

천연왁스를 이용한 화장품 첨가용 비타민 C의 코팅

김복희¹, 김동만², 이상화¹, 신현재^{3*}

Coating of Vitamin C Using Natural Wax as a Cosmetic Additive

Bokhee Kim¹, Dong-Man Kim², Sang-Hwa Lee¹, and Hyun-Jae Shin^{3*}

접수: 2012년 7월 23일 / 게재승인: 2012년 9월 28일
© 2012 The Korean Society for Biotechnology and Bioengineering

Abstract: Vitamin C or L-ascorbic acid, an essential nutrient for humans with antioxidative property, was coated with natural wax to be used as functional additives for cosmetics. Coating of vitamin C was performed using carnauba wax and olive wax in self-designed reaction chamber for 60 min. The yield of coated vitamin C with carnauba wax and olive wax were up to $94.6 \pm 1.2\%$ and $82.5 \pm 1.4\%$, respectively. The stability of the carnauba wax-coated vitamin C in the lotion was improved 17.8% than that of uncoated vitamin C during 30 day storage at 25°C. Color and the layer separation of the lotion added with the coated vitamin C showed better property than with the uncoated vitamin C. The coated vitamin C can be applied to cosmetic ingredients as a stable additive.

Keywords: coating, vitamin C, olive wax, carnauba wax, cosmetic additive

1. 서론

삶의 질적 향상을 추구하는 현대인의 건강에 대한 의식이 높아짐에 따라 항노화, 생체방어 및 조절 능력이 있는 것으로 알려진 비타민 C에 대한 관심은 지속적으로 높아지고 있다. 대부분의 포유동물과 식물은 포도당으로부터 비타민 C (L-ascorbic acid)를 생합성할 수 있으나 사람을 포함한 영장류는 생체 내에서 생합성 할 수 없다고 알려져 있다 [1]. 따라서 비타민 C는 반드시 외부로부터 공급 받아야하며, 심각한 결핍증은 괴혈병을 유발하여 생명을 위협할 수 있다. 비타민 C는 인체의 면역 기능을 높이는 기능이 있으며 피부, 연골, 근육 등의 구성요소인 콜라겐의 생성을 촉진하며 흰색의 결정체로 화학적 구조는 단당류의 구조와 유사하며 쉽게 산화되어 dehydro형인 dehydroascorbic acid가 된다. L-Ascorbic acid와 L-dehydroascorbic acid의 구조는 Fig. 1과 같으며 생리적으로 활성을 가지고 있으며, 체액에서 발견된다. L-Dehydroascorbic acid는 체내에서 수소와 결합하면 L-ascorbic acid로 전환될 수 있다. 동식물체의 조직 생체 세포 내에서는 이 두 물질간의 산화-환원 작용으로 상호 전환될 수 있으며 [2], L-ascorbic acid를 환원형 비타민 C, L-dehydroascorbic acid를 산화형 비타민 C라고 말하기도 한다. 산화형은 환원형의 약 80%에 해당하는 활성을 나타낸다. 그러나 L-dehydroascorbic acid가 계속 산화되면 생리적 기능을 상실하게 되고 다시는 원래대로 환원될 수 없다. 비타민 C는 콜라겐 합성에 필요한 효소인 hydroxylase를 활성화시키는 작용이 있어 콜라겐 합성을 촉진함으로써 뼈 건강에 관여하고, 부신기능을 좋게 하며, 철분의 흡수를 좋게 하여 준다 [3,4]. 또한 비타민 C는 피부세포 증식을 도와 멜라닌 색소의 침착을 억제하거나 침착된 색소를 없게 하며, 또 햇빛에 의한 손상으로부터 피부를 보호하여 피부 건강 유지에도 필요한 요소이다 [5]. 한편 비타민 C는 결정형의 건조

¹서원대학교 RIC

¹Regional Innovation Center, Seowon University, Cheongju-si, Chungbuk 361-742, Korea

²(주)건우에프피

²GeonwooFP Co., Ltd., 591 Janggwan-ri, Jincheon-eup, Jincheon-gun, Chungcheongbuk-do 365-802, Korea

³조선대학교 공과대학 생명화학공학과

³Department of Chemical & Biochemical Engineering, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

Tel: +82-62-230-7518, Fax: +82-62-230-7226

e-mail: shinhj@chosun.ac.kr

상태에서는 비교적 안정하지만 수용액 중에는 불안정하여 산소, 빛 등의 환경적 요인에 의해 빠르게 산화되는 문제점이 있고 [6] 혼합물로 존재할 경우 공존 물질과 반응에 의한 품질저하 가능성이 높아 가공적정성의 향상이 요구된다.

