J. Fd Hyg. Safety 14(1), 84 - 89(1999)

옥테닐호박산나트륨 전분의 이화학적 특성

정만곤† · 임번삼
대상(주) 중앙연구소

Physicochemical Properties of Octenylsuccinated Corn Starch

Man-Gon Chung† and Bun-Sam Lim
R & D Center, Daesang Corp., Kyonggi 467-810, Korea

ABSTRACT — Octenylsuccinated corn starches prepared by reaction of corn starch with 1-octenylsuccinic anhydride(OSAn) and their degree of substitution (DS), reaction efficiency(RE), residual octenylsuccinic acid (OSA), and physicochemical properties were compared with those of the native corn starch. DS increased with increase of OSAn and RE was much nearly the same regardless of increase of OSAn. The content of residual OSA was significantly lower than that of regulation of food additives. And as washing frequency of dispersion of the reactant was increased, the content of residual OSA of octenylsuccinated starch was decreased. Rapid Visco-Analyzer initial pasting temperature and setback of octenylsuccinated starches decreased whereas peak viscosity and breakdown increased. When DS of octenylsuccinated starches increased, temperature of initial gelatinization of octenylsuccinated starches drastically decreased. The octenylsuccinated starches also formed clearer pastes. The solubility was much nearly the same regardless of increase of DS at 70°C but the swelling power increased about 1.2~1.7 times higher than that of native corn starch at 70°C. The water binding capacity of octenylsuccinated starches also decreased.

Key words □ Octenylsuccinated corn starch, Lipophilic modified starch, Alkenylsuccinic anhydride, Physicochemical properties

전분은 포도당이 α-1, 4 및 α-1, 6 결합을 하고 있는 탄수화물계 고분자 물질로서 식품의 물리적 성질과 조직감을 조절하는 주요 성분이다.

식품 산업에서 전분은 주로 식품계(food systems)에 점도를 부여하는 물리적 현상을 이용하여 냉 · 해동 안정제, 보형제, 증점제 및 유화 안정제 등으로 사용하고 있으나, 천연 전분은 분자 내에 polyhydroxyl 기를 포함하고 있는 친수성 물질로서 지방질과 같은 소수성 물질과 친화력(affinity)이 거의 없기 때문에 그 적용 범위는 매우 제한적이다.[1,2]

옥테닐호박산나트륨 전분은 succinic anhydride에 탄화수소인 옥테닐기가 결합되어 있는 1-octenylsuccinic anhydride (OSAn)를 전분에 에스테르 결합시켜 제조하며, 이 때 호화개시온도는 낮아지며 점도, 노화안정성, 호액의 투명도는 증가한다.[3] 또한, OSAn의 처리는 유화제와 같이 한 분자내에 친수성 부분인 하이드록시기 및 카르복시기와 소수성 부분인 옥테닐기를 함께 소유하고 있어 수중 유적형 유화계(oil in water emulsion systems)에서 단백질이나 검질을 대체할 수 있는 물질로서 인식되고 있을 뿐만 아니라 옥테닐기의 존재는 지방질과 같은 mouthfeel을 나타낼 수 있어 지방대체제로도 주목 받고 있다. 따라서 식품 산업에서 향첨가 음료, 샐러드 드레싱, 향 포접 화합물외에 의약, 제지 및 기타 산업용으로 폭 넓게 이용되고 있다.[1-3]

옥테닐호박산나트륨 전분은 미국의 FDA 및 국내의 식품첨가물공전에서 OSAn 첨가량으로 전분 고형분 대비 3%내에서 그리고 최종 제품의 잔류 옥테닐호박산 함량 0.3%내에서 식품 첨가물로 허가하고 있다.[4,5]

이와 같이 서구 여러 나라에서 폭 넓게 사용하고 있는 옥테닐호박산나트륨 전분에 대한 연구는 기업의 비밀로서 부분적으로 특허에 의해 발표되거나 일반적인 성질을 개략적으로 보고한 것이 대부분이다. 따라서 본 연구는 옥수수전분에 OSAn를 에스테르화 반응시킨 옥테닐호박산나트륨 전분의 치환도, 반응 효율, 잔류 옥테닐호박산 함량 및 이화학적 특성을 파악하여 응용 범위의 기초 자료를 마련하고자 하였다.

