

Surfactant를 처리한 고구마 전분의 물리 화학적 특성

이 신 경·신 말식

전남대학교 가정대학 식품영양학과

Physicochemical Characteristics of Surfactant Added Sweet Potato Starch

Shin Kyung Lee, Mal Shick Shin

Dept. of Food and Nutrition, Chonnam National University

Abstract

Pasting characteristics and amylose-surfactant complex forming ability of sweet potato starch were investigated after defatting and the addition of surfactants, such as SSL (sodium stearoyl-2-lactylate) Dimodan (mono/di glyceride) and SE (sucrose ester) with different concentrations. All starch granules were smooth and round, there were no damages to starch granules after defatting and surfactant addition. Amylose content of surfactant added starch decreased and the order of decrease was SSL, SE and Dimodan. The complex forming ability of SE added starch increased according to increasing HLB value. As surfactants concentration increased, amylose complex forming ability increased. In case of gelatinization patterns by amylograph, the initial pasting temperature of surfactant added starches was higher than that of untreated or defatted starches, but viscosity at each temperature were all decreased. Soluble carbohydrate and leached amylose of starches increased at increasing temperature, those of surfactant added starches decreased at each temperature in the order of SSL, SE and Dimodan.

여함을 시사하였다.

I. 서 론

최근에, 전분의 노화는 두단계로 진행되며, 초기에는 아밀로오스 배열의 변화를 가져오고, 그후 아밀로페틴의 결정화가 천천히 시작된다고 Miles 등¹⁾이 보고하여, 이들은 전분의 아밀로오스, 아밀로페틴 모두 노화에 기

빵의 staling을 억제시키고 품질을 향상시키기 위해 첨가되는 surfactant의 상호작용에 대한 연구가 많이 보고되고 있는데^{2~5)}, 특히 amylose와 fatty acid 또는 surfactant의 complex 형성은 amylose의 helix 내에 surfactant의 소수성 group이 결합하는 model이 제시되고 있으며²⁾, 이로인해 surfactant와 complex를 형성

한 amylose는 가열중에 용해성이 저하된다고 하였다⁵⁾. Amylose와 surfactant와의 complex 형성 정도는 지방 산의 chain length, 불포화도, hydrophilic region의 조성^{6~8)}, surfactant의 조성⁹⁾, lipid monomer의 농도³⁾에 영향을 받는다고 알려져 있다.

Amylose 뿐만 아니라, surfactant와 amylopectin의 상호작용도 연구되어 amylopectin의 outer branches의 일부와 complex를 형성한다고 제의되고 있다^{10~12)}.

그러나, antistaling agent로서 사용되는 surfactant와 starch fraction간의 complex 형성 능력이나, 상호 작용에 대한 기전, 전분의 노화에 어떻게 영향을 미치는지에 대해서는 아직 명확한 결과를 얻지 못하는 실정이다.

그러므로, 본 실험에서는 많이 사용되고 있는 surfactant인 SSL (Sodium stearoyl-2-lactylate), mono/di glyceride인 Dimodan, Sucrose fatty acid ester인 SE 770, 1170, 1670을 사용하여 전분과 surfactant와의 상호작용을 알아보기 위해 여러 농도와 방법으로 surfactant를 첨가하여 complex 형성 정도와 pasting 특성을 알아보았다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험 재료

1991년 시중에 판매되는 고구마를 실험재료로 사용하였고, surfactant는 빵 제품과 전분질 식품에 많이 사용되고 있는 이온성인 SSL (Sodium stearoyl-2-lactylate)과 비이온성인 Dimodan (mono/di glyceride), 여러 좋은 점으로 인해 사용이 증가되는 sucrose fatty acid ester는 HLB가에 따라 SE 770, 1170, 1670 (HLB: 7, 11, 16)을 각각 사용하였다.

2. 전분의 제조 및 일반성분

고구마 전분의 제조는 알칼리 침지법¹³⁾을 이용하여 분리하였고, 일반성분은 AOAC방법¹⁴⁾에 의해 수분함량, 조단백질, 회분, 조지방과 총지방을 분석하였다.

3. 탈지 및 surfactant 첨가

전분의 탈지는 Soxhlet 장치를 이용하여 85% methanol로 24시간 추출한 다음, 100 mesh로 분쇄하였다¹⁵⁾. surfactant 첨가는 surfactant (SSL, Dimodan, SE

770, 1170, 1670)를 0.2, 0.5, 1.0% 수준으로 첨가하여 ether로 5시간 저어주면서 reflux시킨 다음, 흡입 여과시켜 ether를 완전히 날려 보내고 실온에서 건조하여 100 mesh로 분쇄하였다¹⁶⁾.