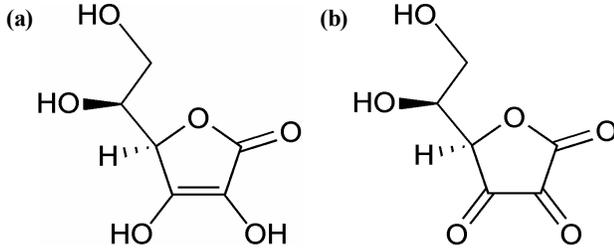


Fig. 1. Chemical structure of (a) L-ascorbic acid and (b) L-dehydroascorbic acid.

일반적으로 휘발성이 있는 향기성분이나 불안정한 영양 성분이 특정 환경에 그대로 노출되면 외부 환경에 따라 휘발, 산화 및 수분흡수 등이 일어나 본래 물질의 특성 변화가 촉진될 가능성이 높아진다. 원하는 핵심물질들을 내부에 가두어 보호하기 위한 방법으로 외부를 코팅하여 캡슐화 시키는 기술들이 이용될 수 있다 [7-9]. 캡슐화 (encapsulation)는 외부환경에 의한 변화가 최소화되어 핵심물질의 저장성을 향상시키며, 적절한 농도를 유지할 수 있도록 방출속도를 조절할 수 있으며 또한 반응성이 큰 물질을 격리시키는 효과로 여러 성분이 혼합되어 있는 경우 부반응을 억제시키는 효과도 있다. 일반적으로 사용되고 있는 코팅공정 (coating process)은 분무건조방법으로서, 코팅 물질을 수화시킨 후 대상물질을 분산시켜 그 혼합물을 고온의 chamber내로 분무하는 방법으로 주로 향미성분이나 오일을 캡슐화 하는데 사용된다 [7]. 캡슐화 공정은 핵심물질의 성질과 코팅물질의 구조적 특징, 물리 화학적 특성 등을 고려하여야 성공적으로 달성될 수 있다 [9].

본 연구는 향산화 기능이 요구되는 화장품에 첨가되는 비타민 C의 기능을 유지하며 최종제품의 물성을 향상시키기 위한 목적으로 olive wax, emulsifying wax 및 carnauba wax와 같은 식물성 왁스를 이용하여 유동층 코팅장비로 비타민 C를 코팅하여 코팅상태와 안정성을 비교하여 고찰하였다. 유동층 코팅장비를 이용한 캡슐화 기술은 미세 분말 상태의 핵심물질을 유동시키면서 충분히 녹인 wax를 분무시켜 핵심물질 위에 코팅시킨 후 냉각시키는 공정이다. 코팅된 비타민 C를 포함한 화장품은 비타민 C의 방출속도가 조절되어 향상된 향산화 기능의 유지를 기대할 수 있다.

2. 재료 및 방법

2.1. 재료 및 시약

실험에 사용된 비타민 C는 L-ascorbic acid (99.6%, Junsei, Japan)를 분쇄하여 입자의 크기가 80-100 mesh인 것을 사용하였으며 비타민 C 함량 분석을 위한 용액제조에는 메타인산 (metaphosphoric acid, $(\text{HPO}_3)_n$, Kanto Chemical Co.

Japan)을 사용하였다. 비타민 C 코팅물질로 사용된 천연 wax로는 olive wax (B&T Company, Italia), emulsifying wax (Henry Croda, Singapore) 및 carnauba wax (Roepel, Germany)를 구입하여 사용하였다. 로션제조에 사용된 jojoba oil (Henry Lamotte, Germany)은 화장품급을 사용하였다. 용액 및 로션의 제조에는 3차 증류수가 사용되었다.

