

알로에 겔 마이크로캡슐의 고농도 현탁액의 제조 및 특성

고 남 경 · 이 진 실 · 이 신 영 · 허 원[†]

강원대학교 공과대학 생물공학과
(2012년 10월 17일 접수, 2013년 1월 14일 수정, 2013년 2월 8일 채택)

Preparation and Characterization of Dense Suspension of Aloe Gel Microcapsule

Nam Kyung Go, Jin Sil Lee, Shin Young Lee, and Won Hur[†]

Department of Bioengineering and Technology, Kangwon National University,
192-1, Hyoja-dong, Chuncheon 200-701, Korea

(Received October 17, 2012; Revised January 14, 2013; Accepted February 8, 2013)

요약: 알로에 겔이 분산된 W/O 에멀전을 감압 건조하는 방법으로 분산상의 수분을 제거하여 알로에 겔 마이크로캡슐을 제조하였다. 마이크로캡슐은 미네랄오일로 세척하고 재현탁시켜 유화제를 제거한 후에도 안정적인 현탁액으로 유지되었으며, 내부가 균일하게 채워진 직경 $6.6 \mu\text{m}$ 이하인 구형 입자로 구성되어 있었다. 미네랄오일에 재현탁된 마이크로캡슐은 분율이 41% 이상에서 급격하게 점도가 증가하였고, 300 Pa 이상의 항복응력을 가진 전단유동화 특성을 나타내었으나, 틱소트로피는 뚜렷하게 관찰되지 않는 유변학적인 특성을 보였다. 오일에 현탁된 알로에 겔 마이크로캡슐의 분율이 높을수록 반고체의 특성이 증가하고 105 °C에서 15 min 동안 가열하여도 에멀전의 안정성이 유지됨을 경시적으로 관찰하였다. 따라서 알로에 겔 마이크로캡슐 현탁 크림을 기본 제형으로 다양한 종류의 알로에 겔 화장품의 개발이 가능할 것으로 예상된다.

Abstract: Aloe gel microcapsule was prepared by dehydrating dispersed aloe gel droplets in the form of W/O emulsion using a vacuum evaporator. The microcapsules remained in stable suspensions after washing with mineral oil and had a homogeneous spherical structure with diameter less than $6.4 \mu\text{m}$. The microcapsule suspension in mineral oil (> 41%) exhibited a step increase in viscosity and shear-thinning but not showed thixotropic behavior with a yield stress higher than 300 Pa. The dense suspension appeared to be semi-solid as the microcapsule fraction increases and to be stable after heat treatment at 105 °C for 15 min. In conclusion, the dense suspension composed of gel microcapsules is expected to provide a basic cosmetic formulation that can be applied to develop various types of aloe gel cosmetic products.

Keywords: aloe gel, microcapsule, cosmetic formulation, suspension rheology, cream base

1. 서 론

알로에 베라(*Aloe vera*) 겔은 고대부터 전통적으로 피부질환을 치료하거나 증상을 완화시키는 민간요법의 재료로 사용되어 왔으며[1], 1930년부터는 화상치

료 의약품으로 개발되어 사용되었다[2]. 최근에는 무작위, 이중맹검 및 위약대조 시험을 통한 임상연구에서도 알로에 겔은 자외선에 의하여 유도된 홍반의 염증을 완화시키는 효과를 나타내는 것으로 확인되었다[3]. Reynolds 등은 총설논문을 통하여 알로에 겔의 아세틸화된 만난의 염증조절 작용이 대부분의 치료효과의 주된 작용을 하는 것으로 보고하였다[4].

[†] 주 저자 (e-mail: wonhur@kangwon.ac.kr)

따라서 알로에는 과거부터 민간요법으로 피부질화 완화 및 보습유지에 사용되었을 뿐만 아니라 최근에는 과학적인 방법 및 임상적으로 알로에의 효능이 입증되면서 화장품 첨가물로 사용되고 있다. 현재 칸델라브라알로에잎추출물, 알로에베라꽃추출물, 알로에베라잎, 알로에베라잎추출물, 알로에베라잎즙, 알로에베라잎즙가루, 알로에베라잎폴리사카라이드, 알로에베라잎수, 알로에잎추출물 및 알로에신이 국내 화장품원료기준에 등록되어 있다[5]. 이와 같은 화장품용 알로에 원료는 주로 토너, 에멀전, 세럼 및 크림 형태의 화장품에서 제형을 변화시키지 않는 범위 내에서 소량 첨가되거나, 건조된 알로에 분말을 carbopol이나 poloxamer 등과 같이 물에 녹여 반고형의 투명겔 제형을 얻는다. 그러나 이 제형들은 알로에 잎에서 얻어지는 겔을 직접 피부에 도포하여 피부개선 효과를 얻는 민간요법을 대체하기는 어렵다. 따라서 잎에서 얻어지는 알로에 겔을 최소한으로 가공하여 보관 및 유통이 가능하도록 한다면, 신선한 알로에 잎을 피부에 사용하는 것과 유사할 것이다.

