

연구노트

전분 나노입자 첨가가 휘핑크림 품질특성에 미치는 영향

신혜영¹ · 최희돈² · 홍정선² · 신경원¹ · 김중예^{1,*}

¹강원대학교 식품생명공학과, ²한국식품연구원 가공공정연구단

Effect of starch nanoparticle on the quality characteristics of whipped cream

Hye-Young Shin¹, Hee-Don Choi², Jung Sun Hong², Kyeong Won Shin¹, and Jong-Yea Kim^{1,*}

¹Department of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University

²Research Group of Food Processing, Research Division of Strategic Food Technology, Korea Food Research Institute

Abstract This study was performed to investigate how the addition of starch nanoparticles prior to whipping could affect the quality characteristics and stability of full-fat dairy cream. Starch nanoparticles were prepared by dry heating under mildly acidic conditions and added to dairy cream as amount of 1, 3, and 5% (w/w). The whipped cream's storage stability, viscosity, overrun, and droplet size were investigated in combination with various starch nanoparticle contents. The storage stability and apparent viscosity increased in parallel with the increasing starch nanoparticle content compared to the control. The mean size and homogeneity of the droplets in the whipped cream increased with higher starch nanoparticle addition levels. Even though the whipped cream overrun was reduced by the addition of starch nanoparticles, the 1% addition level exhibited a similar overrun value as the control.

Keywords: whipped cream, dairy cream, starch nano-particle, storage stability

서 론

휘핑크림이란 크림에 물리적 충격을 주어 기포를 크림 속으로 투입시켜 보형성을 갖게 한 O/W 에멀전을 뜻하며 다양한 디저트와 케이크의 장식 등에 사용된다. 휘핑크림은 구성성분에 따라 유제품 크림(dairy cream), 비유제품 크림(non-dairy cream), 유지방과 오일이 혼합된 크림의 3가지로 분류할 수 있다. 휘핑크림(유제품 크림)은 지방 함량, 휘핑 조건, 안정제와 유화제의 종류에 의하여 구조적 특성에 영향을 받게 되는데 휘핑크림은 보통 18% 이상의 크림을 함유하고 있고, 라이트 휘핑크림은 30-36%의 유지방을, 헤비 휘핑크림은 36% 이상의 유지방을 함유하고 있다 (Amiri 등, 2018; Bruhn과 Bruhn, 1988; Wang 등, 2013). 휘핑크림은 물리적 특성, 휘의 생산성, 생산 공정 중의 안정성을 향상시키는 방향으로 개발되어 왔으며, 휘핑크림에는 적당한 오버런, 즉 기포성과 양호한 수준의 보형성 그리고 내수송성, 내열성이 요구된다. 유제품 크림은 비유제품 크림에 비해 맛이 좋으나 보형성이 좋지 않고, 가격이 비싸기 때문에 식물성 유지를 배합하거나 안정제, 유화제를 첨가하여 사용한다(Shim 등, 2004). 대표적으로 사용되는 유화제에는 mono-와 di-glyceride, alginate, carrageenan, gelatin 등이 있다(Nesaretnam 등, 1993).

전분은 친환경적이고 저렴하며 생분해성, 재생가능한 고분자 탄수화물 소재로, 겔화, 농축 및 안정제와 같은 다양한 기능성으

로 인해 식품, 의약품 및 화장품 등의 다양한 산업에서 널리 사용되고 있다. 전분은 여타 많은 다당류와 같이 낮은 계면활성도를 나타내어 유화제보다는 점증제 또는 식품 에멀전의 안정제로 자주 사용된다(Ye 등, 2004). 하지만 Wang 등(2013)에 의하면 생전분의 경우 물리적으로 약하거나 쉽게 호화되고, 저장 중의 노화 및 이수, 낮은 pH 및 내열성 때문에 한계가 존재한다. 또한 최근 연구에 따르면 전분은 음료 에멀전에서 depletion flocculation을 통해 크림화 안정도를 떨어뜨리기 때문에 장기적인 안정성이 요구되는 에멀전을 제조할 때는 사용되기 어렵다(Hipp 등, 2002). 전분 입자는 무정형과 반결정형의 층이 번갈아 나타나는 중심이 같은 growth ring으로 이루어져 있는데, 반결정형 층의 결정 라멜라는 평행하게 뻗뻗한 아밀로펙틴의 이중사슬로 구성되어 있다. 그래서 물과의 상호작용이나 화학적 반응, 효소적 가수분해에 대해 덜 민감하게 반응한다(Wang 등, 2013). 비록 전분 과립은 효과적인 유화제로 사용될 수 없지만, 과립 크기가 작은 전분의 경우 피커링 에멀전(Pickering emulsion)을 형성할 수 있다는 보고가 있다(Li 등, 2013). 전분이 피커링 에멀전을 형성하기 위해서는 전분 입자의 크기가 에멀전의 액적보다 작아야 하므로(Xiao 등, 2016) 전분이 에멀전 형성을 위한 유화제로 활용되는데 있어서 전분 과립의 크기가 중요한 요소 중 하나이다.