4. 전분 입자의 성상

생전분, 탈지 전분, 0.5% surfactant를 첨가시킨 전분 입자의 성상 및 표면 형태는 주사 전자 현미경 (Scanning Electron Microscope, JEOL JSM-35, Japan)을 사용하여 가속 전압 25 KV, phototime 60 초, 배율은 2000배 조건으로 관찰하였다.

5. amylose 함량 측정

Amylose 함량은 Williams¹⁷⁾의 방법에 따라, 분광광도계 (Shimadzu, UV-120, UV-spectrophotometer, Japan)을 사용하여 680 nm에서 흡광도를 측정하였고, 표준 곡선은 Schoch의 부탄을 범¹⁸⁾으로 분리한 아밀로오스와 아밀로페틴을 일정 비율로 혼합한 다음, 위와 동일한 방법으로 작성하였다.

6. Amylograph에 의한 호화 양상

Amylograph에 의한 호화 양상은 Brabender visco-graph'E' (No. 1129E)를 이용하여 Medcalf와 Gilles의 방법¹⁹⁾에 따라 전분 농도를 건물 중 6%로 하여 측정하였다.

7. 온도에 따른 용출 탄수화물 함량 측정

온도에 따른 용출 아밀로오스 함량 측정은 Montgomery와 Senti의 방법²⁰⁾을 개량하여 pH 6.0~6.3의 phosphate buffer 0.5 ml를 가한 0.1% 전분 혼탁액을 65°C, 75°C, 85°C의 항온 수조에서 저어주면서 1시간 정도 유지시켰다. 이 혼탁액을 Ice bath에서 급속히 냉각시켜 3000 rpm에서 30분간 원심분리하였다. 상층액을 모아 n-butanol을 가하여 amylose-butanol complex 침전물을 얻었다.

이 침전물을 100°C의 물과 butanol 용액 (9 : 1) 50 ml에 넣고 용액이 맑아지면 여과지에 여과시켰다. soluble carbohydrate 양은 여과액을 phenol-sulfuric acid 방법²¹⁾으로, amylose 함량은 Williams¹⁷⁾방법으로 측정하였다.

Table 1. Proximate composition of untreated, defatted sweet potato starches

Samples	Moisture (%)	Protein (N × 6.25) (%)	Ash (%)	Lipid (%)	
				Crude	Total
UTS	12.44	0.56	0.07	0.09	0.20
DFS	11.12	0.56	0.07	0.02	0.04

UTS : untreated starch

DFS : defatted starch

III. 결과 및 고찰

1. 전분의 일반 성분 및 아밀로오스 함량

생전분과 탈지전분의 일반 성분은 Table 1과 같이 단백질 함량은 0.56%, 회분은 0.07%였고, 생전분의 조지방과 총지방은 각각 0.09%, 0.20%였고, 85% 메탄올로 탈지시 0.02%와 0.04%로 각각 감소하여 지질이 제거됨을 알 수 있었다.

생전분, 탈지 전분 및 SSL, Dimodan, SE 770, 1170, 1670을 0.5% 수준으로 첨가한 전분의 아밀로오스 함량은 Table 2와 같았다. 생전분의 아밀로오스 함량은 16.29%로 Rasper와 Coursey²²⁾의 14~23%와 같은 결과를 보였으며, Madamba 등²³⁾의 29.6~32%와는 차이가 있었다. 탈지시 18.10%로 생전분에 비해 약간 증가하여 최등²⁴⁾의 보고와 같은 경향으로, 이는 탈지시에 amylose-lipid complex가 깨어지고, 유리 아밀로오스 함량이 증가되어 요오드와의 친화력이 증가되었기 때문으로 생각된다.

Surfactant 첨가 전분은 탈지 전분보다 낮은 값을 보여 surfactant가 아밀로오스와 결합하였음을 알 수 있었고, 그 결합 정도는 SSL, SE, Dimodan 순이었다. 신²⁵⁾도 밀전분에 surfactant를 첨가하였을 때 SSL, SE, Dimodan 순으로 amylose-surfactant complex가 형성됨을 보고하였다. SE의 경우에는 HLB 값에 따라 결합 능력이 다르며, HLB value가 높을수록 아밀로오스 함량이 낮게 나타나 아밀로오스와의 결합이 잘됨을 시사하였다.

Surfactant 농도에 따른 아밀로오스 함량은 Table 3과 같이 surfactant 종류와 관계없이 0.2%, 0.5%, 1.0%로 증가할수록 모두 아밀로오스 함량은 감소하여, 농도가 증가하면 결합이 잘 됨을 보였다. 그러나 결합 능력은 농도에 따른 직선적인 관계를 보이지는 않았다.