2.2. 사용장비

본 실험에서는 실험실용 코팅제조기 (G.R Engineering, 한국, 1 kg)를 사용하여 비타민 C를 코팅하였다. 모든 코팅공정은 컴퓨터로 제어되어 제조공정의 재현성을 높였다. 코팅비타민 C의 표면 분석에 사용된 scanning electron microscope (SEM)은 FE-SEM (HITACHI S-4100)으로 1 keV의 acceleration voltage를 사용했고 Pt-Pd 코팅하였다. 비타민 C 분석은 HPLC (Agilent Technologies 1200 Series, USA)를 이용하였으며, 시료에서 수용성 부분을 취하기 위하여 원심분리기 (Hanil Science Industrial, Combi514R)가 사용되었다. 로션 제조 시 수상층과 유상층 혼합에 재현성을 높이기 위하여 속도조절이 가능한 교반기 (한남케미칼, SS20DW)가 사용되었다.

2.3. 천연왁스를 이용한 비타민C 코팅

- ① 비타민 C의 준비: 750 g의 분말무수비타민 C를 80 mesh 필터로 체별하여 이 필터를 통과한 원료를 선별하였다. 준비된 비타민 C는 코팅 전에 유동층 혼합으로 비타민 C의 미립자를 공기 중에 분산시켰다.
- ② 코팅용 carnauba wax와 olive wax 준비: Carnauba wax 또는 emulsifying wax 또는 olive wax 350 g을 약 100°C 내외에서 완전히 용해하여 80 mesh 스크린필터로 여과하여 준비하였다.
- ③ 이송용 압축공기 준비: 압축공기를 전-냉각 (pre-냉각) 및 냉각하고 1 μm 및 0.1 μm 의 마이크로필터를 이용하여 순차적으로 여과한 다음, 여과한 압축공기를 90°C에서 가열한 다음 코팅제 이송용 2중 튜브로 이동시켰다.

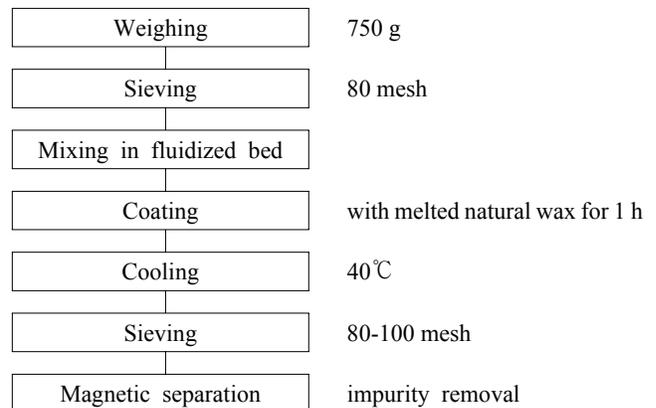


Fig. 2. Flow chart of vitamin C coating process with natural wax.

- ④ 비타민 C 코팅: 위에 준비한 용해된 wax를 이송용 2중 튜브에 주입하여 이송용 압축공기에 의해 비타민 C가 있는

곳으로 이송시켰다. 이때 비타민 C는 유동층 혼합을 통해 비타민 C의 미립자가 공기중에 분산되어 부유상태로 유지하게 하여, 이송용 2중 튜브를 통하여 이송된 정제 가공유지에 의해 코팅되도록 하였다. 코팅한 비타민 C는 약 40°C 이하의 온도에서 냉각하고, 80-100 mesh 필터를 통하여 한번 더 크기를 균일하게 체별하여 마그네틱여과를 하여 이물질을 제거하였다 (Fig. 2).