본 연구에서는 휘핑크림을 위한 유화제로써 전분 나노입자의 활용가능성을 확인하고자 하였으며 이를 위하여 전분 나노입자 첨가량 따른 휘핑크림의 오버런 및 저장 안정성 변화를 분석하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 연구에 사용한 옥수수 전분은 삼양사(Seoul, Korea)에서 제공받았으며, 크림은 동원 F&B가 판매하는 덴마크 생크림 S를 지

*Corresponding author: Jong-Yea Kim, Kangwon National University, Chuncheon, Kangwon 24341, Korea
Tel: +82-33-250-6455
Fax: +82-33-259-5565
E-mail: jongkim@kangwon.ac.kr
Received May 29, 2020; revised June 10, 2020;
accepted June 10, 2020

역 마트에서 구입하여 사용하였다. 그 이외에 본 연구의 분석을 위하여 사용된 시약은 ACS 등급의 것을 사용하였다.

전분 나노입자 제조

Misken 등(2019)의 방법을 일부 수정하여 옥수수 전분을 나노입자로 제조하여 실험에 사용하였다. 전분 15 g을 30% 에탄올 용액 150 mL과 1 M HCl 0.8 mL에 넣고 1시간 동안 교반하였다. 감압기를 이용하여 필터 페이퍼로 여과한 후 드라이 오븐으로 35°C에서 12시간 동안 건조했다. 건조된 전분을 막자와 사발을 이용하여 갈고 No. 120체를 이용하여 체질하였다. 이후 130°C 드라이 오븐에서 2시간 반응시킨 후 10 g의 전분을 50% 에탄올 40 mL에 넣고 교반하며 0.1 N NaOH를 2 mL 첨가하여 중화하였다. 원심분리기(1580R, Labogene, Daejeon, Korea)를 이용하여(4,000 rpm, 10분) 50% 에탄올로 2회, 95% 에탄올로 1회 세척한 후 35°C에서 건조했다. 건조된 전분을 막자와 사발을 이용하여 갈고 No. 120체를 이용하여 체질하여 사용하였다.

휘핑크림 제조

사전 냉각된 비커를 500 g의 얼음이 담긴 불에 위치시킨 후, 비커에 생크림 200 g을 넣고 전분 나노입자를 2, 6, 및 10 g 첨가한 후 핸드 믹서(HM 3000, Braun, Frankfurter, Germany)를 이용하여 speed 5에서 5분간 교반하여 휘핑크림을 제조하였다.

저장 안정성(storage stability) 측정

Nesaretam 등(1993)의 방법을 사용하여 저장안정성을 측정하였다. 앞서 기술한 방법으로 휘핑크림을 제조한 직후 30°C에서 1, 2, 4, 8, 및 16 시간 동안 크림을 밀봉하여 저장하면서 크림에서 분리된 액체의 부피를 측정하였다.

겉보기 점도(apparent viscosity) 측정

앞서 기술한 방법으로 제조된 휘핑크림을 24시간 동안 실온에서 방치한 후 점도계(DV2TLVTJO, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleboro, MA, USA)를 이용하여 spindle 4로 0.5 rpm 조건에서 겉보기 점도를 측정하였으며 측정 후 1분이 지난 시점의 점도를 기록하였다.

입도분포 크기

앞서 기술한 바와 같이 휘핑크림을 제조한 후, 증류수 상에서 휘핑크림의 입도를 입도분포측정기(Mastersizer 3000, Malvern Ins. Ltd., Worchestershire, U.K)를 이용하여 측정하였다. 입도 측정 전 크림을 증류수에 균일하게 분산시키기 위하여 5 분 동안 초음파 처리 후 입자분포를 측정하였다.