Table 2. Amylose contents of untreated, defatted and 0.5% surfactant added sweet potato starch

Sample	Amylose content (%)
UTS	16.29
DFS	18.10
SSL-AS	15.94
Dimodan-AS	17.78
SE 770-AS	17.36
SE 1170-AS	17.02
SE 1670-AS	16.10

UTS : untreated starch, DFS : defatted starch,
AS : added starch

Table 3. Amylose contents of surfactant added sweet potato starch at different concentration of surfactants

Sample	Amylose content (%)
UTS	16.29
DFS	18.10
0.2% SSL-AS	16.21
0.5% SSL-AS	15.94
1.0% SSL-AS	15.33
0.2% Dimodan-AS	17.92
0.5% Dimodan-AS	17.78
1.0% Dimodan-AS	17.17
0.2% SE 1670-AS	16.40
0.5% SE 1670-AS	16.10
1.0% SE 1670-AS	15.54

UTS : untreated starch, DFS : defatted starch,
AS : added starch

2. 전분 입자의 성상

전분 입자의 형태는 Fig. 1과 같이 표면은 매끄러우며 둥글거나 다면체로 되었으며 입자의 크기는 균일하지 않

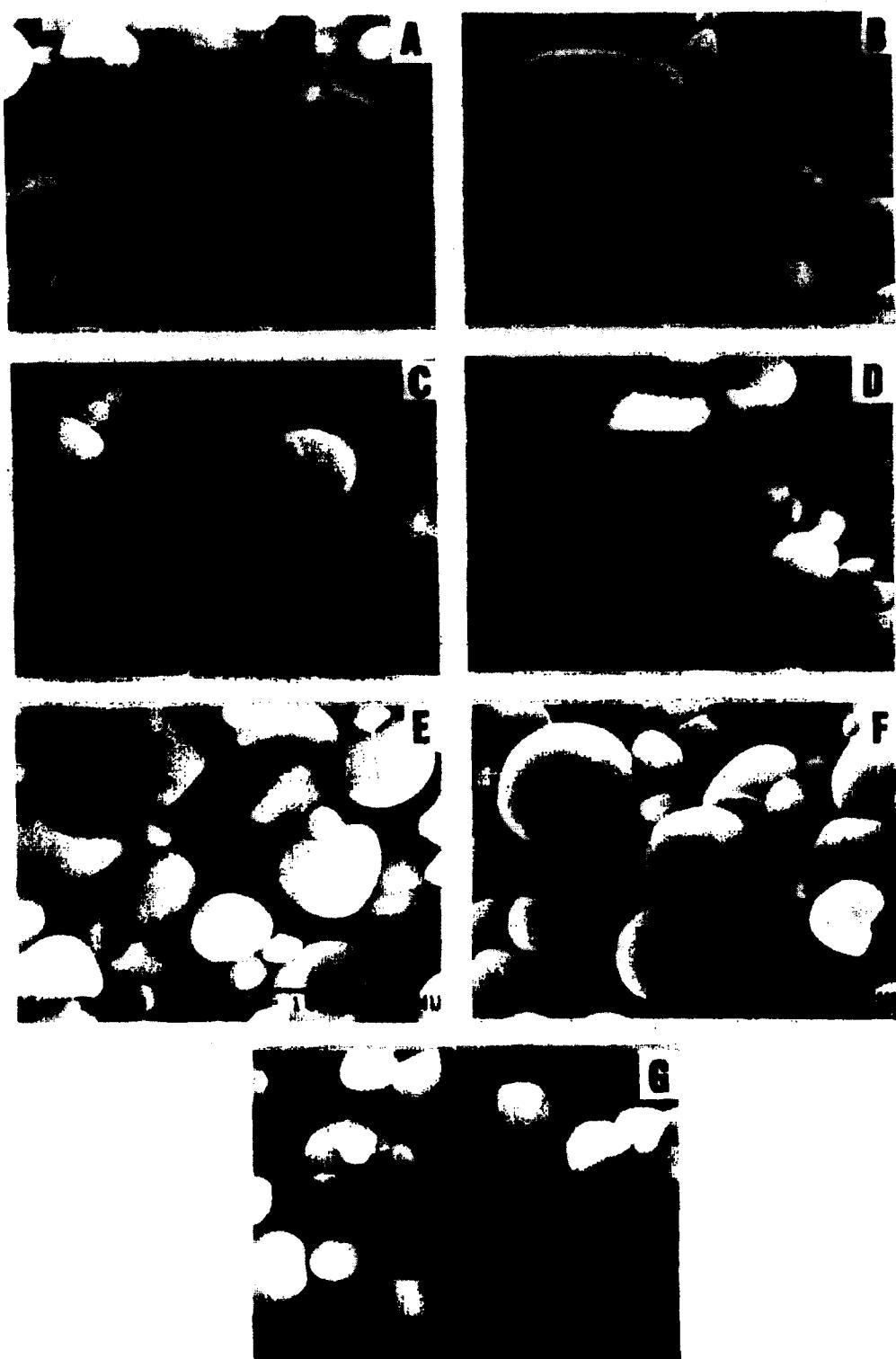


Fig. 1. Scanning electron microscophs of untreated, defatted and 0.5% surfactant added sweet potato starches ($\times 2000$).