2.4. 코팅비타민 C의 비타민 C 함량 측정

코팅비타민 C 1.0 g을 정취하여 막자사발에 넣어 분쇄한 후 10% 메타인산 용액 10 mL에 녹여 초음파 처리한 후 5% 메타인산 용액을 사용하여 100 mL로 묽혔다. 이 용액을 1/100로 묽혀 Table 1과 같은 조건의 HPLC로 코팅비타민 C 분말내의 비타민 C의 전체함량을 분석하였다. 코팅비타민 C와 미코팅된 비타민 C를 분리하기위해 여과지 (Toyo No. 5B)위에 코팅 처리한 비타민 C 분말을 올려놓은 후 증류수로 여러번 씻어내려 미코팅된 비타민 C를 녹여 코팅비타민 C와 분리시켰다. 여과지에 남은 코팅된 비타민 C 1.0 g을 정취하여 막자사발에 넣어 분쇄한 후 10% 메타인산 용액 10 mL에 녹여 초음파 처리한 후 5% 메타인산 용액을 사용하여 100 mL로 묽혔다. 이 용액을 1/100로 묽혀 Table 1의 HPLC 조건으로 코팅비타민 C의 함량을 분석하여 미리 측정된 코팅비타민 C 분말에 포함된 비타민 C 전체함량으로 나누어 코팅 수득율을 계산하였다.

Table 1. Operating conditions for the analysis of vitamin C by HPLC

Items	Condition
Column	Agilent Eclipse XDB C18 (250 × 4.6 mm, 5 μm)
Injection volume	10 μL
Detector	UV PDA at 254 nm
Mobile phase	0.05 M KH ₂ PO ₄ : Acetonitrile (60 : 40, v/v)
Flow rate	1.0 mL/min

2.5. 코팅비타민 C의 표면분석

코팅비타민 C의 표면 분석은 1 keV의 acceleration voltage를 사용하여 SEM으로 측정하였고 Pt-Pd 코팅 후 100배와 500배의 배율로 관찰하였다.

2.6. 코팅비타민 C 첨가 로션 제조

- ① 증류수 320 g, 글리세린 8g을 넣어 교반하고 열을 가하여 65°C로 올렸다.
- ② 호호바 오일 60g에 올리브 왁스 16g을 섞어 열을 가하여 65°C로 올렸다.
- ③ ②용액을 ①용액에 넣어 교반기를 이용하여 5분간 교반하여 로션베이스를 준비하였다.
- ④ 코팅비타민 C 로션 제조 시 ③의 로션베이스의 온도가 45°C가 되었을 때 총 중량에 대한 1%의 코팅비타민 C를 첨가하여 교반하였다.

2.7. 비타민 C 안정성 측정

코팅비타민 C의 안정성을 고찰하고자 10 g의 코팅비타민

C 로션 시료를 실온에서 30일간 저장하면서 일정간격으로 비타민 C의 양을 측정하였다. 대조군으로 동량의 로션베이스에 코팅되지 않은 비타민 C를 동량 첨가한 시료를 같은 방법으로 측정하였다. 비타민 C의 측정방법은 식품공전에 따라 전처리하여 HPLC로 분석하였다. 분석방법을 요약하면 5 g의 시료를 10% 메타인산 용액에 10분간 현탁시킨 후 5%의 메타인산 용액으로 균질화 시켜 100 mL로 묽힌다. 그 후 3000 rpm에서 15분간 원심분리하여 수용액 층을 취하여 시험 용액으로 하였다. 필요에 따라 5%의 메타인산 용액으로 묽혀 HPLC를 이용하여 코팅비타민 C 내의 비타민 C 함량 측정과 동일한 조건으로 분석하였다.