전분 나노입자 첨가량에 따른 오버런(overrun) 측정

Wang 등(2013)의 방법을 사용하여 전분 나노입자 첨가량에 따른 휘핑크림의 오버런을 측정하였다. 크림 제조 직후 크림의 무게와 부피를 이용하여 무게 증가에 대한 부피 증가의 비례식으로 휘핑크림의 부피를 계산하였다.

$$o (\%) = (m_1 - m_2) / m_2 \times 100$$

m_1 : 휘핑크림이 없는 생크림의 무게

m_2 : 휘핑크림의 무게

통계처리

본 실험 결과들은 최소한 3번 이상 반복된 결과이며 평균값과

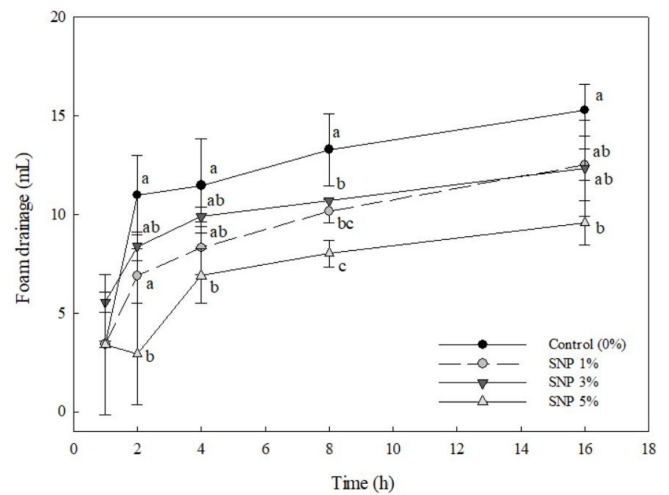


Fig. 1. Storage stability of whipped cream depending on addition level of starch nano-particle (SNP). Means with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

표준편차로 표시하였고 실험구 간의 평균 차이는 SPSS(Statistical package for the social science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램 ver. 21.0을 이용하여 분산분석($\alpha = 0.05$) 후 Duncan's multiple range test로 사후 검정하였으며, $p < 0.05$ 수준에서 유의성의 여부를 검증하였다.

결과 및 고찰

저장 안정성

Fig. 1은 전분 나노입자 첨가량 및 저장 시간에 따른 휘핑크림의 상 분리된 유지방의 함량을 도식한 것으로써 상 분리된 유지방 함량의 증가는 휘핑크림의 저장 안정성이 낮다는 것을 의미한다. 전분 나노입자를 첨가함에 따라 휘핑크림의 저장안정성이 향상된 것을 확인할 수 있었다. 식품 에멀전에 분산된 나노미터 크기의 고체입자가 에멀전 입자의 합일(coalescence)을 방지하기 위해 물리적 안정화에 기여하는 안정화 기작을 피커링(Pickering)이라 칭하며, 이 기작으로써 이뤄진 에멀전을 피커링 에멀전이라고 한다(Cho, 2012). 선행 연구 결과, 전분 나노입자는 피커링 에멀전의 형성과 안정성에 기여할 수 있었으며(Choi 등, 2020), 본 연구에서도 휘핑크림 내부에 있는 유허액의 안정성을 향상시킴에 따라 휘핑크림의 저장안정성이 향상되었다고 사료된다. 본 실험의 결과에 따르면 휘핑크림 대비 전분 나노입자를 5% 첨가했을 때 가장 좋은 효과를 나타내었지만, 1과 3% 나노 전분 첨가량과 비교할 때 유의적인 차이는 없었다. Zhai 등(2019), Shao 등(2018) 외 다수의 연구에서 역시 전분 기반의 나노입자가 에멀전의 안정제로 역할을 했다는 결과가 발표되었다. 특히, Ye 등(2004)의 연구에서는 전분 농도가 증가함에 따라 크림 안정도가 증가하는 경향을 보였고, Zhai 등(2019)의 연구에서 역시 전분 나노입자의 첨가량과 비례하여 유허액의 안정도가 증가함을 확인할 수 있었다.