† Author to whom correspondence should be addressed.

재료 및 방법

재료

옥수수 전분은 대상(주)에서 제조한 제품을 사용하였으며, OSAn은 Aldrich사(Milwaukee, WI) 제품을, 2-*p*-dibromo-acetophenone과 18-crown-6은 Sigma사(St. Louis, MO) 제품을 구입하여 사용하였으며, 그 밖의 시약은 일급 및 특급을 사용하였다.

옥테닐호박산나트륨 전분의 제조

옥테닐호박산나트륨 전분은 Trubiano[3] 및 Caldwell과 Wurzburg[6]의 방법에 따라 제조하였으며, 이 때 OSAn은 전분 고형분 대비 0~25 mg OSAn/g starch을 첨가하였다. 반응이 종료된 현탁액은 전분 고형분 대비 10배의 증류수를 사용하여 수세, 탈수하고 60°C에서 건조하였다. 건조된 옥테닐호박산나트륨 전분은 분쇄기(Hanil, FM-808, Korea)에서 2~3분간 분쇄하고 100 메쉬 표준체를 통과시켜 얻은 것을 본 실험의 시료로 사용하였다. 또한 수세수량을 결정하기 위하여 고형분 대비 3배의 증류수로 0~3회 수세하고, 탈수, 건조 및 분쇄하여 잔류 옥테닐호박산 함량을 측정하였다.

치환도 측정

옥테닐호박산 나트륨 전분의 치환도는 JECFA[7]의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 시료 5 g을 소량의 이소프로필알코올로 적시고 2.5 N isopropanolic HCl 25 m*l*를 가하여 자석교반기에서 30분간 교반한 후 90% 이소프로필알코올 100 m*l*를 가하여 10분간 더 교반하였다. Whatman No. 2 여과지를 이용하여 여과하고 시료에 염소가 남아 있지 않을 때까지 90% 이소프로필알코올로 세척한 후 잔유물을 600 m*l* 비이커에 옮기고 증류수 300 m*l*를 가하여 끓고 있는 수욕조에서 10분간 가열하여 호화시키고 페놀프탈레인 지시약을 이용하여 0.1 N NaOH로 적정하였다.

잔류 옥테닐호박산 함량

시료 500 mg을 메탄올 15 m*l*로 현탁시켜 하룻밤 동안 자석교반기에서 일정하게 교반한 후 추출 · 여과하고 잔유물을 메탄올 7 m*l*로 3회 세척하였다. 추출액에 0.16 N methanolic NaOH 1 m*l*를 가하고 잘 혼합한 후 30°C에서 농축, 건조하고 잔유물을 메탄올 2 m*l*에 녹였다. 이 용액 0.5 m*l*, 유도체 용액 0.5 m*l*(2-*p*-dibromo-acetophenone 2.8 g과 18-crown-6 0.28 g을 아세토니트릴 50 m*l*로 녹인 용액) 및 아세토니트릴 2 m*l*을 가하여 잘 혼합한 후 80°C 수욕조에서 30분간 활성화시킨 후 HPLC로 분석하였다. 또한 옥테닐호박산의 표준곡선은 JECFA[7]의 방법에 따라 작성하여 잔류 옥테닐호박산 함량을 측정하였다.

Rapid Visco-Analyzer에 의한 호화 특성

8%(고형분 기준) 전분용액(25 m*l*)을 Rapid Visco-Analyzer (RVA, Newport Scienctific Pty. Ltd., Australia)를 이용하여 전분의 호화 특성을 측정하였다.[8] 이 때 분석 조건은 호화컵의 온도를 50°C에서 1분간 유지하고 매분당 7.5°C의 온도로 95°C까지 승온시킨 후 5분간 유지하고 다시 매분당 7.5°C의 온도로 50°C까지 냉각시킨 후 4분간 유지하였다.