A: Untreated starch, B: Defatted starch, C: SSL-AS

D: Dimodan-AS, E: SE 770-AS, F: SE 1170-AS, G: SE 1670-AS

*AS: Added starch

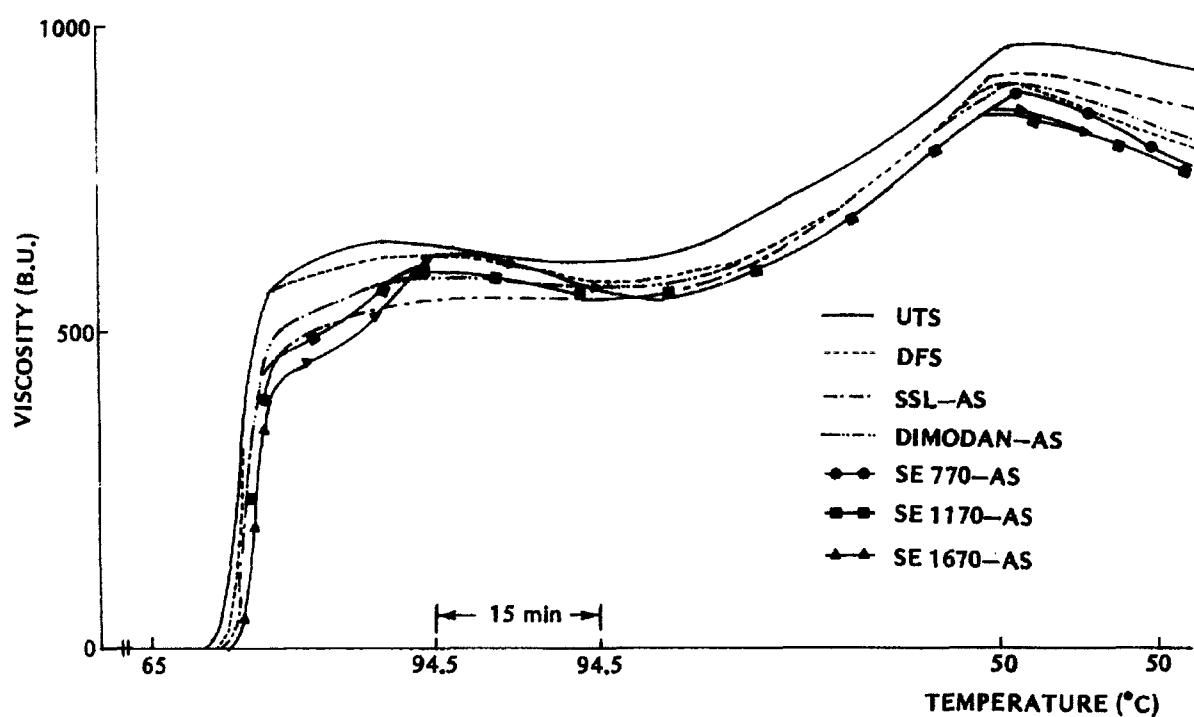


Fig. 2. Amylogram patterns of untreated, defatted and 0.5% surfactant added sweet potato starches.

Table 4. Amylogram characteristics of untreated, defatted and 0.5% surfactant added sweet potato starches

Samples	Initial pasting temperature (°C)	Peak viscosity (B.U.) P	15-min Height (B.U.) H	Height at 50°C (B.U.) C	Break-down (P-H)	Consistency (C-H)	Setback (C-P)
UTS	72.0	660	630	950	30	320	290
DFS	72.8	638	590	915	48	325	277
SSL-AS	74.0	578	568	930	10	362	352
Dimodan-AS	73.7	597	578	913	19	335	316
SE 770-AS	74.0	605	567	897	38	330	292
SE 1170-AS	74.0	613	560	860	53	300	247
SE 1670-AS	74.7	640	575	872	65	297	232

UTS : untreated starch

DFS : defatted starch

AS : added starch

았다. 탈지와 각 0.5% surfactant 첨가 후에도 전분 입자의 표면은 매끄럽고 부드러웠으므로 탈지나 surfactant 첨가 과정 중에서 전분립의 손상이 없었음을 알 수 있었다.