점도 변화 및 액적(droplet) 크기

점도는 휘핑크림의 전체적인 품질과 기호도에 중요한 역할을 하기 때문에 휘핑크림의 중요한 품질지표 중 하나이다(Wang 등, 2013). 전분 나노입자의 첨가량에 따른 점도변화를 Fig. 2(A)에 도식화하였다. 전분 나노입자 첨가량이 증가할수록 크림의 점도

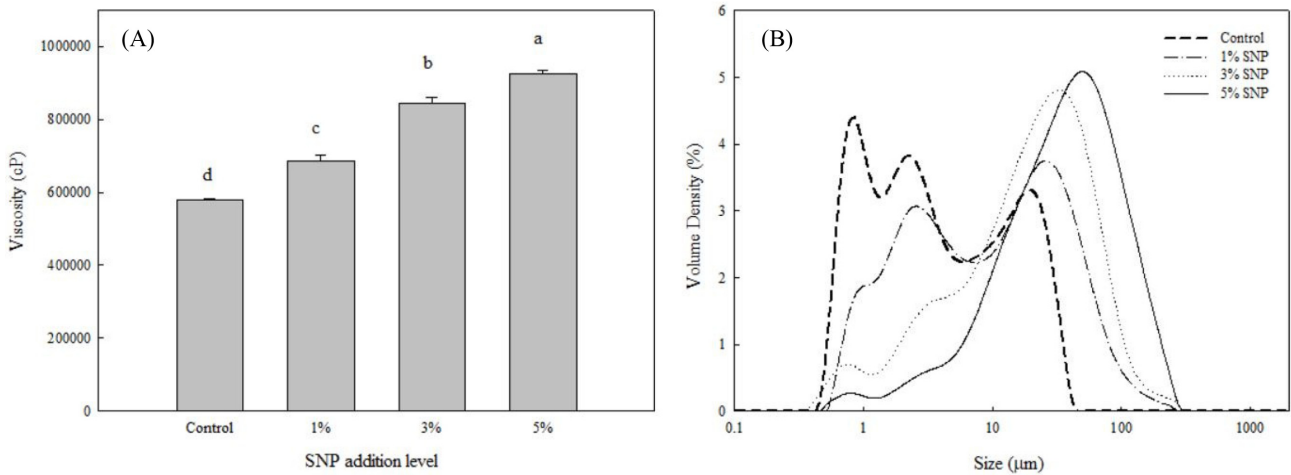


Fig. 2. Apparent viscosity (A) and particle size distribution (B) of whipped cream depending on addition level of starch nano-particle (SNP). Means with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

또한 상승하는 결과를 확인할 수 있었다. Wang 등(2013)의 연구에서 역시 micronized 전분입자의 첨가량이 증가할수록 크림의 점도가 높아지고 그에 따른 수분 이동성(mobility)이 감소하는 결과가 발표된 바 있었다. Regand와 Goff (2003)의 연구에서도 잔탄검이 크림에 첨가됨으로써 에멀전의 점도를 상승시키고 수분 mobility를 감소시킨 결과가 보고된 바 있다. 수중유적형 에멀전의 안정성은 연속상의 점도 증가와 관련이 있기 때문에 전분 나노입자 첨가에 따른 점도의 증가는 휘핑크림 저장 안정성 향상에 기여하였다고 사료된다(McClements 등, 2005). 본 결과에서는 유지방 휘핑크림에서 전분 나노입자가 증점제로써도 작용하였음을 확인할 수 있었다.

Fig. 2(B)는 전분 나노입자의 첨가량에 따른 휘핑크림 입도분포의 변화를 도식화하였다. 모든 실험구의 입자 크기는 $0.4 \mu\text{m}$ 에서 $500 \mu\text{m}$ 사이에 분포하고 있었고, 대조구와 1% 전분 나노입자 첨가구는 trimodal 양상의 입도분포를 나타내었고, 전분 나노입자 첨가량이 증가함에 따라 bimodal 양상의 입도분포를 나타내었다. 전분 나노입자를 첨가량이 증가함에 따라 액적의 크기가 점차 증가하는 추세를 보였으며 액적의 입자 분포 차이가 줄어들면서 점차 균일한 하나의 입자 분포를 이루었다. Wang 등(2013)의 연구에 의하면, micronized starch를 첨가한 휘핑크림에서 micronized starch를 첨가함으로써 입자 크기가 커지는 경향이 있었다. 잔탄검을 휘핑크림에 첨가함에 따라 휘핑크림의 점도가 증가하고 수분의 이동성이 제한되는데 이러한 변화에 따라 액적의 크기가 커지게 된다(Zhao 등, 2009). 마찬가지로 전분 나노입자 첨가로 인해 점도가 증가하고 수분의 이동성이 감소하여 더 큰 입자 크기를 형성하는 데 영향을 주었을 것이라고 사료된다.