이화학적 성질

물결합능력은 Medcalf와 Gilles[9]의 방법으로, 팽윤력 및 용해도는 Leach 등[10]의 방법에 따라 측정하였다. 광투과도는 Wilson 등[11]의 방법에 따라 0.1% 전분 현탁액을 수욕조에서 가열하는 동안 투과도의 변화를 분광광도계(Pharmacia Biotec, Novaspec II, England)를 이용하여 625 nm에서 측정하였다.

결과 및 고찰

치환도 및 반응 효율

옥수수 전분을 OSAn(0~25 mg/g starch)으로 처리한 옥테닐호박산나트륨 전분의 치환도 및 반응 효율은 Table 1과 같다.

OSAn을 첨가하지 않은 옥수수 전분에서는 옥테닐호박산이 전혀 검출되지 않았으며, 첨가량 비례하여 치환도가 증가하였다. 즉, OSAn 첨가량을 전분 고형분 대비 1.0, 1.5, 2.0, 2.5%로 첨가량을 증가하였을 때 치환도는 각각 0.0063, 0.0095, 0.0125 및 0.0158을 나타내었으며, 이 때 반응 효율은 각각 95.5, 95.0, 95.3, 94.8%를 나타내어 첨가량에 관계없이 유사한 값을 나타내었다. 일반적으로 전분의 화학적 변성은 약품과 촉매가 침투하기 쉬운 무정형 부분에 존재하는 포도당의 2, 3, 6번 탄소의 hydroxyl기나 포도당을 연

Table 1. Degree of substitution (DS) and reaction efficiency (RE) of octenylsuccinated corn starches

OSAn content (mg/g starch)	DS	RE[2] (%)
0	ND[1]	–
10	0.0063	95.5
15	0.0095	95.0
20	0.0125	95.3
25	0.0158	94.8

[1]Not detected

[2]RE=measured DS/theoretical DS × 100

결하여 주는 glucosidic linkage에서 일어나는 데 전자는 주로 치환반응에서, 후자는 분해 반응에서 발생한다.[12,13] Cyclic dicarboxylic anhydride인 OSAn은 전분의 acetylation과 같은 메카니즘으로 hydroxyl기와 에스테르 결합을 한다. 즉, 수용액 상태에서 hydroxyl기나 glucosidic linkage에 존재하는 산소는 친핵성 산소로 변환되지만 알칼리 촉매하에서 glucosidic linkage의 산소는 쉽게 양성자화된다. 따라서 life time이 긴 hydroxyl기의 친핵성 산소에 OSAn의 카르복시기가 에스테르 결합을 형성한다.[12,13] Park과 Goins[2]는 상업적으로 생산, 판매하고 있는 옥테닐호박산나트륨 전분의 총 옥테닐호박산 함량은 2.10~2.41%(W/W)라고 보고하였다.

반응 효율은 전분의 종류, 약품의 농도, pH, 온도 등에 영향을 받는 데 초산 전분의 경우 조건에 따라 70~96%의 반응효율을 나타내는 것[12]으로 알려져 있어 OSAn은 반응성이 매우 우수하였음을 알 수 있었다.

잔류 옥테닐호박산 함량

옥수수 전분을 OSAn으로 처리하는 동안 반응하지 않고 시료 전분에 남아 있는 옥테닐호박산 함량은 Table 2와 같으며, 수세 횟수에 따른 잔류 옥테닐호박산 함량 변화는 Fig. 1과 같다.