3. Amylograph에 의한 호화 양상

생전분과 탈지전분 0.5%의 각 surfactant를 첨가시킨 전분의 amylogram 양상은 Fig. 2와 같고, 이로부터

구한 특성치는 Table 4와 같다.

생전분의 호화 개시 온도는 72.0°C, 탈지시 72.8°C였고, 각 surfactant를 첨가시 73.7~74.7°C로 높아졌으며, SE의 경우는 HLB value가 커질수록 호화 개시 온도가 증가함을 보였다. 이는 Table 2에서와 같이 아밀로오스와 결합이 증가됨으로써 호화를 저해시키기 때문이라고 생각된다. peak viscosity, hot paste viscosity, 냉각 점도는 생전분에 비해 탈지와 surfactant 첨가

Table 5. Amylogram characteristics of surfactant added sweet potato starches at different concentration of surfactants

Samples	Initial pasting temperature (°C)	Peak viscosity (B.U.) P	15-min Height (B.U.) H	Height at 50°C (B.U.) C	Break-down (P-H)	Consistency (C-H)	Setback (C-P)
UTS	72.0	660	630	950	30	320	290
DFS	72.8	638	590	915	48	325	277
0.2% SSL-AS	74.0	602	580	923	22	343	321
0.5% SSL-AS	74.0	678	568	930	10	362	352
1.0% SSL-AS	74.7	576	557	890	19	333	314
0.2% Dimodan-AS	73.7	614	590	935	24	345	321
0.5% Dimodan-AS	73.7	597	578	913	19	335	316
1.0% Dimodan-AS	73.9	615	600	950	15	350	335
0.2% SE 1670-AS	73.7	663	598	920	65	322	257
0.5% SE 1670-AS	74.7	640	575	872	65	297	232
1.0% SE 1670-AS	76.0	590	568	970	22	402	380

UTS : untrated starch

DFS : defatted starch

AS : added starch

시 모두 감소하였다. Ebeler와 Walker²⁶⁾는 sucrose ester의 HLB value가 증가할수록 wheat starch의 호화 개시 온도를 지연시켰다는 결과와 같은 경향이었으나, 이들의 HLB value가 증가할수록 생전분에 비해 peak viscosity가 모두 증가했다는 결과와는 다른 경향이었다.

각 surfactant를 농도별로 첨가시켜 측정한 amylograph 특성치는 Table 5와 같다. 호화 개시 온도는 surfactant 농도가 증가하면 모두 증가하였고, 특히 SE의 경우 그 증가 정도는 커다. peak viscosity와 hot paste viscosity는 surfactant 첨가량이 많으면 감소하였으나, 노화 정도를 보이는 break down이나 setback은 surfactant 종류나 농도에 따라 다른 양상을 보였다. Deffenbaugh 등²⁷⁾의 옥수수, 타피오카, 밀전분에 sucrose ester를 농도를 달리하여 첨가시, peak viscosity, peak time, maximum setback이 증가한다고 보고한 결과와는 다른 양상이었다. 또한 이들은 maize starch에 sucrose ester의 HLB value를 6, 11, 15로 증가 측정시, sucrose ester의 effect가 HLB value와 직접적인 관계가 없다고 보고하였다. Moorthy 등²⁸⁾은 cassava starch에 여러 종류의 surfactant를 농도별로 첨가시 surfactant의 종류에 따라 다른 양상을 보였으며 생전분에 비해 surfactant 첨가가 호화 온도를 증가시켰다고 보고하였다.

이상의 결과로부터 전분에 surfactant를 첨가하면 호

화 개시 온도를 증가시켰으며 그것은 첨가 농도가 클수록 커다. 그러나 호화 양상은 surfactant 종류와 농도에 따라 달랐으며 SE의 경우에는 전분의 종류에 따라 HLB value에 영향을 받는 정도도 다름을 알 수 있었다.