오버런(Overrun)

오버런은 휘핑크림 내의 가스 보유량 및 비율을 나타내는 지표로써, 최대치의 오버런은 foam의 최대 안정성과 경도와 관련이 있다. 이 때 모든 공기방울은 유착된 지방구에 의해 포집되어 공기/슬러리 접점에서 고르게 분포되어 있다(Jakubczyk과 Niranjani, 2006). Fig. 3에서 전분 나노입자를 1, 3, 및 5% 첨가한 실험구와 전분 나노입자를 첨가하지 않은 실험구를 비교하였을 때, 첨가하지 않은 실험구와 1% 첨가한 실험구는 오버런 값에 유의적 차이가 없고, 3 및 5% 실험구에서는 유의적으로 오버런이 감소하

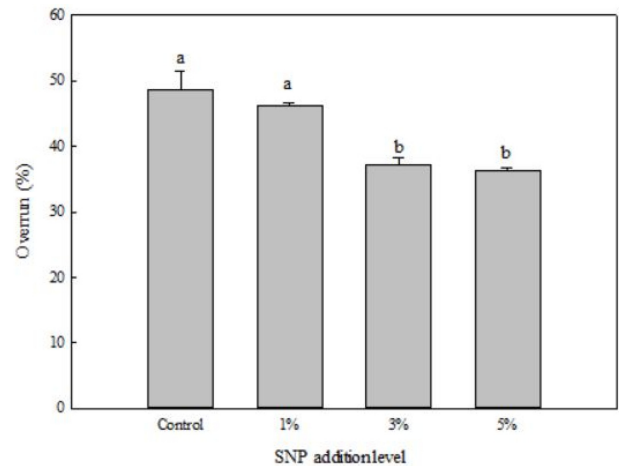


Fig. 3. Overrun of whipped cream depending on addition level of starch nano-particle (SNP). Means with different letters are significantly different ($p < 0.05$)

는 결과를 확인할 수 있었다. Zhao 등(2009)의 연구에서 휘핑크림에 잔탄검을 첨가하였을 때, 휘핑 시간이 증가하고 잔탄검을 첨가하면 thickening 효과로 인해 버블들이 잘 깨지지 않게 되어 오버런이 증가하였으나 첨가량의 따른 차이는 나타나지 않았다고 보고된 바 있다. Stanley 등(1996)의 연구에 따르면, 검류 등의 안정제의 첨가는 크림에서 점성을 높여 낮은 오버런을 유도하지만, 제품의 안정성을 높여 유상의 분리를 줄이는 효과를 줄 수 있다. 즉, 높은 점도는 foam 형성에 좋지 않지만 foam의 안정도에는 기여하는 것이다. 본 연구에서 역시 전분 나노입자의 첨가로 크림의 점성이 높아졌으며 이로 인하여, 오버런 값이 감소한 것이라고 사료된다.

요 약

본 연구를 통해 전분 나노입자의 첨가 유제품 휘핑크림의 품질특성에 미치는 영향과 휘핑크림의 안정성을 향상시키는 확인할 수 있었다. 전분 나노입자 첨가는 유화 액적의 계면을 안정화

시킴으로써 휘핑크림의 저장 안정성을 향상시킬 수 있었다. 전분 나노입자 첨가에 의한 휘핑크림의 점도 역시 증가하였고 이로 인하여 휘핑크림의 저장 안정성이 증가하였으며, 액적의 입도 크기 역시 증가하였다. 하지만 3% 이상 전분 나노입자를 첨가하였을 때 오버런은 감소하는 경향을 보였다. 본 연구결과에 따르면 1% 전분 나노입자를 휘핑크림에 첨가하였을 때 휘핑크림의 오버런에 주목할 만한 변화 없이 휘핑크림의 저장 안정성을 향상시킬 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2017년 강원대학교 대학회계 학술연구조성비로 연구하였습니다(관리번호 520170191). 또한 이 논문은 2020년도 과학기술정보통신부 재원으로 한국식품연구원의 지원(E0164800-05)을 받아 수행된 연구 성과입니다.

