

OSA-감자 덱스트린의 구조 및 유화 특성 연구

한유진 · 이순희 · 한정아*
상명대학교 외식영양학과

Structural and emulsification properties of octenyl succinylated potato dextrin upon different preparation methods

Yu-Jin Han, Shun Ji Li, and Jung-Ah Han*

Department of Foodservice Management and Nutrition, Sangmyung University

Abstract Octenyl succinylated (OSA) potato starch was dextrinized by two methods: ultrasound (at 25, 50, or 70°C for 1 h; OSA-25UT, OSA-50UT, and OSA-70UT, respectively) and acid hydrolysis (for 1 or 4 h; OSA-AD1H or OSA-AD4H, respectively), and the properties of the resulting starch were analyzed. The melting enthalpy of OSA-70UT decreased the most (from 14.0 to 10.0 mJ/mg), indicating chain degradation. For pasting properties, as ultrasound treatment temperature increased, peak viscosity decreased (2884, 2550, and 1888 cP, respectively), whereas acid hydrolysis increased peak viscosity and decreased pasting temperature. The relative crystallinity of OSA-dextrin produced by ultrasound or acid hydrolysis significantly decreased (from 33.61 to 14.90-26.03 and 19.28-20.05, respectively) as temperature or time increased, yet a B-type crystal pattern was maintained. Regarding emulsifying stability and sensory tests of mayonnaise prepared with OSA potato dextrin, mayonnaise with OSA-70UT was stable for short storage period (1 week), however mayonnaise with OSA-AD1H was the most suitable for long storage periods (from 2 to 4 weeks). In addition, the OSA-70UT was the most acceptable for mayonnaise in the sensory test.

Keywords: potato dextrin, ultrasound, acid hydrolysis, emulsifying stability, mayonnaise

서 론

녹말은 생분해성 고분자 물질로 가격이 저렴하고, 용도가 다양하여 식품뿐 아니라 산업분야 전반에 걸쳐서 사용되고 있는 천연 소재이다. 그러나, 녹말은 물에 용해되지 않고 호화 후 노화되는 특성이 있어서 식품분야에서 이용할 때는 다양한 방법으로 변성시켜 사용되고 있다. 여러 종류의 변성녹말 중에서, 옥테닐 석신산 녹말(octenyl succinated starch, OSA 녹말)은 녹말을 이루는 포도당의 주로 2번과 3번의 -OH기에 옥테닐기를 에스터 결합을 통하여 연결함으로써 분자 내에 소수성과 친수성을 동시에 가지게 되며(1), 이러한 특성 때문에 소스류, 푸딩 및 크림 등의 식품에서 유화제로 사용되어 왔다(2). 일반적인 계면 활성제와는 달리, OSA 녹말은 O/W 인터페이스에 강한 필름을 형성함으로써 재응집을 막을 수 있으며(3), 천연녹말에 비해 천천히 소화되어 당지수(GI, glycemic index)를 낮추는 효과도 보고되었고(4), 저지방 식품제조 시 지방대체제로도 사용되어 왔다(5-7).

녹말을 분해하여 제조한 덱스트린은 가공식품에서 지방을 부

분 또는 완전 대체하여 사용될 수 있는데, 이는 덱스트린이 겔을 형성하거나 지방을 함유한 크림과 유사한 질감을 갖기 때문이다(8). 또한 수분결합능력이나 용해도가 증가하고 점성이 감소하면서 식품 이외에 종이, 섬유재료 등 다양한 산업분야에도 이용될 수 있다(9). 덱스트린 제조 방법으로는 효소 처리(10,11), 산 처리(5), 고온건조가열(6), 전자레인지 처리(12), 및 감마선 조사(13) 등이 사용되어 왔다. 또 다른 덱스트린 제조 방법으로 초음파 처리가 있는데, Jackson 등(14)은 초음파 처리는 진동으로 인해 팽윤된 녹말의 입자를 파괴하여 아밀로스과 아밀로펙틴을 용출시켜 녹말의 용해도를 증가시킨다고 보고하였고, Koo 등(15)은 녹두, 감자 그리고 쌀녹말 5% 현탁액에 초음파 처리를 했을 때, 초음파 처리 시간이 증가할수록 점도의 감소가 일어났다고 보고하였으며, You와 Lim(16) 등의 연구에서도 초음파 처리에 의한 아밀로펙틴의 사슬분해가 보고되었다.

감자는 전 세계적으로 옥수수, 밀, 쌀과 더불어 4대 주요작물의 하나이지만, 감자녹말은 다른 녹말에 비해 식품산업에서의 활용 가치가 많이 연구되지 않았기 때문에 다양한 식품소재로서의 활용도가 활발하게 연구되어야 할 필요가 있다. 특히, OSA-녹말에 대한 연구는 주로 옥수수(17), 쌀(18) 등의 곡류녹말을 소재로 많이 연구되어 왔으며 감자녹말을 대상으로 한 연구는 상대적으로 많지 않다. 따라서 본 연구에서는 녹말소재의 다양성 확보 및 감자의 소비확대를 위해 감자녹말에 OSA기를 도입 후, 초음파와 산 처리에 의해 OSA-덱스트린을 제조한 뒤, 제조된 시료의 구조 및 유화특성을 비교하여 새로운 식품소재로서의 특성을 살펴보고자 한다.