본 연구에서는 알로에 겔을 화장품으로 사용하기 위한 새로운 제형으로, 오일에 현탁된 알로에 겔 마이크로캡슐을 제조하는 방법을 개발하였다. 알로에 잎에서 가공되어 균질화된 액체상태의 알로에 겔이 분산된 W/O 에멀전을 감압건조시켜 구형의 마이크로캡슐로 만들고 회수한 후 미네랄오일로 현탁하여 유변학적인 특성과 크림제형의 화장품 베이스로 사용 가능성을 조사하였다.

2. 재료 및 실험

2.1. 재료

본 연구에 사용된 ultrafiltration (UF) 농축 알로에 겔은 (주)KJM 알로에의 김제공장에서 제공받아 사용하였다. UF 농축 알로에 겔은 잎의 유연세포 조직이 분리되어, 균질화된 후, 원심분리를 통하여 섬유질이 제거되고, 한외여과(MWCO 50 kDa)를 통하여 약 2배 농축시켜 얻어진다[6].

2.2. 알로에 겔 마이크로캡슐 제조

알로에 겔 마이크로캡슐을 제조하기 위하여 먼저 80 mL의 데칸(n-decane)에 계면활성제인 Span 80을 20 mL

넣고 40 °C에서 교반하여 녹인다. 여기에 UF 농축 알로에 겔을 40 mL 첨가하고 균질기(Polytron PT2100, KINEMATICA, Switzerland)를 사용하여 26,000 rpm에서 90 s 동안 균질화시킨다. 유백색의 균질화된 혼합액에서 시료를 20 μ L 취하여 광학현미경으로 에멀전 형성을 확인한다. 이 용액을 회전감압증발기(JP/N 1000S-W, EYLEA, Japan)을 사용하여 40 °C에서 감압하면서 30 min 동안 수분을 제거하였다. 수분이 제거된 현탁액을 50 mL 튜브에 옮긴 후 4000 rpm에서 원심분리하여 마이크로캡슐을 침전시킨 후 상등액인 데칸을 제거한다. 여기에 미네랄오일을 첨가하여 마이크로캡슐을 재현탁시키고 다시 원심분리하여 미네랄오일을 제거하고 다시 순수한 미네랄오일을 첨가하여 마이크로캡슐을 재현탁시켜 알로에 겔 마이크로캡슐 현탁크림을 얻는다.

알로에 겔 마이크로캡슐의 내부를 관찰하기 위하여 fluorescein isothiocyanate (FITC, 0.5 mg/mL ethanol) 100 μ L을 UF 농축 알로에 겔 1 mL에 첨가하여 암실에서 30 min 동안 반응시켰다. 이후 같은 방법으로 알로에 겔 마이크로캡슐을 제조하고 20 μ L의 현탁액을 취하여 슬라이드글라스에 떨어뜨리고 커버글라스를 덮어 밀봉한 후 레이저 공초점 현미경(confocal laser microscope FV300, OLYMPUS, Japan)을 이용하여 초점면을 변화시키면서 촬영하였다.

2.3. 알로에 겔 마이크로캡슐 현탁크림의 유동특성의 측정

회전점도계인 Brabender viscometer (model No.803401, VISCOTRON, Germany)를 사용하여 마이크로캡슐 현탁시료의 유동 특성을 측정하였다. 측정용 컵(E17)에 시료액을 스펀들의 표선에 일치하도록 첨가하고 온도가 일정한 항온수조의 물을 순환시켜 시료액이 투입된 측정용 챔버를 20 °C로 열적 평형 상태를 만든 후에 회전 스펀들의 회전속도를 1에서 128 rpm으로 증가시키면서 각각의 회전속도에서 토오크의 변화를 측정하였다. 필요한 경우 회전 스펀들의 회전속도를 128에서 1 rpm으로 감소시키면서 다시 측정하였다. 전단응력(τ)와 전단속도($\dot{\gamma}$)는 스펀들의 회전속도와 이에 측정된 토오크 값으로부터 각각의 식(1) 및 식(2)에 의하여 구하였다.