반응이 종료된 반응 현탁액을 전분 고형분 대비 10배의 물로 세척하였을 때 잔류 옥테닐호박산 함량은 OSAn의 첨가 농도에 관계없이 0.025~0.034%를 나타내어 식품첨가물로서의 규제치 0.3%를 훨씬 밑도는 수준이었다. 또한, 잔류 옥테닐호박산 함량은 수세 횟수에 비례하여 감소하였다. 즉, 2.5% OSAn을 처리한 전분 현탁액을 반응이 종료된 후

Table 2. Residual octentylsuccinic acid (OSA) contents in octenylsuccinated corn straches

OSAn content (mg/g)	Residual OSA (%)
0	0.025
10	0.031
15	0.034
20	0.027
25	0.028

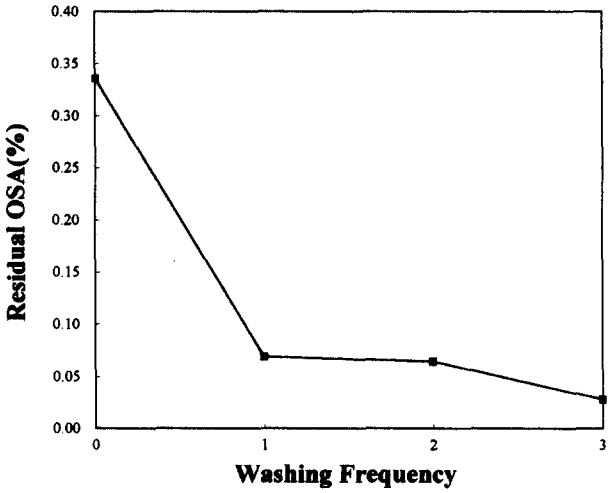

Fig. 1. Residual octenylsuccnic acid (OSA) contents of octneyl-succinated corn starches on the washing frequency.

수세 과정없이 탈수, 건조하여 잔류량을 측정하였을 때 0.34%로 식품첨가물공전 규제치 0.3%를 약간 초과하였으나, 전분 고형분 대비 3배의 물을 사용하여 교반기(EYELY, Z-1000, Japan)로 5분간 교반하는 방법으로 1~3회 수세하였을 때 잔류량은 각각 0.069, 0.064, 0.028%를 나타내었다. 이와 같은 결과는 반응 효율이 약 95% 수준으로 매우 높아 미 반응 약품이 미량 존재할 뿐만 아니라 OSAn 자체는 물과 친화력이 없기 때문에 수세 과정에서 거의 제거되는 것으로 생각된다. 그러나 Park과 Goins[2]는 미국에서 생산, 판매하고 있는 옥테닐호박산나트륨 전분의 잔류 옥테닐호박산이 0.15~0.24% 정도였다고 보고한 것으로 볼 때 실험실 조건이 아닌 연속 공정인 대량 생산 체제에 있어서는 항상 주의해야할 항목으로 생각된다.

RVA에 의한 호화 양상

옥수수 전분을 OSAn으로 처리한 옥테닐호박산나트륨 전분을 RVA로부터 얻은 점도의 특성값은 Table 3과 같다.

옥테닐호박산나트륨 전분은 옥수수 전분에 비하여 pasting temperature와 setback은 감소하였으나 최고점도와 breakdown은 증가하였으며, OSAn을 1.5% 이상 첨가한 시료의

Table 3. RVAgram characteristics of octenylsuccinated starches in the concentation of 8% (W/W)

OSAn content (mg/g starch)	Initial pasting Temperature (°C)	Peak viscosity (RVU)	Hot paste viscosity (95°C, RVU)	Cold paste viscosity (50°C, RVU)	Breakdown (RVU)	Consistency (RVU)	Setback (RVU)
0	82.5	149	79	145	70	66	-4
10	77.6	213	102	207	111	105	-6
15	75.9	263	108	234	155	126	-29
20	74.4	297	113	238	184	125	-59
25	72.5	350	118	245	232	125	-110