3 결과 및 고찰

3.1. 식물성 지방을 이용한 비타민 C (L-ascorbic acid) 코팅

코팅 또는 캡슐화는 고체, 액체 및 기체상의 물질을 특정 조건하에 조절된 속도로 내용물을 방출할 수 있도록 대상물질을 내부에 피복하는 것으로 향료, 열에 불안정한 영양소 등을 외부환경으로부터 보호하기위한 목적으로 사용되고 있다 [10-11]. 또한 이런 목적 외에도 다양한 성분들이 포함되어있는 반응계에서 반응성이 큰 물질을 피복하여 타 성분들과 격리시켜 교차 반응을 억제하는 용도로도 사용될 수 있다. 핵심물질의 물리화학적 특성에 따라 다른 제형과 물성을 보여주는 코팅분말을 얻을 수 있으므로 목적에 맞는 적절한 코팅제의 선택이 매우 중요하다. 본 실험에서 사용한 유동층 코팅은 화장료 조성에 사용될 목적으로 emulsifying wax, olive wax 및 carnauba wax를 이용하여 비타민 C를 유동시킨 상태로 일정한 유동 흐름을 만들고 분무노즐을 통해 용해된 wax를 분사시켜 코팅을 하였으며 코팅제의 특성에 따라 물성이 다른 코팅분말을 얻을 수 있었다. 본 연구에서 수행한 식물성 왁스를 이용한 코팅비타민 C의 제조방법을 Fig. 2에 정리하여 나타내었다. 이 공정은 기본적으로 코팅 구연산의 제조에 사용된 것과 유사하다 [11]. 코팅에 사용된 식물성 유지의 함량은 예비실험에서 코팅제 두께와 코팅효율은 분무시간이 길어지면 코팅제의 두께가 두꺼워지고 분무압력이 커지면 입자의 코팅성의 균일성이 떨어지게 되는 결과를 보였으며, 코팅에 사용된 식물성 유지의 함량은 비타민 C 총 조성물에 대하여 30%내외가 가장 적절한 것으로 나타났다 (data not shown). 코팅비타민 C의 코팅 상태를 살펴보기 위하여 100배와 500배 배율의 SEM사진으로 관찰한 결과 코팅제에 따라 비타민 C의 코팅상태가 상당히 다른 것을 확인 할 수 있었다. Fig. 3 (a)와 (b)에서 보는바와 같이 emulsifying wax로 코팅된 비타민 C는 입자간 결합이 다소 강하여 개개의 입자로 확인하기 어려우며 뭉치는 효과로 코팅 입자의 크기가 다른 두 샘플에 비해 커서 화장료 조성으로 적합하지 않을 것으로 판단되었다. 반면에 olive wax와 carnauba wax 코팅비타민 C의 사진을 보면 전체적으로 두 시료의 크기가 유사하게 입자가 작고 매끄러우며 균일한 상태를 보이며 적절하게 코팅된 것을 확인할 수 있었다 (Fig. 3(c),(d),(e),(f)). 특히 olive wax로 코팅

한 비타민 C가 가장 균일한 상태를 보이며 형태로는 가장 좋은 코팅제형을 형성하고 있는 것을 관찰하였다. 표면 코팅이 양호한 것으로 판단된 olive wax와 carnauba wax 코팅 비타민 C의 코팅수율은 3회 측정 시 olive wax는 82.5 ± 1.4%, carnauba wax의 경우에는 94.6 ± 1.2%으로 분석되었으며, 코팅 수율에서는 carnauba wax코팅이 더 좋은 결과로 나타났다. 이때 wax의 함량은 30-33%로 측정되었다.

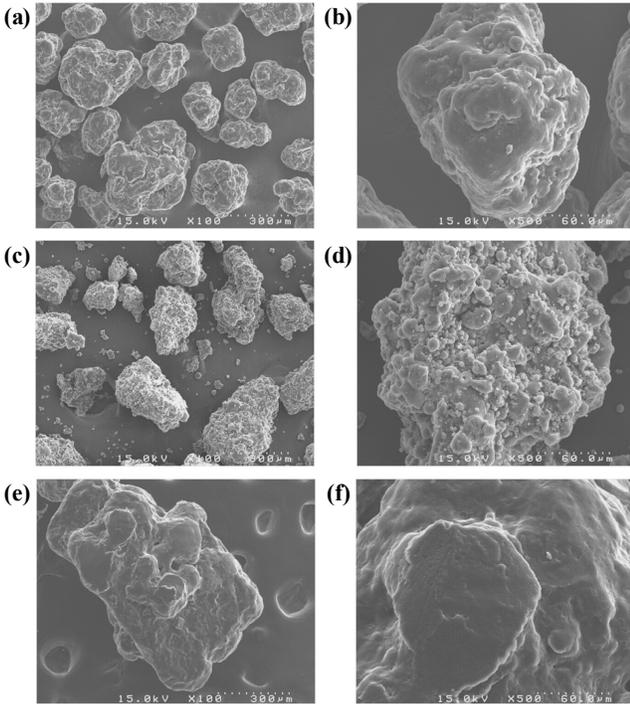


Fig. 3. Surface analysis of olive wax-coated vitamin C using scanning electron microscope (a) (X100), (b) (X500); (c) carnauba wax-coated vitamin C (X100), (d) (X500); (e) emulsifying waxcoated vitamin C (X100), and (f) (X500).