$$\tau = B \cdot S \cdot Y \quad (1)$$

$$\dot{\gamma} = N \cdot X \quad (2)$$

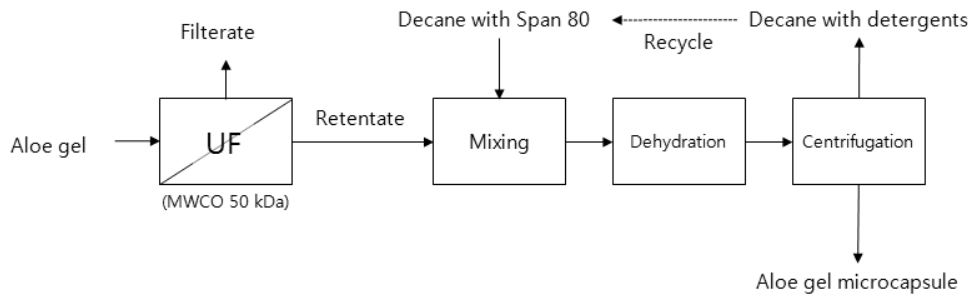


Figure 1. Schematic of Aloe gel microcapsule preparation.

여기서 S 는 토오크 값이며 글리세롤을 표준물질로 사용하여 Y 값을 0.1195로 결정하여 Pascal (Pa) 단위로 전단응력을 환산하였고, 회전속도인 N 과 스피들의 외경과 챔버의 내경으로부터 결정되는 X 값은 제조사의 매뉴얼에서 제공되는 값인 0.333을 사용하여 전단속도를 s^{-1} 의 단위로 표시하였다. 이외 경시적으로 마이크로캡슐의 반고체성을 확인하기 위하여 현탁액 4 mL을 평판 위에 위치된 원통형 빈튜브에 넣어 안정화시킨 후 튜브를 제거하고 10 min 후 현탁액이 주변으로 퍼지는 정도를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 알로에 겔 마이크로캡슐의 제조

본 연구에서는 UF 농축 알로에 겔이 분산된 W/O 에멀전을 감압건조시키는 방법을 사용하여, 분산상의 알로에 겔의 수분비율을 감소시켜 마이크로캡슐을 제조하는 공정을 개발하였다(Figure 1). 본 연구에 사용된 UF 농축 알로에 겔 용액의 pH는 4.7이고, 건조중량은 105 °C에서 0.72 ± 0.6 wt%로 확인되었다. 이 용액 12 mL을 계면활성제인 Span 80을 20% 포함한 데칸 24 mL에 첨가하여 균질화시켜 유백색의 혼합액을 얻었다. 혼합액에서 시료를 취하여 광학현미경으로 에멀전이 형성되었음을 확인한 후 회전진공건조기에 넣고 30 min 동안 감압하여 수분을 제거하여 현탁액을 얻었다. 이렇게 얻어진 현탁액을 원심분리하여 계면활성제와 데칸으로 구성된 상등액을 제거하고 약 14 mL의 알로에 겔 마이크로캡슐을 얻었다.

마이크로캡슐의 겔보기 부피가 14 mL인 이유는 투입된 알로에 겔 용액 12 mL이 감압건조과정에서 수분이 제거되었으나 구형의 마이크로캡슐을 형성하여 입

자 간 공극을 생성시켜 겔보기 부피가 14 mL로 늘어난 것으로 판단된다. 열중량분석에서 알로에 겔 마이크로캡슐은 220 °C까지 $85.6 \pm 0.5\%$ 의 중량이 감소하였고 이후 400 °C에서 완전히 분해되었다. 따라서 마이크로캡슐은 감압건조과정을 통하여 원래 알로에 겔의 건조중량 0.73 wt%에서 마이크로캡슐의 건조중량은 14.4 wt%로 증가하였다. 이는 투입된 알로에 겔 12 mL이 감압건조과정에서 10.3 mL로 부피가 감소하였음을 나타내며 따라서 마이크로캡슐의 충전분율은 0.73이 된다. 이 값은 Gauss가 1831년 수학적으로 증명한 구형입자의 최밀충전 분율인 0.74에 근접한다[7]. 구형입자의 크기가 일정하지 않을 경우 충전분율은 입자의 분포에 따라 0.74 이상의 값을 가질 수 있다[8]. 따라서 원심분리 공정에서 침전물로 회수된 알로에 겔 마이크로캡슐은 최밀충전에 가깝게 효율적으로 충전되어 있을 것으로 추정된다.

화학적인 구성 성분이 간단하고 물리화학적인 성질이 잘 알려져 있는 미네랄오일을 사용하여, 알로에 겔 마이크로캡슐 재현탁하고 원심분리과정을 반복하여 데칸과 계면활성제를 제거하고, 미네랄 오일에 현탁된 알로에 겔 마이크로캡슐을 얻었다. 미네랄오일에 재분산된 알로에 겔 마이크로캡슐은 유백색의 현탁액을 형성하였고 시간이 경과하여도 탁도의 변화가 없었다.