*Corresponding author: Jung-Ah Han, Department of Foodservice Management and Nutrition, Sangmyung University, Seoul 03016, Korea

Tel: 82-2-2287-5357

Fax: 82-2-2287-0104

E-mail: vividew@smu.ac.kr

Received September 5, 2016; revised October 3, 2016; accepted October 3, 2016

재료 및 방법

재료

감자는 강원도 평창의 농장에서 2014년 수확된 수미품종을 사용하였다. 무수 옥테닐 석신산(2-octen-1-succinic acid anhydride, OSA)은 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다.

감자녹말의 분리

녹말은 Liu 등(19)의 방법을 따라 분리하였다. 감자를 2-3 cm의 정육면체로 자른 후 20 mM 아황산수소소듐(sodium bisulfite)과 10 mM citric acid에 2시간 동안 침지하였다. 분쇄기를 이용하여 분쇄 후, 100 mesh체를 이용하여 펄프는 제거하고 여과된 녹말현탁액을 30분 상온에 두었다. 이 후, 상층액을 제거하고 증류수를 부어 잘 섞어준 후, 냉장고에 30분 보관 후 상층액을 제거하는 작업을 3번 반복하였다. 원심분리 후, 분리된 녹말을 회수하여 dry oven (C-DO02, ChangShin Scientific Co., Seoul, Korea) 40°C에서 24시간 동안 건조시킨 후, 100 mesh체를 이용하여 균일한 입자크기를 갖도록 체 친 뒤, 밀봉하여 보관하였다.

OSA-감자녹말의 제조

OSA-감자녹말은 Han과 BeMiller(4)의 방법을 참고하여 제조하였다. 분리한 감자녹말에 증류수를 혼합하여 45%의 현탁액을 만든 후 1 M 수산화소듐(NaOH)을 사용하여 pH 8.5-9.0로 조절한 후, 이 pH를 유지하면서 녹말의 3%에 해당하는 OSA를 2시간 동안 천천히 반응시켰다. 반응이 완료된 후 1 N 염산(HCl)을 사용하여 pH가 6.5-7.0이 되도록 조절 한 다음, 700×g의 속도로 15분간 원심분리(Supra 22K, Hanil Science Industrial Co., Seoul, Korea)하여 상층액을 제거하였다. 침전물에 증류수를 붓고 3회 추가 원심분리하여 씻어준 뒤, 40°C에서 24시간 건조시키고 100 mesh체를 이용하여 균일한 입자크기를 갖도록 하였다.

OSA-텍스트린 제조를 위한 초음파 처리

반응이 끝나고 중화된 OSA-감자녹말 45% 분산액을 초음파 처리기(Branson 5510 DTH, Branson Ultrasonics Corp., Dan-bury, CT, USA)에서 온도를 달리하여(25, 50, 70°C) 1시간 동안 반응시킨 뒤, 원심분리기를 사용하여 700×g의 속도로 15분간 원심분리하여 상층액을 제거하였다. 침전물을 증류수로 3회 추가 원심분리하여 세척한 후, 40°C에서 24시간 건조시키고 100 mesh체를 이용하여 균일한 입자크기를 갖도록 하였다.

OSA-텍스트린 제조를 위한 산 가수분해

Thirathumthavorn과 Charoenrein(18)의 방법에 따라 OSA 감자녹말에 1 N 염산을 첨가하여 40% 용액을 만들어 10분 동안 잘 섞어준 후, 25°C에서 각각 1시간, 4시간 동안 반응시켰다. 반응이 끝난 후, 1 N 수산화소듐을 첨가하여 pH를 6.5로 조절한 후, 원심분리(700×g, 15분)하여 상층액을 제거하였다. 침전물을 증류수로 3회 추가 원심 분리하여 세척한 후, 40°C에서 24시간 건조시키고 100 mesh체를 이용하여 균일한 입자크기를 갖도록 하였다.

페이스팅 점도특성 분석

제조한 OSA 텍스트린의 점도를 측정하기 위해 5% 분산액을 신속점도측정기(RVA Newport Scientific, Sydney, Australia)를 사용하여 측정하였으며, 측정조건으로는 50°C에서 1분간 유지 후, 95°C까지 1분당 9°C의 속도로 가열 후, 95°C에서 5분간 유지하

였다. 이 후, 50°C까지 1분 당 9°C의 속도로 냉각한 후 50°C에서 2분간 유지하면서 측정하였다.

호화특성 분석

OSA-감자 텍스트린의 호화 특성은 시차주사열량계(DSC 6100, Seiko Instruments, Chiba, Japan)를 이용하여 호화개시온도(onset temperature, T_o), 호화종결온도(conclusion temperature, T_c), 그리고 호화엔탈피(ΔH)를 측정하였다. 각 샘플은 알루미늄 DSC 펜에 시료 2.5 mg과 7.5 μ L의 증류수를 첨가 후 즉시 밀봉하여 상온에서 1시간 동안 방치하였다. 녹말의 용점은 10°C/min의 속도로 25°C에서 160°C까지 가열하여 측정하였다.

환원당 함량 분석

초음파 또는 산 가수분해에 의한 녹말 사슬의 분해 정도는 Somogyi-Nelson법(20)을 이용하여 환원당 함량으로 측정하였다.

결정구조 분석

제조한 OSA 감자텍스트린의 결정 구조는 CuK_{α} radiation ($\alpha=1.54056\text{\AA}$)과 target 전압 및 전류가 40 kV, 30 mA인 조건에서 X선 회절장치(Philips PW 3020, Eindhoven, Netherlands)를 사용하여 분석하였다. 상대적 결정도(relative crystallinity)는 결정형 영역과 무정형 영역의 면적의 비율로 계산하였다(21).