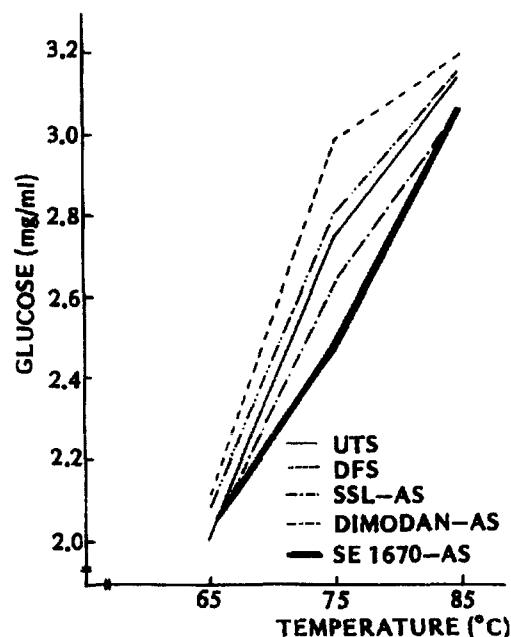


Fig. 3. Soluble carbohydrate concentration of untreated, defatted and 0.5% surfactant added sweet potato starches.

6. 온도에 따른 용출 탄수화물 함량

생전분, 탈지 전분, 0.5% 각 surfactant 첨가 전분의 온도에 따른 용해서 탄수화물 양은 Fig. 3과 같다.

모든 전분에서 온도를 증가시킬수록 용출되는 탄수화물 양은 증가하였고, 특히 호화 온도 범위인 65°C에서 75°C로 온도를 증가시킬 때, 용출되는 탄수화물의 증가 정도가 더 커졌다. Montgomery와 Senti²⁰나 Reeve 등²⁸은 선상의 분자가 먼저 용출되고 가지를 갖은 것은 남아 있다가, 용출 온도가 증가함에 따라 가지를 가지고 분자량이 큰 아밀로오스가 용출된다고 하였다.

생전분에 비해 탈지의 경우, 각 온도에서 용출되는 용해성 탄수화물 양은 증가하였고, Dimodan을 첨가시킨 전분의 경우는 오히려 생전분보다 탄수화물 용출양이 증가하였으나 SSL과 SE 1670을 첨가시킨 전분의 경우는 그 양이 감소하였다. SSL을 첨가시킨 전분은 SE 1670을 첨가시킨 전분보다 75°C에 그 용출양의 감소 정도가 적었으나, 85°C 이후에는 거의 비슷하였다.

생전분, 탈지전분, 0.5% surfactant 첨가 전분을 온

도별로 용출시킨 아밀로오스 함량은 Fig. 4과 같다. 65°C에서 용출 아밀로오스 함량은 나타나지 않아 65°C에서 저분자의 용해서 탄수화물은 용출되지만 긴 사슬 분자의 아밀로오스는 없음을 볼 수 있다. 75°C보다 85°C에서 용출되는 아밀로오스 함량은 모든 전분에서 증가함을 볼 수 있었고, 생전분보다 탈지시에는 아밀로오스가 더 현저히 용출되어 나왔으며 surfactant 첨가시 감소하였다. 이는 아밀로오스의 나선형 구조안에 surfactant의 탄소사슬이 끼어 복합체를 이루며 이 복합체는 불용성이므로 이로 인해 용출 아밀로오스 함량이 감소함을 알 수 있었다.

Surfactant 종류에 따라서는 아밀로오스의 복합체가 많이 형성된 SSL, SE 1670, Dimodan 순으로 용출 아밀로오스 함량이 낮았다. Eliasson⁵은 SDS, GMS, SSL의 emulsifier를 첨가시킨 후, 각 온도별로 용출 아밀로오스 양을 측정한 결과, 온도가 증가할수록 용출 아밀로오스 양은 증가하였고, emulsifier 첨가시 용출 아밀로오스 양이 감소한다고 보고하여 본 실험과 같은 경향이었다. 또한, Ghiashi 등²⁹도 SSL과 MG를 첨가시