3.2. 알로에 겔 마이크로캡슐의 분석

마이크로캡슐이 현탁된 미네랄오일을 암시야(dark-field) 현미경으로 관찰하여 구형의 마이크로캡슐이 분산되어 있음을 확인하였다(Figure 2A). 알로에 겔 마이크로캡슐의 크기 및 분포를 측정하기 위하여, FITC로 형광 표지된 알로에 겔을 사용하여 마이크로캡슐을

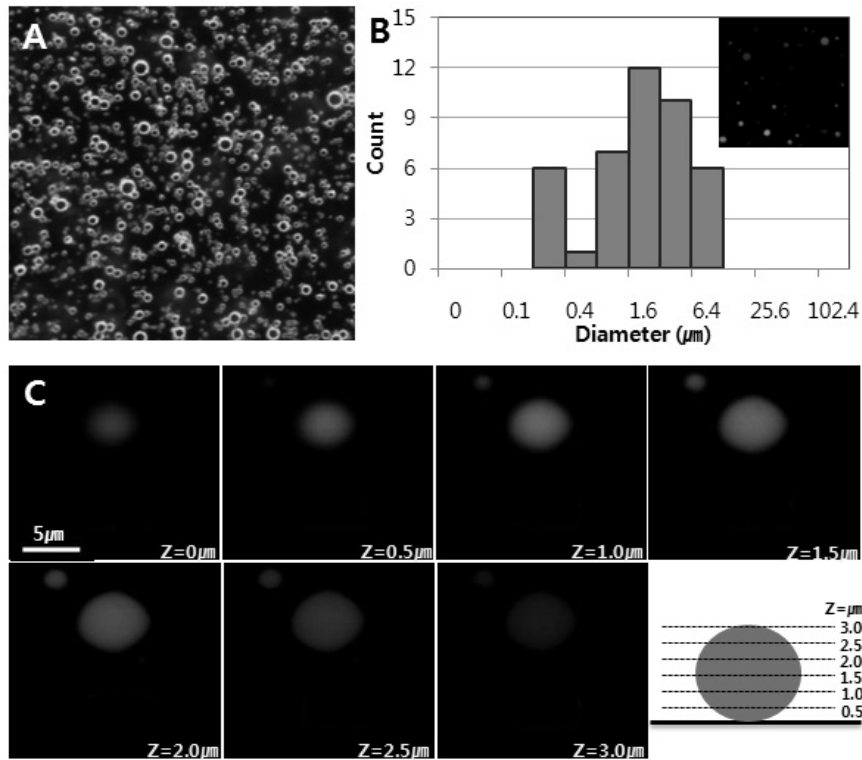


Figure 2. Analysis of Aloe gel microcapsule suspension by dark field microscopy (A). Histogram of microcapsule diameter obtained from fluorescent microscopy of FITC-stained microcapsules (B). Tomographic images of FITC-stained microcapsules (C).

제조하고, 형광현미경을 사용하여 촬영한 마이크로캡슐의 형광 사진을 이미지 분석 소프트웨어인 Image J [9]로 분석하여 마이크로캡슐의 크기 분포를 얻었다 (Figure 2B). 마이크로캡슐의 수평균 및 중량평균 직경은 1.61 및 4.13 μm 이고 다분산도는 2.56으로 계산되었다. 공초점 형광현미경으로 초점면을 이동시키며 측정된 형광 표지된 알로에 겔 마이크로캡슐의 단면은 균일한 형광세기를 나타내고 있었다(Figure 2C). 이것은 알로에 겔 마이크로캡슐은 내부가 알로에 겔로 균일하게 채워진 구형의 구조를 형성하고 있음을 나타낸다.

알로에 유연세포 조직은 아세틸 만산 및 여러 종류의 다당 고분자가 건조중량으로 약 0.5% 포함되어 있다고 보고되어 있다[10]. 따라서 99.5%의 수분을 포함하는 유연세포 겔을 분쇄하거나 균질화하여 얻어진 알로에 겔은 점도가 높은 용액 상태로 존재하며, 원래 알로에 잎의 유연세포 조직처럼 반고체 특성을 가지지 않는다. 가공하여 건조시킨 알로에 겔을 물에 다시 녹이면 반고체의 겔의 형성은 물론이고 점도 또한 소

실되는데, 이는 건조 과정에서 알로에 다당 고분자가 상당히 소실된다는 것이 'H 핵자기공명을 이용하여 밝혀졌다[11]. 반면 고비용의 건조공정을 거쳐 얻어진 알로에 분말에 비하여, 본 연구에서 제조되는 알로에 겔 마이크로캡슐의 다당 고분자가 덜 분해될 가능성이 있을 것으로 예상된다. 따라서 본 연구에서 제조된 알로에 겔 마이크로캡슐은 알로에 잎에서 얻어지는 겔을 마이크로캡슐 형태로 오일에 분산시켜 보관한 것이다. 알로에를 화장품 첨가제로 사용하는 것이 아니라, 알로에 겔 마이크로캡슐 현탁액을 기본 에멀전으로 출발하고 여기에 향료 및 안정제 등을 첨가하는 새로운 다양한 화장품 제형을 개발할 수 있다.