References

- Amiri A, Mousakhani-Ganjeh A, Torbati S, Ghaffarnejhad G, Esmailzadeh Kenari R. Impact of high-intensity ultrasound duration and intensity on the structural properties of whipped cream. *Int. Dairy J.* 78: 152-158 (2018)
- Bruhn CM, Bruhn JC. Observations on the whipping characteristics of cream. *J. Dairy Sci.* 71: 857-862 (1988)
- Cho WG. A recent research trends for food emulsions using pickering stabilization of nano-particle. *J. of Korean Oil Chemists' Soc.* 29: 238-247 (2012)
- Choi HD, Hong JS, Pyo SM, Ko E, Shin HY, Kim JY. Starch nanoparticles produced via acidic dry heat treatment as a stabilizer for a Pickering emulsion: Influence of the physical properties of particles. *Carbohydr. Polym.* 239: 116241 (2020)
- Hipp AK, Storti G, Morbidelli M. Acoustic characterization of concentrated suspensions and emulsions. 1. Model analysis. *Langmuir* 18: 391-404 (2002)
- Jakubczyk E, Niranjana K. Transient development of whipped cream properties. *J. Food Eng.* 77: 79-83 (2006)
- Li C, Li Y, Sun P, Yang C. Pickering emulsions stabilized by native starch granules. *Colloid Surface A.* 431: 142-149 (2013)
- McClements DJ. *Food emulsions: principles, practice, and techniques*, CRC Press, Boca Raton, FL, USA (2005)
- Miskeen S, Park EY, Kim JY. Controlled fragmentation of starch into nanoparticles using a dry heating treatment under mildly acidic conditions. *Int. J. Biol. Macromol.* 123: 810-816 (2019)
- Nesaretnam K, Robertson N, Basiron Y, Macphie CS. Application of hydrogenated palm kernel oil and palm stearin in whipping cream. *J. Sci. Food Agr.* 61(4): 401-407 (1993)
- Regand A, Goff HD. Structure and ice recrystallization in frozen stabilized ice cream model systems. *Food Hydrocolloid.* 17: 95-102 (2003)
- Shao P, Zhang H, Niu B, Jin W. Physical stabilities of taro starch nanoparticles stabilized Pickering emulsions and the potential application of encapsulated tea polyphenols. *Int. J. Biol. Macromol.* 118: 2032-2039 (2018)
- Shim SY, Ahn J, Kwak HS. Functional properties of cholesterol-removed compound whipping cream by palm oil. *Asian Austral. J. Anim.* 17: 857-862 (2004)
- Stanley DW, Goff HD, Smith AK. Texture-structure relationships in foamed dairy emulsions. *Food Res. Int.* 29: 1-13 (1996)
- Wang C, He XW, Huang Q, Fu X, Liu S. Physicochemical properties and application of micronized cornstarch in low fat cream. *J. Food Eng.* 116(4): 881-888 (2013)
- Xiao J, Li Y, Huang Q. Recent advances on food-grade particles stabilized Pickering emulsions: Fabrication, characterization and research trends. *Trends Food Sci. Tech.* 55: 48-60 (2016)
- Ye A, Hemar Y, Singh H. Flocculation and coalescence of droplets in oil-in-water emulsions formed with highly hydrolysed whey proteins as influenced by starch. *Colloid Surface B.* 38: 1-9 (2004)
- Zhai K, Pei X, Wang C, Deng Y, Tan Y, Bai Y, Zhang B, Xu K, Wang P. Water-in-oil Pickering emulsion polymerization of N-isopropyl acrylamide using starch-based nanoparticles as emulsifier. *Int. J. Biol. Macromol.*, 131: 1032-1037 (2019)
- Zhao QZ, Zhao MM, Yang B, Cui C. Effect of xanthan gum on the physical properties and textural characteristics of whipped cream. *Food Chem.*, 116: 624-628 (2009)