hot paste viscosity, cold paste viscosity 및 consistency는 유사한 값을 나타내어다. 즉, 옥수수 전분의 pasting temperature와 setback은 각각 82.5°C와 -4 RVU였으나, 첨가량이 증가함에 따라 각각 77.6, 75.9, 74.4, 72.5°C 및 -6, -29, -59, -110 RVU를 나타내어 2.5% 처리한 시료 전분은 옥수수 전분에 비하여 각각 10°C 및 106 RVU 정도 낮아졌다. 그러나 최고점도와 breakdown은 OSAn의 첨가량에 따라 옥수수 전분에 비하여 각각 64~201 RVU 및 41~162 RVU 상승하였다. 또한 hot paste viscosity, cold paste viscosity 및 consistency는 OSAn 첨가량 1.5% 이상에서는 각각 108~118 RVU, 207~245 RVU 및 125~126 RVU로 거의 유사한 값을 나타내었다. RVA는 아밀로그래프에 비하여 짧은 시간에 소량의 시료를 사용하여 전분의 점도 profile를 측정할 수 있어 최근에 널리 이용되고 있는 분석기기로서 Deffenbaugh와 Walker[8]는 여러 종류의 전분을 아밀로그래프와 RVA로 측정하였을 때 상관계수($r \geq 0.897$)는 비록 높지 않았지만 상대 비교는 가능하다고 보고하였다. 최고점도는 평윤력을, breakdown은 열 및 전단력에 대한 저항력으로 용해도와, consistency와 setback은 팽윤된 입자 사이의 마찰 또는 팽윤된 입자와 가용성 전분과의 응집성을 나타내 전분의 노화 특성과 관련이 있다.[14,15] 일반적으로 치환 전분은 전분 분자간의 결합이 억제되기 때문에 팽윤력, 용해도는 증가하여 노화안정성이 개선되지만, 이와 반대로 가교 전분은 분자간의 결합이 강화되기 때문에 팽윤력, 용해도를 억제하여 내열성과 내전단성이 향상된다.[1,12-15]

이화학적 특성

OSAn 처리량에 따른 시료 현탁액(0.1%)의 광투과도는 Fig. 2와 같다. 광투과도는 온도가 상승함에 따라 증가되었으며, 이 때 OSAn의 처리량이 증가할 수록 낮은 온도에서 높은 광투과도를 나타내었다. 즉, 70°C에서 모든 시료의 광투과도는 현저한 차이없이 유사하였다. 그러나 70°C 이후 광투과도는 급격히 상승하여 75°C에서는 옥수수 전분이 45.9%의 광투과도를 나타내었고, OSAn의 첨가량이 1.0, 1.5, 2.0, 2.5%로 증가함에 따라 각각 47.2, 48.3, 50.0, 51.9%를 나타내어 첨가량이 증가할 수록 낮은 온도에서 호화가 개시되는 것을 알 수 있었다. 또한 같은 온도에서 치환도가 증가할 수록 광투과도가 높아지는 경향으로, 95°C에서 광투과도는 각각 78.5, 88.9, 89.4, 91.3, 92.6%를 나타내었다. 전분의 호화개시온도는 전분 입자의 결정성과 관련이 있는 것으로 일반적으로 에스테르 전분이나 에테르 전분은 치환된 작용기에 의하여 분자 내부의 회합을 감소시켜 호화개시온도는 낮아지며, 호액의 투명도는 증가시키는 것으로 알려져 있다.[12-14] 따라서 8개의 탄소을 지닌 옥테닐호박산이