3.3. 알로에겔 마이크로캡슐 현탁액의 유동특성

원심분리 후 상등액을 제거한 알로에 겔 마이크로캡슐 5 mL에 미네랄오일을 첨가하여 마이크로캡슐 현탁액을 제조하였다. 마이크로캡슐의 공극에 미네랄오일이 잔류하므로, 충전분율이 0.73을 적용하면 마이크로캡슐의 부피는 3.75 mL이며 여기에 5, 4, 3, 2 및 1

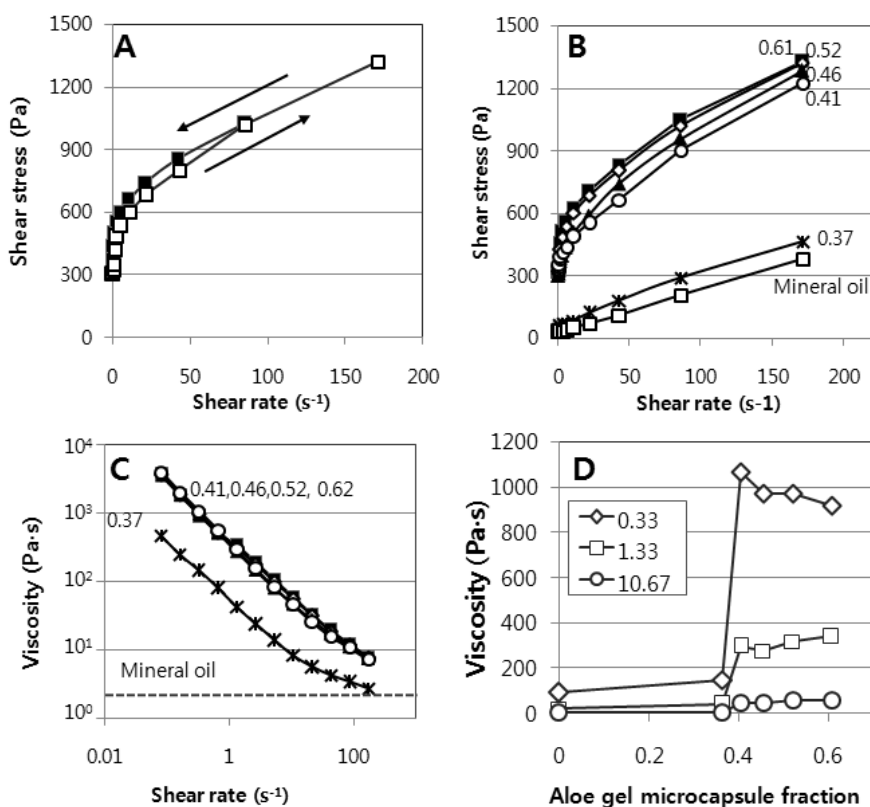


Figure 3. Rheological behavior of aloe gel microcapsule suspension in mineral oil at varying fractions.

mL의 미네랄오일을 첨가하면 현탁액의 농도는 36, 41, 46, 52 및 61%가 된다. 현탁액을 회전점도계에 넣고 20 °C에서 열적평형상태를 만든 후 전단속도를 변화시키며 전단응력을 측정하였다. 표준물질로 사용된 글리셀룰과 미네랄오일의 전단응력은 전단속도에 비례하여 증가하는 반면, 마이크로캡슐의 농도가 52%인 현탁액은 전단속도를 증가시키면 전단점도가 줄어드는 전단유동화(shear thinning) 거동을 보이는 비뉴턴 유체의 특성을 나타내었다(Figure 3A). 그러나 전단속도를 감소시키면서 얻어진 전단응력의 곡선의 변화가 적어, 틱소트로피는 뚜렷하게 관찰되지 않았다. 이것은 171 s⁻¹의 전단이 2 min 동안 가해지는 조건하에서도 마이크로캡슐의 전단변형이나 캡슐간 상호작용의 변화가 없었음을 나타낸다.

