 노화된 전분의 노화특성치는 표 6과 같다. 무처리 노화전분의 흡열곡선(endotherm)은 48.1~68.5°C에서 피크를 보였으며 이는 호화 전분의 흡열곡선보다 낮은 온도에서 피크를 나타내었다. 노화 전분의 엔탈피는 무처리 전분의 경우 0.24 cal/g으로 노화된 쌀전분의 엔탈피가 0.27 cal/g이었다는 보고⁴³⁾보다 약간 낮은 결과였다. 계면활성제를 첨가한 노화 전분의 엔탈피는 SSL 첨가전분이 0.02 cal/g로 가장 낮아 노화가 가장 억제됨을 알 수 있었고 Dimodan 첨가시 0.10 cal/g, SE1670 첨가시 0.17 cal/g으로 무처리 전분에 비해 계면활성제를 첨가하면 노화가 억제됨을 알 수 있었으나 α -아밀라아제에 의한 결과와 차이가 있었다. 이는 두 방법이 노화를 측정하는 기본 원리가 다르기 때문으로 시차주사열량기를 이용한 노화도는 노화된 전분분자중의 재결정화된 아밀로펙틴이 용융될 때 나타나는 상전이에 필요한 엔탈피의 변화를 측정한 것이며 α -아밀라아제-요오드법에 의한 노화도는 노화전분에 전분 가수분해효소를 작용시켜 전분이 가수분해되는 정도로 전분의 노화도를 측정한 것이다. 신¹²⁾은 밀전분에 계면활성제인 Dimodan, SSL, SE1170을 첨가한 노화 전분의 엔탈피가 첨가하지 않은 것보다 감소되었다고 보고하였고, Huang과 White⁶⁾는 찹옥수수 노화 전분의 엔탈피는 호화 엔탈피보다 낮고 폭넓은 흡열곡선을 얻었으며 모노글리세라이드를 첨가시 대조군보다 유의적으로 낮은 값을 보였으며, 모노글리세라이드의 사슬 길이가 짧을수록 엔탈피가 감소하여 모노글리세라이드와의 상호 작용이 커졌다고 보고하였다. Krog 등²³⁾이 1% 모노글리세라이드를 첨가하여 저장한 빵의 엔탈피가 첨가하지 않은 빵보다 낮아져 노화된 아밀로펙틴의 양이 모노글리세라이드 첨가로 인해 감소되었다고 보고하였다.

참 고 문 헌

1. Miles, M. J., V. J. Morris, P. D. Oxford and S. G.

- Ring (1985) The roles of amylose and amylopectin in the gelation, retrogradation of starch, *Carbohydr. Res.*, 135, 271-281
2. Biliaderis, C. G. (1990) In "Thermal Analysis Foods," Harwalkar, V. R. and Ma, C-Y(ed.), pp. 168~196, Elsevier Applied Science, New York
3. Kulp, K. and J. G. Ponte (1981) Staling of white pan bread fundamental causes, *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 15, 1-47
4. Osman, E. M. (1975) Interaction of starch with other components of food systems. *Food Technol.*, 29, 30-35
5. Lagendijk, J. and H. J. Pennings (1970) Relation between complex formation of starch with monoglycerides and the firmness of bread, *Cereal Sci. Today*, 15, 354-356, 365
6. Huang, J. J. and P. J. White (1993) Waxy corn starch: Monoglyceride interaction in a model system, *Cereal Chem.*, 70, 42-47
7. Eliasson, A.-C. (1985) Starch gelatinization in the presence of emulsifier. A morphological study of wheat starch, *Stärke*, 37, 411-415
8. Hoover, R. and D. H. Edmanton(1981) Characterization of potato starch and its monoglyceride complex, *Stärke*, 33, 290-300
9. Ohashi, K., G. Goshima, H. Kusuda and H. Tsuge (1980) Effect of embraced lipid on the gelatinization of rice starch, *Stärke*, 32, 54-58
10. Hahn, D. E. and L. F. Hood (1986) Factors influencing corn starch-lipid complexing, *Cereal Chem.*, 64, 81-85
11. Moorthy, S. N. (1985) Effect of different types of surfactants on cassava starch properties, *J. Agric. Food Chem.*, 33, 1227-1232
12. 신말식 (1991) 수분과 계면활성제가 밀전분의 호화와 노화에 미치는 영향, *한국식품과학회지*, 23, 116-121
13. 이신경, 신말식 (1992) Surfactant 처리한 고구마 전분의 물리 화학적 특성, *한국조리과학회지*, 8, 255-263
14. 임서영, 신말식, 안승요 (1985) 세품종 고구마 전분의 이화학적 특성 및 산처리에 의한 비교, *한국 농화학회지*, 28, 156-161
15. A.O.A.C. (1990) In "Official Methods of Analysis", 15th ed., Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C.
16. MacMaster, M. M. (1964) In "Methods in Carbohydrate Chemistry" Whistler, R. L.(ed.), Vol. 4, pp. 233-240, Academic Press, New York
17. Komiya, T., S. Nara and M. Tsu (1986) Changes