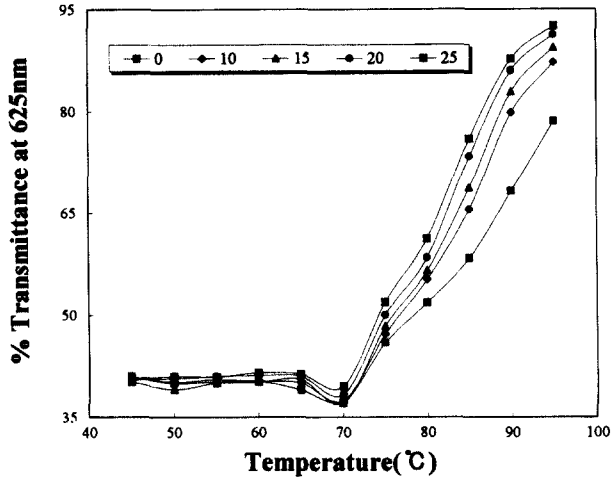

Fig. 2. Changes in light transmittance of octenylsuccinated corn starches on the amount of octenylsuccinic anhydride (OSAn, mg/g starch).

치환된 옥테닐호박산나트륨 전분은 입자간의 회합을 효과적으로 입체 방해하기 때문에 전분 입자의 결정성을 약화시키는 것으로 사료된다.

호화가 개시되기 바로 직전인 70°C에서 용해도와 팽윤력을 측정한 결과는 Fig. 3과 같다. 용해도는 OSAn의 처리량에 따라 현저한 차이없이 4.18~4.66%를 나타내었다. 그러나 팽윤력은 옥수수 전분이 7.40이었으나 첨가량이 증가함에 따라 각각 8.61, 9.21, 11.21, 12.92를 나타내어 2.5% 처리한 시료는 옥수수 전분에 비하여 약 1.7배 증가하였다. 전분을 수용액에 현탁시켜 가열하는 동안 전분 입자는 서서히 팽윤되면서 수용성 물질이 용출되어 점도를 나타내게

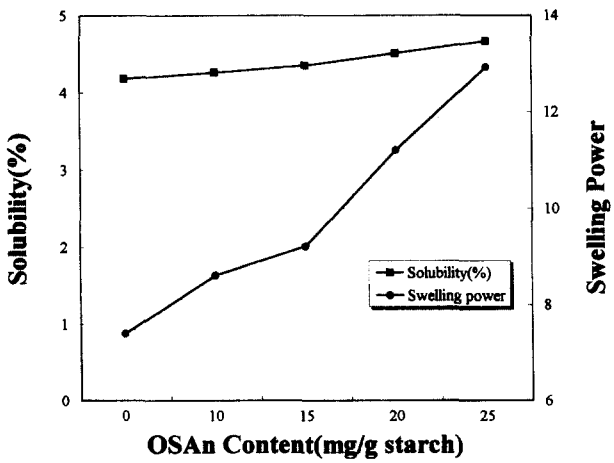

Fig. 3. Solubility and swelling power of octenylsuccinated corn starches on the amount of octenylsuccinic anhydride (OSAn) at 70°C.

된다. 육 등[16]은 옥수수 전분을 70°C에서 용해도와 팽윤력을 측정하였을 때 각각 5.33%와 7.88이었다는 보고와 일치한 결과를 나타내었다. 옥수수 전분의 경우 아밀로스-지방질 복합체의 함량이 많기 때문에 다른 전분에 비하여 용해도와 팽윤력이 억제된다.[17] 그러나 옥수수 전분에 소수성인 옥테닐호박산의 치환은 전분 분자간의 정전기적 반발력을 증가시키고 수소결합은 억제함으로서 분자내의 결합력을 약화시켜 용해도와 팽윤력을 증가시키는 것으로 사료된다.