OSA-감자 텍스트린의 유화 특성 비교

시료 3 g, 물 20 mL, 옥수수기름 20 mL를 균질기(IKA T25 Digital Ultra-Turrax, Staufen, Germany)를 사용하여 50 mL 비커에 1,790×g로 10분 동안 균질화 시킨 후, 100 mL 메스실린더에 옮겨 실내온도에서 24시간 방치 후 총 부피에서 분리된 용액의 양을 측정하여 유화안정성을 비교하였다.

유화안정성(Emulsion Stability, %)

$$= \left(1 - \frac{\text{분리된 기름층의 부피}}{\text{유화액 내 기름층의 총 부피}} \right) \times 100$$

소비자 기호도 검사와 저장 중 마요네즈의 유화안정성 비교

마요네즈의 제조를 위해 40 g의 카놀라기름과 설탕 3 g, 소금 0.8 g, 겨자 0.5 g을 넣고 믹서기로 1분간 섞은 후 노른자위 5g을 혼합한 마요네즈를 대조군으로, 노른자위 3.75g을 OSA 텍스트린으로 대체하여 제조한 마요네즈를 실험군으로 하여 재료를 3분 동안 유화시켰다. 이 후 식초 2g을 넣고 1분 동안 섞어 마요네즈를 제조한 후, 20-30대 30명을 대상으로 소비자 평가를 실시하였다. 시료는 당일 제조하여 종이컵 70 mL 높이의 50%를 채워서 제공하였으며 시료 간 평가 시 물로 입을 헹군 후 실시하도록 하였다. 관능검사의 항목은 전반적인 기호도(overall acceptability), 색(color), 향(flavor), 덜 느끼한 정도(less oily taste), 질감(texture)의 총 5항목을 7점 척도법(최고 7점: 매우 좋다, 최하 1점: 매우 싫다)으로 표시하도록 하였다. 제조한 마요네즈는 메스실린더에서 상온에서 4주간 보관하면서 저장기간에 따른 부피의 변화로 유화안정성을 비교하였다.

통계분석

모든 실험은 3회 이상 반복 측정하였고 실험결과는 SPSS (Statistical Package for Social Sciences, version 20.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며 각 시료간의 유의적 차이가 있는 항목에 대해서는 던칸의 다

Table 1. Thermal properties and reducing sugar of OSA-potato dextrin prepared by ultrasound or acid hydrolysis

Samples	Thermal properties				Reducing sugar ($\mu\text{g/mL}$)
	T_0	T_c	T_c-T_0	ΔH (mJ/mg)	
Native	64.33 ^a	72.00 ^b	7.67 ^c	14.00 ^a	2.98 ^d
OSA	61.02 ^c	73.00 ^b	11.98 ^b	14.33 ^a	2.94 ^d
OSA-25UT ¹⁾	62.31 ^b	72.00 ^b	9.69 ^b	14.67 ^a	3.21 ^c
OSA-50UT	62.67 ^b	72.67 ^b	10.00 ^b	15.33 ^a	3.69 ^b
OSA-70UT	61.33 ^c	78.67 ^a	17.34 ^d	10.00 ^b	3.91 ^a
OSA-AD ²⁾ 1H	60.00 ^d	69.67 ^c	9.67 ^b	15.67 ^a	3.07 ^d
OSA-AD4H	60.67 ^d	70.00 ^c	9.33 ^b	15.67 ^a	3.74 ^b

1) means ultrasound treatment, 2) means acid degradation. Different letters (a-d) within a column mean significant difference ($p < 0.05$)

중범위검정(Duncan's multiple range test)로 $p < 0.05$ 수준에서 유의 차를 검정하였다.

결과 및 고찰

환원당 함량 및 호화특성

OSA 녹말 제조 시, 본 실험과 유사한 조건, 즉 pH 8-9, 녹말 농도 45%에 OSA의 농도가 3%인 경우, 치환도(degree of substitution, DS)는 0.0164로 보고된 바 있으며(22), 35%의 녹말농도에서는 0.016 - 0.019로 보고되고 있다(23,24). 따라서 본 연구에서 제조한 OSA녹말의 치환도도 유사한 수준일 것으로 생각된다.

초음파 또는 산 처리를 통해 감자녹말의 글루코스 사슬이 분해되어 텍스트린화 되었는지는 Table 1에 제시된 바와 같이 환원당 함량을 측정하여 확인하였다. 대조군인 감자녹말과 OSA-감자녹말은 2.94-2.98 $\mu\text{g/mL}$ 로 유사한 환원당 함량을 보였으며 초음파 처리나 산 처리에 의해 유의적으로 환원당 값이 증가하면서 녹말사슬이 분해 되었음을 나타내었다. 특히, 70°C에서 초음파 처리한 녹말은 3.91 $\mu\text{g/mL}$ 로 가장 높은 값을 보여 사슬분해가 가장 많이 일어났음을 알 수 있다.