전단유동화 거동은 36% 현탁액에서는 나타나지 않았으나 현탁액의 농도가 41%부터 뚜렷하게 관찰되었고 전단응력도 급격하게 증가하였다(Figure 3B). 비뉴턴 유체의 전단속도와 전단응력 간의 관계를 잘 표현하는 Casson model [12]을 이용하여 얻어진 항복응력

은 36% 현탁액에서는 36.1 Pa이지만 41% 이상의 현탁액에서는 324.9, 313.8, 397.0 및 425.2 Pa로 급격하게 증가하였다. Figure 3C는 전단속도의 변화에 따른 점도의 변화를 나타낸 것인데, 마이크로캡슐 36% 현탁액의 점도는 미네랄 오일에 비하여 크게 증가하지 않았으나 현탁액의 농도가 41%부터는 약 10배 증가하였다. 특이한 점은 마이크로캡슐 현탁액의 농도가 더 증가하여도 점도는 크게 변하지 않았다. Figure 3D에서는 전단속도가 각각 0.33, 1.33 및 10.7 s⁻¹일 때 현탁액의 농도의 변화에 따른 점도의 변화를 나타내었다. 모두 현탁액의 농도가 36%에서 41%로 높아질 때 급격하게 점도가 증가하였으며 이후에는 현탁액의 농도가 증가하여도 점도의 증가는 완만하거나 전단속도가 0.33 s⁻¹보다 낮은 조건에서는 오히려 점도가 감소하였다.

고체입자가 분산된 현탁액의 전단유동화 현상은 전단속도가 증가하면 고체입자들이 벽면에 평행한 평면을 형성하여 점도가 감소하는 shear induced layering에 의한 것으로 보고되고 있다[13]. 따라서 알로에 겔 마이크로캡슐도 전단속도가 증가하면 캡슐끼리 응집하여

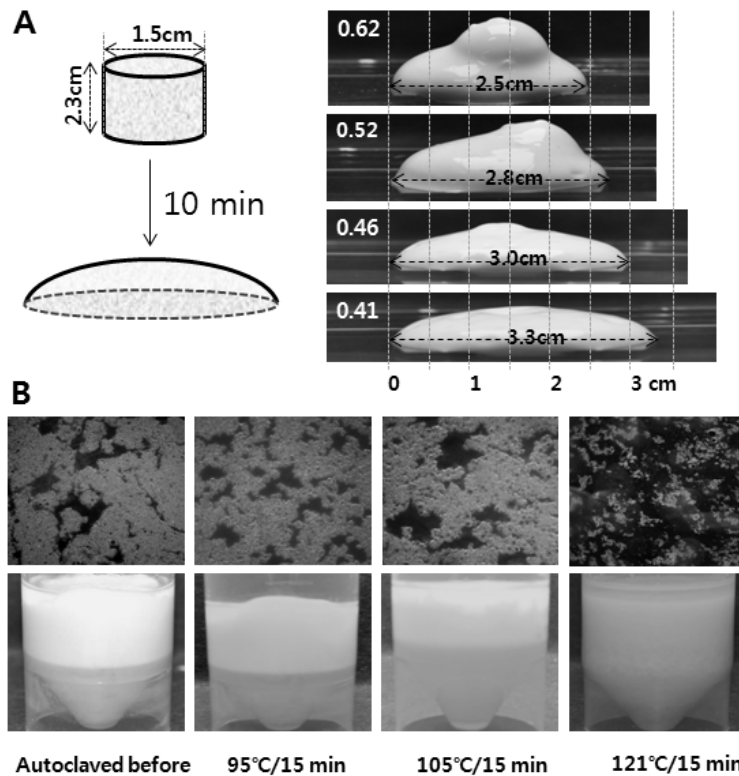


Figure 4. Fluidity of aloe microcapsule suspensions with varying fractions (A) and effect of heat treatment on the appearance of aloe microcapsules (B).

평행전단면을 형성하여 점도가 낮아지는 것으로 추정된다. 항복응력은 현탁액의 캡슐의 분율이 41% 이상에서 급격하게 증가하고 있음을 보이는데, 이는 마이크로캡슐의 농도가 증가하여 캡슐 간 거리가 가까워져 상호인력이 미칠 수 있을 정도의 충전분율에 도달하였다는 것을 추정할 수 있다. 딱딱한 고체입자가 분산된 현탁액에서 충전분율이 증가하여 서로 움직일 수 없을 정도로 꽉 들어찬 상태가 되면 입자 간 접촉으로 현탁액의 흐름이 방해받아 점도가 무한대로 증가한다 [14]. 그러나 Figure 3D에서는 충전분율이 더 증가하여도 점도는 더 증가하지 않는데, 이것은 미네랄 오일에 분산된 유리 미세구 현탁액에 물을 소량 첨가하면 점도가 급격하게 증가하는 현상과 일치하고 있다 [15]. 이 논문에서는 미세구의 부피비가 0.1에서 0.25 사이에서 전단을 희석성 유체의 특성을 보였고, 소량의 물을 첨가하면 점도가 급격하게 증가하는 것은 유리 미세구 사이에 물 기등을 형성하여 모세관력에 의한 것이라고 보고하였다.