3.2. 코팅비타민 C의 안정성

코팅비타민 C의 로션 조성물로써 안정성을 항상 여부를 관찰하기위하여 로션베이스에 olive wax와 carnauba wax 코팅비타민 C를 1% 첨가한 로션시료를 제조하여 실온에서 30일간 저장하면서 성분의 변화를 관찰하였다. 투입된 비타민 C의 양을 100%로 하고 저장기간에 따른 비타민 C의 함량 변화를 분석하였다 (Fig. 4). 저장기간이 경과함에 따라 비타민 C의 양은 감소였으며, 저장기간 초기 5일이 경과한 시료의 경우 감소폭이 가장 컸다. 그 이후에는 완만한 감소를 보였으며, 30일 저장기간 동안 코팅비타민 C를 로션 첨가제로 사용한 시료들은 코팅하지 않은 비타민 C에 비해 코팅비타민 C의 저장성이 향상된 것을 알 수 있었다. 특히 carnauba wax를 코팅비타민 C의 경우 30일이 경과되었을 때 83.9%를 유지하여 코팅하지 않은 비타민 C의 66.1%에 비해 17.8%의 안정성이 향상된 것을 볼 수 있었다. 또한 화장료의 물성을 조사하기위하여 로션 베이스에 5% 코팅비타민 C를 첨가한 후 30일간 저장하여 관찰한 결과, 비타민 C를 동량 첨가한 대조군은 조성물의 점도가 눈에 띄게

낮아진 것에 비해 코팅비타민 C를 첨가한 화장료 조성물의 성상 변화는 미미하여 성분분리로 인한 조성물의 변화도 상당히 감소된 것을 관찰 할 수 있었다 (data not shown). 식품이나 화장품 산업 분야에서 미세 캡슐화 공정은 공업 피복 물질과 용매 등의 제약이 많이 따르므로 다른 분야에 비해 적절한 방법을 선택하는 것이 중요하다. 본 공정은 식물성 유지를 사용하여 분말 형태로 코팅을 하기 때문에 용매의 사용이 불필요하여 이에 따른 단점을 극복할 수 있다.

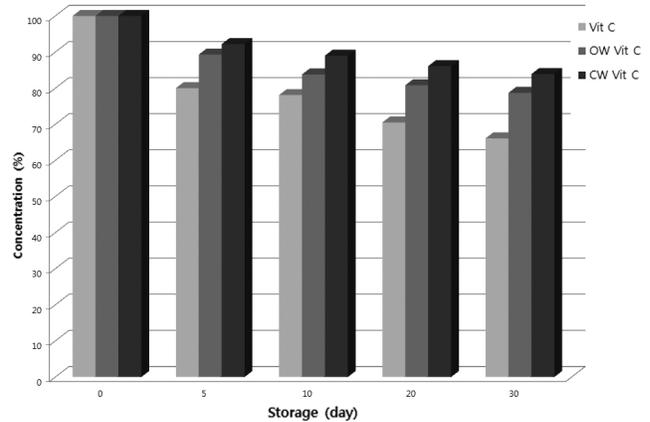


Fig. 4. Storage stability of vitamin C in the lotion base at 25°C. Vit C: original vitamin C, OW Vit C: olive wax-coated vitamin C, and CW Vit C: carnauba wax-coated vitamin C.