감자녹말과 제조한 OSA-텍스트린의 호화특성은 Table 1에 나타나 있다. 감자녹말의 호화개시온도는 64.33°C이었으며 OSA기의 치환 이후 호화온도가 61.02°C로 유의적으로 감소함을 보였는데, 이는 녹말에 부피가 큰 소수성 OSA기의 도입되면 녹말구조의 유연성이 증가되면서 호화온도가 감소된다는 보고(13,25)와 일치하는 경향을 보였다. 25, 50°C에서 초음파 처리한 OSA-텍스트린(OSA-25UT, OSA-50UT)은 OSA녹말보다 다소 높아졌으나, 70°C에서 초음파 처리한 시료(OSA-70UT)와 산 처리로 텍스트린(dextrin)화한 시료(OSA-AD)의 경우 각각 61.33과 60.00-60.67°C로 유의적으로($p < 0.05$) 감소하였다. 호화종결온도의 경우는 감자녹말, OSA-감자녹말, 25°C와 50°C에서 각각 초음파 처리한 OSA-텍스트린 시료 간 차이가 없었으나, 산 처리한 시료의 경우 유의적으로 감소하였다. 산 처리 텍스트린은 호화 피크(peak)의 위치는 낮은 온도쪽으로 이동하여 쉽게 호화되는 특성을 보였으나 산 처리 시간에 따른 시료간 차이는 없었다. 70°C에서 초음파 처리한 시료는 호화종결온도가 78.64°C로 크게 증가하였으며, 이로 인해 결정의 이질성을 나타내는 T_c-T_0 값이 17.34로 가장 크게 나타났다. 녹말의 결정성 내에 존재하는 이중나선 구조를 붕괴하는데 필요한 에너지를 나타내는 호화엔탈피는(26) 70°C에서 초음파 처리한 경우만 크게 감소하였고 다른 시료간 유의적 차이($p < 0.05$)는 없었다. 초음파 처리는 녹말 입자에 균열, 기공, 손상 등에 영향을 미치며 A-타입(27), B-타입 녹말(28) 모두에 영향을 미치는데, 특히 A-타입의 옥수수나 쌀녹말 보다 B-타입의 감자녹말에

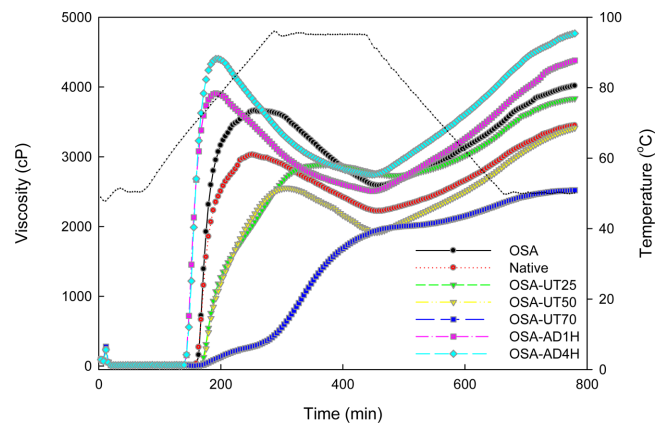


Fig. 1. Pasting properties of OSA-potato dextrin prepared by ultrasound or acid hydrolysis. UT means ultrasound treatment. AD means acid degradation.

서 더 큰 영향을 미친다는 보고가 있다(27). 즉, 초음파 처리에 의해 시료의 결정성이 서서히 파괴되면서 호화온도와 호화 엔탈피가 감소한다(29,30). 그러나, 본 실험에서는 일반 녹말이 아닌 OSA기를 도입한 녹말에 초음파 처리를 했을 때 호화온도의 감소가 나타났으나, 엔탈피는 70°C에서 초음파 처리한 시료에서만 유의적으로 감소하였다. 이는 거대분자인 OSA기의 도입에 의해 초음파와 같은 물리적 자극에 의한 녹말 사슬의 분해가 방해받는 것으로 추측할 수 있으나 고온에서의 극심한 초음파 처리 조건, 즉 70°C에서 처리 시, 녹말입자의 팽윤과 아밀로스의 용출 등이 일어나면서 보호역할이 감소되어 일부 녹말사슬의 분해가 일어난 것으로 해석할 수 있다. Han과 Lim(22)의 연구에서도 감마선조사(γ -irradiation) 처리한 OSA-찰쌀(waxy rice) 녹말에서 irradiation dose가 가장 높을 때 엔탈피가 크게 감소한다고 하여, 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였다. 산 처리 텍스트린의 경우, 시료의 호화개시온도는 크게 감소되었으나, 반응이 주로 무정형 영역에서 이루어지기 때문에 이중나선 구조에는 크게 영향을 미치지 않아 호화 엔탈피 값에는 변화가 없는 것으로 나타났다.

페이스팅 점도특성

OSA 처리 후 초음파에 의한 물리적 분해와 산 처리에 의한 화학적 분해를 유도한 시료의 페이스팅 점도 특성결과는 Fig. 1과 같다. OSA 감자녹말은 대조군인 감자녹말에 비해 페이스팅 양상은 비슷하였으나 점도가 증가한 경향을 보였다. 이는 거대한 OSA기의 도입으로 녹말사슬의 회합이 방해를 받으면서 녹말입자 내로 물이 쉽게 침투할 수 있게 되었기 때문이다(31). OSA-

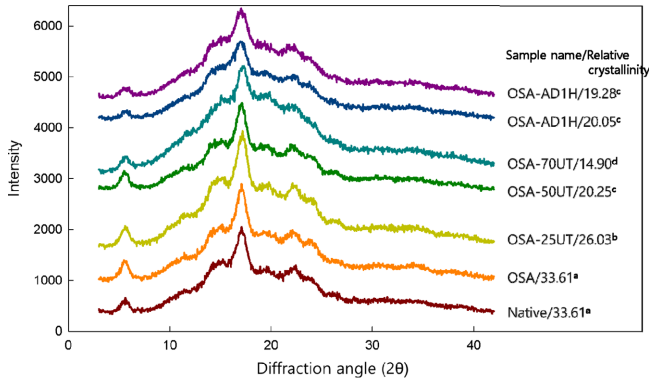


Fig. 2. X-ray diffraction patterns of OSA-potato dextrin prepared by ultrasound or acid hydrolysis. UT means ultrasound treatment. AD means acid degradation.