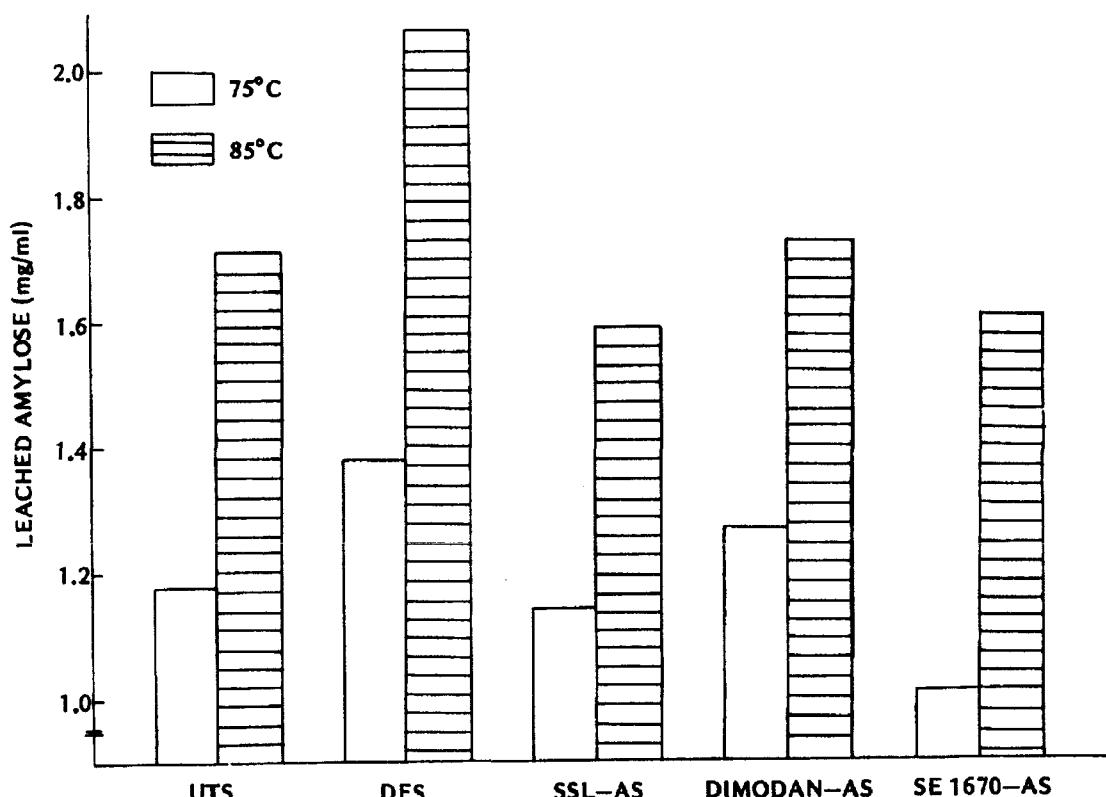


Fig. 4. Leached amylose contents of untreated, defatted and 0.5% surfactant added sweet potato starches

킨 후에 용출되는 solute의 iodine affinity는 낮은 온도에서는 낮다가 95°C까지 용출 온도를 증가시켰을 때 증가하였다고 보고하였다.

즉 surfactant를 전분에 첨가하면 아밀로오스와 복합체를 형성하여 전분의 여러가지 특성을 변화시킬 수 있고, surfactant의 종류나 양, 전분의 종류에 따라 특성은 변화되었다. 그러므로 surfactant를 적절히 첨가 시키므로써 전분의 물리화학적 특성을 변화시킬 수 있으므로 식품 산업에 적절한 전분을 제조할 수 있는 가능성을 보여 주었다.

IV. 요 약

고구마 전분을 탈지시키고 SSL(sodium stearoyl-2-lactylate), Dimodan (mono/di glyceride) SE (sucrose ester) 등의 surfactant를 여러 농도로 첨가시켜 아밀로오스와 surfactant 복합체 형성 능력과 pasting 특성을 조사하였다. 전분 입자는 모두 매끄럽고 둥근형 이었으며, 탈지와 surfactant 첨가 후에도 전분립의 손상은 없었다. Surfactant 첨가시 아밀로오스 함량은 감소하였으며 그 감소 정도는 SSL, SE, Dimodan 순이었고, SE의 경우에는 HLB value가 높은 SE 1670이 더 결합 능력이 컸다. Surfactant의 농도가 증가할수록 아밀로오스와 복합체 형성이 더 증가하였다. Surfactant 첨가 전분의 amylograph에 의한 호화 특성의 경우, 호화 개시 온도는 생전분, 탈지전분보다 높아졌으나, 각 온도에서의 점도는 모두 감소하였다. 전분의 용해성 탄수화물과 용출 아밀로오스는 온도에 따라 증가하였으며, surfactant 첨가시 각 온도에서의 용해성 탄수화물과 용출 아밀로오스 모두 감소하였고 그 정도는 SSL, SE, Dimodan 순이었다.

감사의 글

본 연구는 1991년도 한국학술진흥재단의 자유공모 과제 학술연구비에 의해 수행된 연구의 일부임.