물결합능력은 OSAn의 처리량의 증가에 비례하여 감소하는 결과를 나타내었다(Fig. 4). 즉, OSAn을 처리하지 않은 옥수수 전분은 93.1%를 나타내었으나 처리량이 1.0, 1.5, 2.0, 2.5%로 증가하였을 때 각각 88.4, 87.9, 86.6, 84.9%로 감소하였다. 전분에 결합된 물은 전분 입자 및 표면에 흡착되는 것으로 전분 입자의 치밀도와 밀접한 관련이 있다.[9] 본 실험의 결과는 옥수수 전분의 물결합능력이 약 92%였다는 정 등[18]의 보고와 유사한 결과를 나타내었으며, 아밀로펙틴만으로 구성되어 있는 찰옥수수 전분의 물결합능력은 117.1%로 옥수수 전분이 찰옥수수 전분에 비하여 내부 치밀도가 높은 것을 알 수 있었다.[19] 또한 이 등[20]에 의하면 탈지한 전분은 천연 전분보다 물결합능력이 증가되고, 탈지한 전분에 지방질을 다시 첨가하였을 때 물결합능력은 오히려 탈지한 전분보다 증가하는 데 이는 전분 표면에 지방질이 흡착되어 전분 입자에 물이 침투되는 것을 억제하며 전분 입자 사이의 공간에 물을 함유하고 있어 원심분리 후

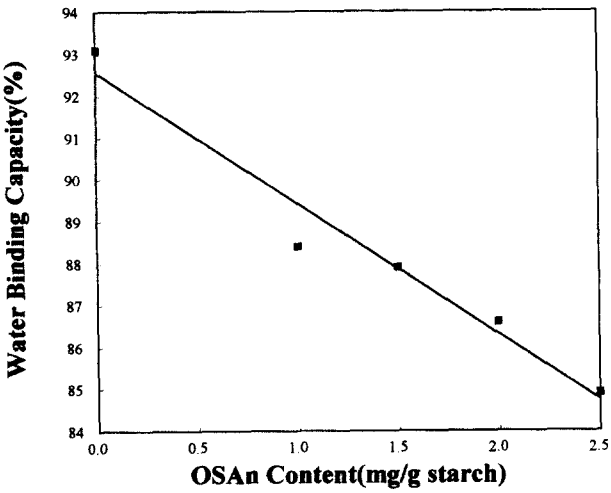

Fig. 4. Water binding capacity of octenylsuccinated corn starches on the amount of octenylsuccinic anhydride (OSAn).

에도 죽과 같은 형태로 남아 있기 때문이라고 보고하였다. 그러나 옥테닐호박산나트륨 전분의 소수성은 옥테닐기가 포함된 호박산의 카르복시기가 전분의 hydroxyl기에 직접 에스테르 결합되어 있기 때문에 단순히 전분에 지방질의 첨가 효과와는 달리 전분 표면에 침투되는 물을 효과적으로 억제하는 것으로 판단된다.

국문요약

옥수수 전분을 1-octenylsuccinic anhydride(OSAn, 0~25 mg/g starch)와 반응시켜 제조한 옥테닐호박산나트륨 전분의 치환도, 반응 효율, 잔류 옥테닐호박산 함량 및 이화학적 특성에 대하여 연구하였다. OSAn 첨가량에 비례하여 치환도(DS)는 증가하여 0.0063~0.0158을 나타내었으며, 이 때 반응효율은 첨가량에 관계없이 94.8~95.5%를 나타내었다. 잔류 옥테닐호박산 함량은 0.025~0.034%로 식품첨가물공전 규제량 0.3% 이하였으며, 또한 반응 현탁액의 수세 횟수가 증가함에 따라 현저하게 감소하였다. Rapid Visco-Analyzer(RVA)에 의한 호화온도와 setback은 옥수수 전분에 비하여 각각 5~10°C 및 2~106 RVU 낮아졌으나, 최고점도와 breakdown은 각각 64~201 RVU 및 41~161 RVU 증가하였다. 또한 hot paste viscosity, cold paste viscosity 및 consistency는 OSAn 첨가량 1.5% 이상에서는 유사한 값을 나타내었다. 광투과도는 치환도가 증가함에 따라 낮은 온도에서 높은 투과도를 나타내었으며, 이 때 같은 온도에서 호화액의 투명도 또한 개선되었다. 70°C에서 용해도는 4.18~4.66%로 유사하였으나, 팽윤력은 옥수수 전분에 비하여 1.2~1.7배 증가하였다. 물결합능력은 치환도 증가에 비례하여 감소하였다.