감자녹말에 초음파 처리를 한 텍스트린 시료는 호화개시온도(72.0-72.3°C)가 대조군인 감자녹말(70.7°C)보다 상승하였으나 초음파 처리 온도에 따른 유의적 차이는 없었으며, 산 처리한 시료의 호화온도는 대조군보다 유의적으로 낮았다(66.3-66.7°C). 피크시간(peak time)의 경우도 초음파 처리한 시료는 대조군에 비해 높았으나, 산 처리 시료는 대조군에 비해 크게 감소하였다. 산 처리에 의한 호화온도의 감소는 아밀로스 사슬의 분해 때문이며, 피크시간의 감소 역시 아밀로스 사슬의 분해로 인한 녹말 용해도의 증가가 원인이 될 수 있다(32).

초음파 처리한 OSA-텍스트린의 최고점도는 OSA-감자녹말의 값(3668 cP)에 비해 유의적으로 감소하였는데, 초음파 처리 온도가 25, 50 70°C로 높아질수록 점도는 반비례하여 2884, 2550, 그리고 1888 cP로 감소하였다. 최고점도의 감소는 일반적으로 아밀로펙틴 사슬의 분해에서 기인된다고 알려져 있기 때문에(33), 초음파 처리에 의해 아밀로스와 함께 아밀로펙틴 사슬이 일부 분해되면서 일어난 결과로 해석할 수 있다. 반면, OSA-감자녹말을 산 처리한 시료는 오히려 최고점도가 대조군보다 증가하였는데(3907.0-4410.5 cP), 산 가수분해는 주로 무정형 영역에서 먼저 일어나며 결정을 이루는 아밀로펙틴 사슬은 산 가수분해에 대한 저항성이 크기 때문에(34), 팽윤을 방해하는 아밀로스의 분해로 인해 최고점도가 증가한 것으로 보여진다. 70°C에서 초음파 처리한 시료의 경우 아밀로스, 아밀로펙틴 사슬의 심각한 분해로 인해 점도가 크게 감소하고, 전체적 페이스팅 양상도 크게 달라졌다. 녹말의 호화점도의 감소는 초음파 처리에 의해 파괴된 입자의 팽윤도가 감소하기 때문으로 설명할 수 있다.

결정구조 특성

감자녹말은 5.6°C와 17.1°C에서 강한 peak를 보이며 전형적인 B-타입의 X-선 회절분석을 보였고(Fig. 2), OSA-감자녹말도 감자녹말과 같은 B-타입의 결정형태를 보였다. 상대적 결정도(relative crystallinity)는 X-ray 회절도에서 결정성 영역과 무정형 영역의 면적의 비로 계산할 수 있는데(21), 초음파 처리된 OSA-텍스트린은 B-타입의 결정형태를 그대로 유지하였으나, 초음파 처리 온도가 높아질수록 상대적 결정도는 크게 감소하였다. 이는 초음파 처리가 A-타입의 옥수수녹말이나 B-타입의 감자녹말의 결정형태에는 영향을 미치지 않으나 결정도에는 영향을 미치는 것으로 보고된 결과들(35,36)과 일치하는 경향을 보였다. 70°C에서 초음파 처리한 텍스트린의 경우, 상대적 결정도는 감자녹말의 1/2 수준으로 크게 감소하였다. 산 처리에 의해 제조된 OSA-텍스트린 역

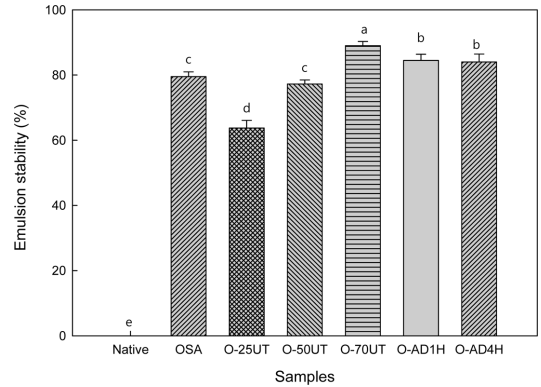


Fig. 3. Emulsion stability of OSA-potato dextrin prepared by ultrasound or acid hydrolysis. UT means ultrasound treatment. AD means acid degradation.

시 B-타입의 결정형태를 유지하였고, 감자녹말보다 상대적 결정도가 감소하였으나, 산 처리 시간에 따른 유의적 차이는 없었다. 이는 산 가수분해 시간이 증가할수록 녹말사슬의 지속적 분해가 일어난다는 보고(37)와는 다른 결과로, OSA기의 치환여부 및 산 처리 농도 및 온도 등의 조건의 차이에 따른 것으로 보여진다.

1시간 또는 4시간 산 처리에 의해 제조한 텍스트린은 50°C에서 1시간 초음파 처리한 텍스트린과 유사한 결정도를 보였다. 일반 녹말에 산 처리를 할 경우, 결정형태는 그대로 유지하면서 결정도는 증가하는 것으로 보고되고 있는데(38), 이는 산 가수분해 동안 무정형 영역에서 녹말 사슬의 재배치가 일어나면서 생기는 현상으로 설명되고 있다(39). 그러나 본 연구에서 무정형영역에 치환된 거대한 OSA기로 인해 산 처리 중 사슬의 재배치가 일어나기 어려울 것으로 생각되며 이로 인해 상대적 결정도가 감소한 것으로 설명할 수 있다.