참 고 문 헌

- 1) Miles, M.J., Morris, V.J., Oxford, P.D. and Ring, S.G., The roles of amylose and amylopectin in the

- gelation, retrogradation of starch, *Carbohydr. Res.*, **135**:271, 1985.
- 2) Kulp, K. and Ponte, J.G., Staling of white pan bread fundamental causes, *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **15**:1, 1981.
- 3) Moorthy, S.N., Effect of different types of surfactants on cassava starch properties, *J. Agric. Food Chem.*, **33**:1227, 1985.
- 4) Bourne, E.J., Tiffin, A.I. and Weigel, H., Interaction of starch with sucrose stearate and other antistaling agents, *J. Sci. Food Agric.*, **11**:101, 1960.
- 5) Eliasson, A.C., Starch gelatinization in the presence of emulsifier, A morphological study of wheat starch, *Starch*, **37**:411, 1985.
- 6) Hoover, R. and Edmonton, D.H., Characterization of potato starch and its monoglyceride complexes, *Starch*, **33**:290, 1981.
- 7) Ohashi, K., Goshima, G., Kusuda, H. and Tsuge, H., Effect of embraced lipid on the gelatinization of rice starch, *Starch*, **32**:54, 1980.
- 8) Hahn, D.E. and Hood, L.F., Factors influencing corn starch-lipid complexing, *Cereal Chem.*, **64**:81, 1987.
- 9) Osman, E.M., Leith, S.J. and Fles, M., Complexes of amylose with surfactants, *Cereal Chem.*, **38**:449, 1961.
- 10) Lagendijk, J. and Pennings, H.J., Relation between complex formation of starch with monoglycerides and the firmness of bread, *Cereal Sci. Today*, **15**:354, 1970.
- 11) Hartunian-Sowa, S.M. and White, P.J., Influence of monoglycerides of different chain lengths on texture and flavor of breads made with waxy corn starch, *Starch*, **42**:53, 1990.
- 12) Batres, L.V. and White, P.J., Interaction of amylopectin with monoglycerides in model systems, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **63**:1573, 1986.
- 13) Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.P. and Synder, H. E., Isolation and characterization of starch from mature soybeans, *Cereal Chem.*, **55**:661, 1978.
- 14) Association of Official Analytical Chemists, *Official Methods of Analysis*, 14th ed., Washington, D.C., 1984.
- 15) 현혜경, 이서래, 한국산 보리 가루의 지방질 조성, 한국 식품과학회지, **16**:51, 1984.
- 16) Goshima, G., Abe, M., Sato, N., Ohashi, K. and Tsuge, H., Amylographic reproducibility of defatted potato starch by the reintroduction of lipid,

- Starch*, **37**:10, 1985.
- 17) Williams, P.C., Kuzina, F.D. and Hlynka, I.A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours, *Cereal Chem.*, **47**:411, 1970.
 - 18) 정동호, 이현유, 통일벼의 도정과 품질 및 저장 개선 방안에 관한 연구, 제 2 보 통일쌀 녹말의 특성, 한국 식품과학회지, **8**:179, 1976.
 - 19) Medcalf, D.F. and Gilles, K.A., Wheat Starches, I. Comparison of physicochemical properties, *Cereal Chem.*, **42**:558, 1965.
 - 20) Montgomery, E.M., and Senti, F.R., Separation of amylose from amylopectin of starch by an extraction-sedimentation procedure, *J. Polymer Sci.*, **28**:1, 1958.
 - 21) Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Robers, P. A. and Smith, F., Colorimetric method for determination of sugars and related substances, *Anal Chem.*, **28**:350, 1956.
 - 22) Rasper, V. and Coursey, D.G., Properties of starches of some of West Africa Yams, *J. Sci. Food Agr.*, **18**: 240, 1967.
 - 23) Madamba, L.S.P., Bustrillos, A.R. and San Pedro, E. L., Sweet potato starch, Physicochemical properties of the whole starch, *Philipp. Agric.*, **58**:338, 1975.
 - 24) 최형태, 이신영, 양용, 오두환, 털지 및 지방산 첨가가 쌀전분의 이화학적 특성에 미치는 영향, 한국 식품 과학회지, **20**:834, 1988.
 - 25) 신말식, 수분과 계면활성제가 밀전분의 호화와 노화에 미치는 영향, 한국 식품과학회지, **23**:116, 1991.
 - 26) Ebeler, S.E. and Walker, C.E., Effects of various sucrose fatty acid ester emulsifiers on high-ratio white layer cakes, *J. Food Sci.*, **49**:380, 1984.
 - 27) Deffenbaugh, L.B., Lincoln, N.E. and Walker, C.E., Use of the rapid visco-analyzer to measure starch pasting properties, part II. Effects of emulsifiers and sugar-emulsifier interactions, *Starch*, **42**:89, 1990.
 - 28) Reeve, R.M., Histological survey of conditions influencing texture in potatoes, II. Observations on starches in treated cells, *Food Res.*, **19**:333, 1954.
 - 29) Ghiasi, K., Hoseney, R.C. and Varriano-Marston, E., Gelatinization of wheat starch, I. Excess-Water Systems, *Cereal Chem.*, **59**:81, 1982.