통상적으로 화장품 조성물으로써 비타민 C의 응용은 미백 및 항산화의 목적으로 사용되며 다른 구성성분과 직접 접촉하는 경우 쉽게 반응하여 불쾌취나 변색을 유발하는 등 조직에 영향을 주기도 한다. 또한 기능성 산미 증진을 위하여 비타민 C를 직접 첨가할 경우 신맛이 강하여 기대한 효과를 내기 어려운 경우도 있다. 첨가제로서 바람직하지 못한 산의 이러한 성질을 개선시킬 수 있는 방법 중 하나로 산의 외부를 캡슐화시키면 열이나 빛으로부터 보호되어 보존기간이 길어지며, 다른 성분과 일정기간동안 격리시키는 효과로 여러 가지 부반응을 억제시킬 수 있으며 성분이 오래 유지되는 장점도 있다 [10-11]. 본 연구에서는 위와 같은 장점을 가진 코팅비타민 C를 제조하여 수분이나 산소에 의한 산화가 쉽게 일어나는 비타민 C의 단점을 보완하여 화장품 첨가제로 응용 가능성을 연구한 결과 전체적인 제형의 변화없이 조성물이 조화를 잘 이루었으며 왁스에 코팅되어있는 비타민 C는 혼합물 내에서 방출속도가 지연되어 시간에 따라 평온되며 사용되는 시점에서 코팅에 사용된 왁스와 섞여 피부에 도포됨으로 유분성이 증가됨에 따라 코팅에 따른 이물감이 그다지 크지 느껴지지 않아서 민감한 피부에도 자극적이지 않는 특징을 기대할 수 있다. 코팅비타민 C는 다양한 식품 및 미백용 화장품 산업에 적용 가능할 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결론

미백기능이 요구되는 화장료에 첨가되는 비타민 C의 첨가

물로써 물성을 향상시키기 위하여 식물성 왁스인 올리브 왁스와 카나우바왁스를 이용하여 코팅비타민 C (coated vitamin C)를 제조하였다. 코팅비타민 C의 코팅 수율은 카나우바왁스를 사용하였을 때 $94.6 \pm 1.2\%$ 이었고 올리브 왁스로 코팅하였을 때 $82.5 \pm 1.4\%$ 이었다. 카나우바왁스 코팅비타민 C를 1% 첨가한 로션을 25°C 에서 30일 동안 저장하였을 때 비타민 C의 안정성은 코팅하지 않은 비타민 C에 비해 17.8% 향상된 것을 관찰할 수 있었으며, 코팅비타민 C는 로션 이외의 기능성 화장품 소재 및 식품 소재 등으로 활용가치가 높을 것으로 사료된다.

감사

본 연구는 산업자원부의 친환경 바이오 소재 및 식품 지역 혁신센터 (RIC) 2009년도 사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

References

1. Nishikimi M., R. Fukuyama, S. Minoshima, N. Shimizu, and K. Yagi (1994) Cloning and chromosomal mapping of the human nonfunctional gene for L-gulonogamma-lactone oxidase, the enzyme for L-ascorbic acid biosynthesis missing in man. *J. Biol. Chem.* 269: 13685-13688.
2. Meister, A. (1994) Glutathione-ascorbic acid antioxidant system in animals. *J. Biol. Chem.* 269: 9397-9400.
3. Saito, M. (2009) Nutrition and bone health. Roles of vitamin C and vitamin B as regulators of bone mass and quality. *Clin Calcium.* 19: 1192-1199.
4. Hori, Y., R. Akimoto, A. Hori, K. Kato, D. Chino, S. Matsumoto, S. Kamiya, and Y. Watanabe (2009) Skin collagen reproduction increased by ascorbic acid derivative iontophoresis by frequent-reversal bipolar electric stimulation. *J. Cosmet. Sci.* 60: 415-422.
5. Woo, K. I. and J. Lee (1995) The effects of ascorbic acid on free radical injury in cultured retinal pigment epithelial cells. *Korean J. Ophthalmol.* 9: 19-25.
6. Choi, W. S., Y. J. Kim, T. J. Kim, B. M. Jung, E. R. Kim, H. K. Jung, and H. N. Chun (2005) Research for selecting the optimized vitamin C analysis method. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 861-865.
7. Cho, Y. H., D. S. Shin, and J. Park (2000) Optimization of emulsification and spray drying process of the microencapsulation of flavor compounds. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 132-139.
8. Shahi, F. S. and X. Han (1993) Encapsulation of food ingredients. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 33: 501-521.
9. Cho, Y. H., D. S. Shin, and J. Park (1999) A study on wall materials for encapsulation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 1563-1569.
10. Kim, B., D.-M. Kim, S.-H. Lee, and H.-J. Shin (2010) Preparation of coated citric acid for sensory improvement of chocolate products. *KSBB J.* 25: 443-448.
11. Kim, B., D.-M. Kim, S.-H. Lee, and H.-J. Shin (2010) Development of coating process of citric acid using vegetable oil. *KSBB J.* 25: 137-141.