유화 안정성 비교

OSA-텍스트린의 유화안정성의 결과는 Fig. 3에 나타나 있다. 24시간 유화 안정성을 측정한 결과, 가장 높은 유화안정성을 나타낸 시료는 70°C에서 1시간 초음파 처리한 텍스트린이었으며, 다음으로 산 가수분해 텍스트린이었고, 50°C에서 초음파 처리한 텍스트린과 OSA녹말, 25°C에서 초음파 처리한 텍스트린의 순으로 나타났다. 대조군인 감자녹말은 유화안정성이 없었다. OSA-녹말도 유화안정성이 있으나, 이를 초음파 또는 산 처리로 어느 정도 가수분해하여 텍스트린화한 경우 유화안정성이 증가하였으며, 25°C에서 1시간 처리하여 사슬분해가 크지 않은 경우 오히려 유화안정성이 감소하였다.

마요네즈의 저장특성

Ghazaei 등(40)은 OSA-감자녹말을 노른자위 대신 치환비율을 달리하여 첨가하여 마요네즈를 제조하고, 그 유화특성을 비교하였다. 실험 결과, 노른자위의 100%와 75%를 OSA-녹말로 대체한 마요네즈는 유화안정성이 우수하였으나, 25% 및 50% 대체 녹말은 유화안정성이 매우 낮았는데, 그 이유를 일부 대체된 OSA-녹말과 노른자위성분이 O/W계면에서 흡착경쟁을 하기 때문으로 설명하였다. Ghazaei 등(40)의 연구결과를 참고로, 노른자위의 75%를 OSA-텍스트린으로 대체하여 100 mL의 부피의 마요네즈를 제조하고, 상온에서 4주간 저장하면서 부피의 변화를 측정한 결과는 Fig. 4와 같다. 저장 1주일째에는 70°C에서 초음파 처리한 텍스트린 첨가 마요네즈가 가장 높은 저장안정성을 보였고, 50°C에서 초음파

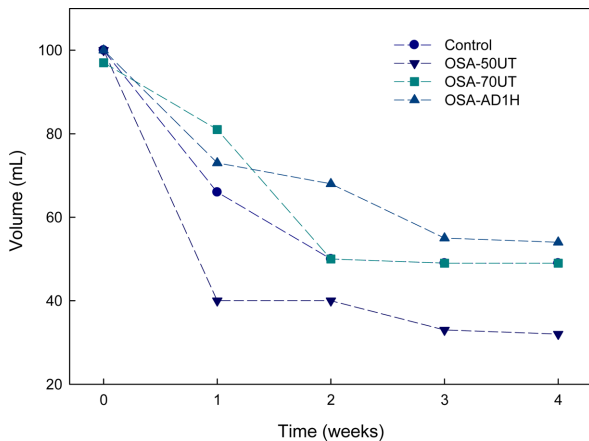


Fig. 4. Emulsion stability of mayonnaise containing OSA-potato dextrin. Control means mayonnaise made with egg yolk only. UT means ultrasound treatment. AD means acid degradation.

처리한 텍스트린 첨가 마요네즈가 가장 낮은 안정성을 보였다. 저장 2주일째에는 대조군인 노른자위첨가 마요네즈의 유화안정성이 크게 감소되었고, 저장 2·4주까지는 산 가수분해 1시간 처리한 OSA-텍스트린 첨가 마요네즈가 가장 높은 안정성을 보였다. 또한 저장 2·4주까지 노른자위첨가 마요네즈와 70°C에서 초음파 처리한 OSA-텍스트린 첨가 마요네즈의 저장안정성은 유사한 것으로 나타났다. 50°C에서 1시간 초음파 처리한 마요네즈의 경우, 저장 1주부터 4주까지 가장 낮은 유화안정성을 보였다.

소비자 기호도 검사

색, 맛, 덜 느끼함, 조직감, 그리고 전체적 선호도의 총 5가지 항목에서 관능검사를 실시한 결과는 Table 2에 제시되었다. 색이나 맛에서는 100% 노른자위 첨가 마요네즈나 75%를 OSA 녹말 또는 텍스트린으로 대체한 마요네즈간 유의적 차이가 없는 것으로 나타났다. 맛의 경우, OSA-녹말을 첨가한 마요네즈가 가장 느끼하다고 평가되었고, 다른 시료들 간에 유의적 차이는 없었다. 질감은 노른자위 100% 마요네즈가 가장 높은 점수를 받았으며, OSA-녹말첨가 마요네즈가 가장 낮은 값을 보였다. 전체적인 선호도에서는 70 또는 50°C에서 1시간 초음파 처리한 OSA-텍스트린 첨가 시료와 100% 노른자위첨가 마요네즈가 유의적 차이 없이 가장 높은 점수를 받았으며, OSA-녹말첨가 마요네즈의 선호도가 가장 낮았다.