3.4. 알로에 겔 마이크로캡슐 크림

알로에 겔 마이크로캡슐의 열 안정성을 조사하기 위하여 고압멸균기에서 95, 105 및 121 °C에서 15 min 동안 가열한 후 현탁액의 경시적인 변화와 마이크로캡슐을 현미경하에서 관찰하였다 (Figure 4A). 일반적으로 미생물을 멸균할 때 사용하는 121 °C에서 15 min 가압가열하는 조건에서 현탁액의 색이 변하고 마이크로캡슐이 파괴되는 것을 광학현미경으로 관찰할 수 있었다. 그러나 105 °C에서 15 min 가압가열하는 조건에서는 현탁액 및 마이크로캡슐의 변화는 관찰되지 않았다. 원심분리를 통하여 회수된 충전분율이 0.72인 알로에 겔 마이크로캡슐은 흐름성이 없는 반고체이므로, 이를 미네랄오일로 재현탁한 36, 41, 46, 52 및 61% 현탁액의 흐름성을 조사하였다. 현탁액 4 mL을 평판 위에서 빈튜브에 넣어 원통형으로 유지시킨 후 튜브를 제거하고 10 min 후 현탁액이 주변으로 퍼지는 정도를 측정하였다. 알로에 겔 마이크로캡슐이 36%인 현탁액은 액체처럼 퍼져나가 측정할 수 없었으나 41, 46, 52 및 61% 현탁액은 직경이 각각 3.3, 3.0, 2.8 및

Table 1. Parameters of Casson and Herschel-Bulkley Model of Aloe Gel Microcapsule Suspensions

| Microcapsule fraction | Microcapsule fraction | | | | |
|--|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 0.37 | 0.41 | 0.46 | 0.52 | 0.62 |
| Casson Model | | | | | |
| Yield stress (τ_y , Pa) | 36.05 | 324.85 | 313.82 | 396.96 | 425.16 |
| Casson viscosity (K_c , Pa ^{1/2} ·s ^{1/2}) | 1.39 | 1.63 | 2.10 | 2.14 | 2.21 |
| Correlation coefficient (r^2) | 0.996 | 0.996 | 0.996 | 0.967 | 0.944 |
| Herschel-Bulkley model | | | | | |
| Flow behavior index (n) | 0.60 | 0.56 | 0.64 | 0.62 | 0.59 |
| Consistency index (K, Pa·s ⁻ⁿ) | 1.21 | 1.69 | 1.57 | 1.59 | 1.63 |
| Correlation coefficient (r^2) | 0.976 | 0.980 | 0.999 | 0.994 | 0.998 |

2.5 cm의 원판 형태로 변형되었다(Figure 4B). 따라서 알로에 겔 마이크로캡슐의 비율이 41% 이상인 현탁액은 흐름성이 낮은 겔의 특성을 보였으며, 마이크로캡슐의 비율이 높은 현탁액은 흐름의 중심 부분의 높이가 높아 반고체의 특성이 유지되고 있었다. 이와 같은 현상은 이미 Figure 3D에서 보인 현탁액의 알로에 겔 마이크로캡슐의 충전분율이 36에서 41%로 증가할 때 회전점도계로 측정된 점도가 급격하게 증가하는 점과 일치한다.

일반적으로 W/O 에멀전의 끈적이는 사용감을 줄이기 위하여 다양한 유화제를 사용하여 수상의 비율을 74% 이상인 안정한 고내상 W/O 에멀전(high internal phase W/O emulsion)을 제조하기 위한 연구가 진행되고 있다[16,17]. 본 연구에서 제조한 알로에 겔 마이크로캡슐은 고내상 W/O 에멀전의 경계에 근접하는 73%의 분산상의 충전분율을 가지므로 사용감의 측면에서도 거부감이 적은 화장품용 크림 제형으로 개발할 수 있을 것으로 예상된다. 본 연구에서는 알로에 겔 마이크로캡슐은 미네랄오일에 재현탁시켜 유변학적인 특성을 조사하였으나, 미네랄오일 뿐만 아니라 화장품에 사용되는 여러 종류에 오일에 재현탁시켜 다양한 크림 베이스로 개발 가능할 것으로 예상된다. 또한 Figure 1에서 제시된 제조 공정에서, 마이크로캡슐을 제조한 후 원심분리공정에서 회수된 데칸과 계면활성제는 전단계의 알로에 겔과 혼합하여 에멀전을 만드는 공정에 재사용될 수 있으므로 경제성 측면에서도 유리하다.