참고문헌

1. BeMiller, J.N. and Whistler, R.L.: Carbohydrates. *In Food Chemistry*, 3rd Ed. (Fennema, O.R. eds.), Marcel Dekker, Inc., New York, pp.157-223 (1996).
2. Park, P.W. and Goins, R.E.: Determination of 2-(2'-Octenyl)succinic Acid in Lipophilic Modified Starch by Gas Chromatography-Mass Spectrometry/Selected Ion Monitoring. *J. Agric. Food. Chem.*, **43**, 2580-2584 (1995).
3. Trubiano, P.C.: Succinate and Substituted Succinate Derivatives of Starch. *In Modified Starches: Properties and Uses* (Wurzburg, O.B. eds.), CRC Press, FL, pp.131-147 (1986).
4. Food and Drug Administration: Code of Federal Regulations, Title 21, Chapter I, Section 172.892, Food starch-modified, April 1, pp.107-109 (1997).
5. 보건복지부: 식품첨가물공전, 한국식품공업협회, pp.383 (1997).
6. Caldwell, C.G., and Wurzburg, O.B.: Polysaccharide derivatives of substituted dicarboxylic acids. *U. S. Patent* 2, 661,349 (1953)
7. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome: Joint FAO/WHO Expert Committee on Food additives (JECFA). *Compendium of Food Additive Specifications, Vol. 2, 984-986 (1992)*
8. Deffenbaugh, L.B. and Walker, C.B.: Comparison of starch pasting properties in the Brabender viscoamylograph and the rapid visco-analyzer. *Cereal Chem.*, **66**, 493-499 (1989).
9. Medcalf, D.G. and Gilles, K.A.: Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.*, **42**, 558-568 (1968).
10. Leach, H.W., McCowen, L.D. and Schoch, T.J.: Structure of starch granule. I. Swelling and solubility pattern of various starches. *Cereal Chem.*, **35**, 534-544 (1959).
11. Wilson, L.A., Birmingham, V.A., Moon, D.F. and Synder, H.E.: Isolation and characterization of starch from mature soybeans. *Cereal Chem.*, **55**, 661-670 (1978).
12. Jarowenko, W.: Acetylated Starch and Micellaneous Organic ester. *In Modified Starches: Properties and Uses* (Wurzburg, O.B. eds.), CRC Press, FL, pp.55-77 (1986).
13. Fleche, G.: Chemical modification and degradation of starch. *In Starch Conversion Technology* (Van Beynum, G.M. A. and Roles, J.A. eds.), Marcel Dekker, Inc., New York, pp.73-99 (1985).
14. Hoseney, R.C.: Principles of Cereal Science and Technology. Chapter 2 Cereal Starch, AACC Inc., pp.33-68 (1986).
15. 김향숙, 이영은: 가교결합 감자 전분의 호화특성과 형태학적 변화. 한국식품과학회지, **28**, 580-586 (1996).
16. 육철, 백운화, 박관화: 하이드록시프로필화 옥수수 전분의 이화학적 특성. 한국식품과학회지, **23**, 175-182 (1991)
17. Swinkel, J.J.M.: Source of Starch, its Chemistry and Physics. *In Starch Conversion Technology* (Van Beynum, G. M.A. and Roles, J.A. eds.) Marcel Dekker, Inc. New York, pp.15-46 (1985).
18. 정승현, 신건진, 최춘원: 옥수수, 고구마, 감자, 소맥, 녹두 전분의 이화학적 성질 비교. 한국식품과학회지, **23**, 272-275 (1991).
19. 정만곤, 전영승, 이서구, 박종문, 임번삼: 찰옥수수 산화전분의 이화학적 특성. 한국식품과학회지, **30**, 42-48 (1998).
20. 이신경, 신말식: 탈지와 지방질 첨가에 따른 고구마 전분의 특성. 한국식품과학회지, **23**, 341-348 (1991).