요 약

본 연구에서는 감자의 소비증진 및 식품산업에서의 활용가치

를 높이기 위해 OSA기를 도입한 감자텍스트린을 제조하고, 텍스트린의 구조 및 물리적 특성과 실제 마요네즈 적용가능성을 살펴 보았다. 호화개시온도는 초음파 처리한 시료와 산 가수분해 시료에서 유의적으로 감소하였으며, 호화 엔탈피 값은 70°C에서 초음파 처리한 시료에서만 유의적으로 크게 감소하였다. 페이스팅 점도특성은 초음파 처리 온도가 높아질수록 최고 점도는 감소하였으나, 산 처리 녹말에서는 오히려 최고점도가 증가하는 결과를 보였다. 감자녹말과 OSA-텍스트린 모두 B-타입의 결정도를 보였으나, 초음파 처리 온도가 높아질수록 상대적 결정도는 크게 감소하였고, 산 가수분해로 제조한 OSA-텍스트린의 경우 산 처리 시간에 따른 유의적 변화는 없었으나 50°C에서 초음파 처리한 시료와 유사한 결정도를 보였다. OSA-녹말 또는 OSA-텍스트린의 유화안정성은 70°C에서 1시간 초음파 처리하여 제조한 시료가 가장 높았고, 산 가수분해 텍스트린>50°C에서 초음파 처리한 텍스트린= OSA-녹말>25°C에서 초음파 처리한 텍스트린의 순이었다. OSA-텍스트린을 노른자위의 75%대체하여 제조한 마요네즈의 관능적 특성결과 색이나 맛에서는 모든 시료간 유의적 차이가 없었다. 전체적인 선호도에서는 노른자위첨가 마요네즈와 50 또는 70°C에서 1시간 초음파 처리한 OSA-텍스트린 첨가 시료 간에 유의적 차이가 없었으며, OSA-녹말첨가 마요네즈가 가장 낮은 점수를 받았다. 마요네즈의 유화안정성을 4주간 실험한 결과 1주 후에는 70°C에서 초음파 처리한 텍스트린 첨가 마요네즈가, 2주 후부터는 1시간 산 가수분해하여 제조한 텍스트린 첨가 마요네즈가 가장 높은 유화안정성을 보였으며, 2·4주까지는 노른자위첨가 마요네즈와 70°C에서 초음파 처리한 OSA-텍스트린 첨가 마요네즈가 유사한 안정성을 보였다. 반면, 50°C에서 초음파 처리한 OSA-텍스트린 첨가 마요네즈의 안정성은 저장기간 내내 가장 낮았다. 본 실험결과 OSA-감자녹말을 초음파 및 산 처리에 의해 제조한 텍스트린은 OSA-녹말보다 유화력이 우수하였으며, 특히 70°C에서 1시간 초음파 처리한 텍스트린의 경우 노른자위를 대체하여 마요네즈나 저지방, 저콜레스테롤 식품제조에 다양하게 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2016R1A2B1012181).

References

1. Tesch S, Gerhards C, Schubert H. Stabilization of emulsions by OSA starches. *J. Food Eng.* 54: 167-174 (2002)
2. Liu Z, Li Y, Cui F, Ping L, Song J, Ravee Y, Wang, Y. Production of octenyl succinic anhydride-modified waxy corn starch and its characterization. *J. Agr. Food Chem.* 56: 11499-11506 (2008)

Table 2. Sensory evaluation of mayonnaise by substitution of egg yolk with OSA dextrin

Samples	Sensory properties				
	Overall acceptability	Color	Taste	Less oily taste	Texture
Control (Egg yolk100%)	4.12 ^a	4.92 ^{ns}	4.08 ^{ns}	4.20 ^a	5.36 ^a
OSA	3.44 ^c	4.60	3.24	3.08 ^b	3.68 ^c
OSA-50UT ¹⁾	4.20 ^a	4.04	4.12	4.28 ^a	3.84 ^{bc}
OSA-70UT	4.28 ^a	4.32	3.56	4.12 ^a	4.12 ^b
OSA-AD ²⁾ 1H	3.80 ^b	4.60	3.68	4.24 ^a	4.08 ^b

1) means ultrasound treatment, 2) means acid degradation. Different letters (a-d) within a column mean significant difference ($p < 0.05$). NS, not significant