4. 결 론

본 연구에서는 알로에 잎에서 얻어지는 겔을 마이크로캡슐로 만들어 오일에 고농도로 분산된 현탁액을 제조하는 공정을 개발하였다. 이 방법으로 얻어진 마이크로캡슐은 충전분율이 0.73, 직경은 6.6 μm 이하, 건조중량이 14.4 wt% 인 내부가 균일하게 채워진 구형캡슐로 확인되었다. 미네랄오일에 재현탁된 마이크로캡슐은 분율 0.41 이상에서 300 Pa 이상의 항복응력을 가지고 전단을 희석성 유체의 특성을 나타내었으나 틱소트로피는 뚜렷하게 관찰되지 않는 유변학적인 특성을 보였다. 아울러 알로에 겔 마이크로캡슐의 비율을 높이면 마이크로캡슐이 현탁된 오일의 반고체의 특성이 증가함을 경시적으로 관찰할 수 있다. 따라서 본 연구에서 제조한 알로에 겔이 고농도로 현탁된 오일을 기본 제형으로 시작하고 여기에 첨가물을 더하여 다양한 종류의 화장품의 개발이 가능할 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 광역연계협력사업비(과제 번호: R000451) 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. C. Ulbricht, J. Armstrong, E. Basch, S. Basch, S. Bent, C. Dacey, S. Dalton, I. Foppa, N. Giese, P. Hammerness, C. Kirkwood, D. Sollars, S. Tanguay-Colucci, and W. Weissner, An evidence-based systematic review of *Aloe vera* by the natural standard research collaboration, *J. Herb Pharmacother.*, **7**(3), 279 (2007).
2. D. Grindlay and T. Reynolds, The *Aloe vera* phenomenon: A review of the properties and modern uses of the leaf parenchyma gel, *J. Ethnopharmacol.*, **16**(2), 117 (1986).
3. J. Reuter, A. Jocher, J. Stump, B. Grossjohann, G. Franke, and C. M. Schempp, Investigation of the anti-inflammatory potential of *Aloe vera* gel (97.5%) in the ultraviolet erythema test, *Skin Pharmacol. Physiol.*, **21**(2), 106 (2008).
4. T. Reynolds and A. C. Dweck, *Aloe vera* leaf gel: a review update, *J. Ethnopharmacol.*, **68**(1), 3 (1999).
5. Korea Food & Drug Administration, FKDA Notice no. 2005-68 (2005).
6. J. H. Baek, S. A. Kim, and S. Y. Lee, Concentration of fresh gel from *Aloe vera* L. by using ultrafiltration process, *Korean J. Biotechnol. Bioengin.*, **23**, 169 (2008).
7. N. J. A. Sloane, The sphere-packing problem, *Documenta Mathematica*, **3**, 387 (1998).
8. A. R. Kansall, S. Torquato, and F. H. Stillinger, Computer generation of dense polydisperse sphere packings, *J. Chem. Phys.*, **117**, 8212 (2002).
9. C. A. Schneider, W. S. Rasband, and K. W. Eliceiri, NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis, *Nature Methods*, **9**, 671 (2012).
10. J. H. Hamman, Composition and applications of *Aloe vera* leaf gel, *Molecules*, **13**(8), 1599 (2008).
11. M. Krokida, A. Pappa, and M. Agaloti, Effect of drying on *Aloe's* functional components, *Procedia Food Sci.*, **1**, 1523 (2011).
12. D. Quemada, Rheological modelling of complex fluids. I. The concept of effective volume fraction revisited, *Eur. Phys. J. AP.*, **1**, 119 (1998).
13. J. M. Brader and M. Krüger, Density profiles of a colloidal liquid at a wall under shear flow, *Mol. Phys.*, **109**(7), 1029 (2011).
14. I. M. Krieger and T. J. Dougherty, A mechanism for non-Newtonian flow in suspensions of rigid spheres, *T. Soc. Rheol.*, **3**, 137 (1959).
15. J. McCulfor, P. Himes, and M. R. Anklam, The effects of capillary forces on the flow properties of glass particle suspensions in mineral oil, *AIChE J.*, **57**(9), 2334 (2011).
16. W. H. Kim, K. S. Lee, and K. K. Lee, An experimental study on the property and stability of W/O emulsion by various structures of smulsifier, *J. Soc. Cosmet. Scientists Korea*, **38**(2), 119 (2012).
17. V. O. Ikem, A. Menner, and A. Bismarck, High internal phase emulsions stabilized solely by functionalized silica particles. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **48**, 632 (2009).