- in crystallinity and gelatinization phenomena of potato starch by acid treatment, *Stärke*, 38, 9-13
18. Williams, P. C., F. D. Kuzina and I. Hlynka (1970) A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.*, 47, 411-420
 19. Montgomery, E. M. and F. R. Senti (1964) Separation of amylose from amylopectin of starch by an extraction-sedimentation procedure, *J. Polymer Sci.*, 28, 1-7
 20. Medcalf, D. F. and K. A. Gilles (1965) Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties, *Cereal Chem.*, 42, 558-568
 21. Schoch, T. J. and Leach, W. (1964) In "Methods in Carbohydrate Chemistry" Whistler, R. L.(ed.), Vol. 4, pp. 101-103, Academic Press, New York
 22. Schoch, T. J. (1964) In "Methods in Carbohydrate Chemistry" Whistler, R. L.(ed.), Vol. 4, pp. 106-108, Academic Press, New York
 23. Krog, N., S. K. Olesen, H. Toernaes and T. Joenson (1989) Retrogradation of the starch fraction in wheat bread, *Cereal Foods World*, 34, 281-285
 24. Maher, G. G. (1983) Alkali gelatinization of starches, *Stärke*, 35, 226-230
 25. 김성곤, 정혜민, 조만희 (1984) 쌀, 옥수수, 칩 및 생강 전분의 알칼리호화. *한국농화학회지*, 27: 214-216
 26. Tsuge, H., M. Hishida, S. Watanabe and G. Goshima (1990) Enzymatic evaluation for the degree of starch retrogradation in food and foodstuffs, *Stärke*, 42, 213-216
 27. Zobel, H. F. (1988) Starch crystal transformations and their industrial importance, *Stärke*, 40, 1-7
 28. Lorenz, K. (1976) Physicochemical properties of lipid free cereal starches, *J. Food Sci.*, 41, 1357-1359
 29. 최형택, 이신영, 양용, 오두환 (1988) 탈지 및 지방산 첨가가 쌀전분의 이화학적 특성에 미치는 영향, *한국식품과학회지*, 20, 836-841
 30. 신말식, 안승요 (1987) 분질과 점질 고구마의 텍스처 특성, *한국농화학회지*, 30, 315-322
 31. Takeda, Y., N. Tokunaga, C. Takeda and S. Hizukuri (1986) Physicochemical properties of sweet potato starches, *Stärke*, 38, 345-350
 32. Kim, S. K., S. Y. Lee and Y. K. Park (1987) Gelatinization properties of heat-moisture treated potato and sweet potato starches, *Korean J. Food Sci. Technol.*, 19, 435-440
 33. 이신경, 신말식 (1991) 탈지와 지방질첨가에 따른 고구마 전분의 특성, *한국식품과학회지*, 23, 341-348
 34. 김수경, 신말식 (1990) 수분-열처리한 쌀전분의 이화학적 특성, *한국농화학회지*, 33, 1-7
 35. Hibi, Y., S. Kitamura and T. Kuge (1990) Effect of lipids in the retrogradation of cooked rice, *Cereal Chem.*, 67, 7-10
 36. Ghiasi, K., R. C. Hoseney and E. Varriano-Marston (1982) Gelatinization of wheat starch II. Starch-surfactant interaction, *Cereal Chem.*, 59, 86-88
 37. Ghiasi, K., R. C. Hoseney and E. Varriano-Marston (1982) Gelatinization of wheat starch. I. Excess-water systems. *Cereal Chem.*, 59, 81-85
 38. Goshima, G., M. Abe, N. Sato, K. Ohashi and H. Tsuge (1985) Amylographic reproducibility of defatted potato starch by the reintroduction of lipid, *Stärke*, 37, 10-15
 39. Beleia, A., E. Varriano-Marston and R. C. Hoseney (1980) Characterization of starch from pearl millets, *Cereal Chem.*, 57, 300-303
 40. Deffenbaugh, L. B., N. E. Lincoln and C. E. Walker (1990) Use of the rapid visco-analyzer to measure starch pasting properties. Part II. Effects of emulsifiers and sugar-emulsifier interactions, *Stärke*, 42, 89-95
 41. Chungcharoen, A. and D. B. Lund (1987) Influence of solutes and water on rice starch gelatinization, *Cereal Chem.*, 64, 240-243
 42. Kugimiya, M. and J. W. Donovan and R. Y. Wong (1980) Phase transitions of amylose-lipid complexes in starches, *Stärke*, 32, 265-270
 43. 김정옥 (1994) 저장온도와 수분함량이 쌀 전분겔의 노화에 미치는 영향, 전남대학교 석사학위논문

Gelatinization and Retrogradation Properties of Surfactant Added Sweet Potato Starches

Shin-Kyung Lee and Mal-Shick Shin (Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Kwangju)

Abstract : Physicochemical properties, gelatinization and retrogradation characteristics of surfactant added sweet potato starches were investigated. Three different surfactants, SSL (sodium stearyl-2-lactylate), Dimodan (mono/diglyceride) and SE1670 (sucrose fatty acid ester 1670) were used. Shapes and crystallinities of starch granules were not changed by the addition of surfactants. Total lipid contents increased and the amylose content decreased by the addition of surfactants and the order was as follows: SE1670>SSL>Dimodan. The swelling power and solubility at 80°C decreased in the surfactant added starches. By amylograph, initial gelatinization temperature of untreated sweet potato starch was 72.5 °C, and did not change by the addition of surfactants, but SE1670 or Dimodan added starch showed the peak viscosity. The peak temperature of gelatinization and enthalpy of untreated starch by DSC were 53.9°C and 1.3cal/g, respectively. The peak temperature increased by the addition of surfactants, while the enthalpy decreased. In gelatinization by alkali, the viscosity was lower in surfactant added starches than in untreated starch at concentration. The degree of retrogradation by α -amylase-iodine method was e lower in SSL and SE1670 added starches than untreated starch and the enthalpy by DSC also decreased in surfactant added and retrograded starches.

Key word: Surfactant added sweet potato staches, physicochemical properties, gelatinization characteristics, retrogradation characteristics.