3. Bhosale R, Singhal R. Process optimization for the synthesis of octenyl succinyl derivative of waxy corn and amaranth starches. *Carbohydr. Polym.* 66: 521-527 (2006)
4. Han JA, BeMiller JN. Preparation and physical characteristics of slowly digesting modified food starches. *Carbohydr. Polym.* 67: 366-374 (2007)
5. Cho SJ, Lim SH, Park HJ, Hwang HJ, Lim ST. Physical properties of octenyl succinylated corn amyloextrins as fat replacers in mayonnaise. *Food Sci. Biotechnol.* 8: 322-328 (1999)
6. Chung HJ, Lee SE, Han JA, Lim ST. Physical properties of dry-heated octenyl succinylated waxy corn starches and its application in fat-reduced muffin. *J. Cereal Sci.* 52: 496-501 (2010)
7. Wu Y, Kang J, Chen X. Study on the applications of OSA modified potato starch in ice cream. *Food Sci. Technol.* 10: 228-237 (2006)
8. Alexander RJ. Maltodextrins: Production, properties and applications. pp. 233-275. In: *Starch Hydrolysis Products: Worldwide Technology, Production, and Applications*. Schenck FW, Hebeda RE (eds.), VCH Publishers, New York, NY, USA (1992)
9. Kang IJ, Byun MW, Yook HS, Bae CH, Lee HS, Kwon JH, Chung CK. Production of modified starch by gamma irradiation. *Radiat. Phys. Chem.* 54: 425-430 (1999)
10. Miao M, Xiong S, Jiang B, Jiang H, Cui SW, Zhang T. Dual-enzymatic modification of maize starch for increasing slow digestion property. *Food Hydrocolloid.* 38: 180-185 (2014)
11. Xu Y, Huang Q, Fu X, Jane JL. Modification of starch octenylsuccinate by β -amylase hydrolysis in order to increase its emulsification properties. *Food Hydrocolloid.* 48: 55-61 (2015)
12. Matsumoto A, Tsubaki S, Sakamoto M, Azuma JI. A novel saccharification method of starch using microwave irradiation with addition of activated carbon. *Bioresource Technol.* 102: 3985-3988 (2011)
13. Han JA, Lim ST. Effect of γ -irradiation on pasting and emulsification properties of octenyl succinylated rice starches. *Carbohydr. Polym.* 90: 1480-1485 (2012)
14. Jackson DS, Choto-Owen C, Waniska RD, Rooney LW. Characterization of starch cooked in alkali by aqueous high performance size-exclusion chromatography. *Cereal Chem.* 65: 493-496 (1988)
15. Koo MC, Moon TW, Kim H, Chun JK. Physicochemical properties of sonicated mung bean, potato, and rice starches. *Cereal Chem.* 79: 631 (2002)
16. You SG, Lim ST. Molecular characterization of corn starch using an aqueous HPSEC-MALS-RI system under various dissolution and analytical conditions. *Cereal Chem.* 77: 303-308 (2000)
17. Wang YJ, Wang LF. Characterization of acetylated waxy maize starches prepared under catalysis by different alkali and alkaline-earth hydroxides. *Starch/Stärke* 54: 25-30 (2002)
18. Thirathumthavorn D, Charoenrein S. Thermal and pasting properties of native and acid-treated starches derivatized by 1-octenyl succinic anhydride. *Carbohydr. Polym.* 66: 258-265 (2006)
19. Liu Q, Weber E, Currie V, Yada R. Physicochemical properties of starches during potato growth. *Carbohydr. Polym.* 51: 213-221 (2003)
20. Somogyi MA. Notes on sugar determination. *J. Biol. Chem.* 195: 19-23 (1952)
21. Nara S, Mori A, Komiya T. Study on relative crystallinity of moist potato starch. *Starch/Stärke* 30: 111-114 (1978).
22. Han JA, Lim ST. Effect of γ -irradiation on pasting and emulsification properties of octenyl succinylated rice starches. *Carbohydr. Polym.* 90: 1480-1485 (2012)
23. Hui R, Chen QH, Fu ML, Xu Q, He GQ. Preparation and properties of octenyl succinic anhydride modified potato starch. *Food Chem.* 114: 81-86 (2009)
24. Zhang B, Huang Q, Luo FX, Fu X, Jiang HX, Jane JL. Effects of octenyl succinylation on the structure and properties of high-amylose maize starch. *Carbohydr. Polym.* 84: 1276-1281 (2011)
25. Lawal OS. Succinyl and acetyl starch derivatives of a hybrid maize: Physicochemical characteristics and retrogradation properties monitored by differential scanning calorimetry. *Carbohydr. Res.* 339: 2673-2682 (2004)
26. Gidley MJ, Bulpin PV. Crystallization of malto-oligosaccharides as models of the crystalline forms of starch: Minimum chain length requirement for the formation of double helices. *Carbohydr. Polym.* 13: 291-300 (1987)
27. Sujka M, Jamroz J. Ultrasound-treated starch: SEM and TEM imaging, and functional behaviour. *Food Hydrocolloid.* 31: 413-419 (2013)
28. Gallant D, Degrois M, Sterling C, Guilbot A. Microscopic effects of ultrasound on the structure of potato starch preliminary study. *Starch/Stärke* 24: 116-123 (1972)
29. Jambrak AR, Herceg Z, ubari D, Babi J, Brni M, Brni SR, Gelo J. Ultrasound effect on physical properties of corn starch. *Carbohydr. Polym.* 79: 91-100 (2010)
30. Yu S, Zhang Y, Ge Y, Zhang Y, Sun T, Jiao Y, Zheng XQ. Effects of ultrasound processing on the thermal and retrogradation properties of non waxy rice starch. *J. Food Process Eng.* 36: 793-802 (2013)
31. Bao J, Xing J, Phillips DL. Physical properties of octenyl succinic anhydride modified rice, wheat, and potato starches. *J. Agr. Food Chem.* 51: 2283-2287 (2003)
32. Deschreider AR. Changes in starch and its degradation products on irradiating wheat flour with gamma rays. *Starch/Stärke* 12: 197 (1960)
33. Tester RF, Morrison WR. Swelling and gelatinization of cereal starches. I. Effects of amylopectin and amylose, and lipids. *Cereal Chem.* 67: 551-557 (1990)
34. Banks W, Greenwood CT. *Starch and its components*. Halsted Press, New York, NY, USA. pp. 309-325 (1975)
35. Zhu J, Li L, Chen L, Li X. Study on supramolecular structural changes of ultrasonic treated potato starch granules. *Food Hydrocolloid.* 29: 116-122 (2012)
36. Zheng J, Li Q, Hu A, Yang L, Lu J, Zhang X, Lin, Q. Dual-frequency ultrasound effect on structure and properties of sweet potato starch. *Starch/Stärke* 65: 621-627 (2013)
37. Biliaderis CG, Grant, DR, Vose JR. Structural characterization of legume starches. II. Studies on acid-treated starches. *Cereal Chem.* 58: 502-507 (1981)
38. Robin JP, Mercier, C., Charbonniere R, Guilbot A. Lintnerized starches. Gel filtration and enzymatic studies of insoluble residue from prolonged acid treatment of potato starches. *Cereal Chem.* 51: 398-406 (1974)
39. Kainuma K, French D. Naegeli amyloextrin and its relationship to starch granule structure. II. Role of water in crystallization of Bstarch. *Biopolymers* 11: 2241-2250 (1972)
40. Ghazaei S, Mizani M, Piravi-Vanak Z, Alimi M. Particle size and cholesterol content of a mayonnaise formulated by OSA-modified potato starch. *Food Sci. Technol.* 35: 150-156 (2015)