J. of Korean Oil Chemists' Soc.,
Vol. 29, No. 2. June, 2012. 348~355

Hydroxycinnamic Acid 첨가와 BGsome 포집에 의한 Ascorbic Acid의 안정화

전세은* · 김석중** · 진병석†

*동덕여자대학교 비만미용향장대학원 향장에스테틱과
**동덕여자대학교 자연과학대학 식품영양학과
†동덕여자대학교 자연과학대학 응용화학과
(2012년 6월 10일 접수 ; 2012년 6월 21일 수정 ; 2012년 6월 25일 채택)

Stabilization of Ascorbic Acid by Hydroxycinnamic Acid Incorporation and BGsome Encapsulation

Se-Eun Jeon* · Seok-Joong Kim** · Byung-Suk Jin†

*Department of cosmetic and esthetic, **Department of Food and Nutrition,
†Department of Applied Chemistry, Dongduk Women's University,
Seoul 136-714, Korea
(Received June 10, 2012 ; Revised June 21, 2012 ; Accepted June 25, 2012)

요 약 : hydroxycinnamic acid인 ferulic acid와 caffeic acid는 강력한 식물성 항산화제 이다. DPPH 수용액에서 이들의 자유라디칼 소거능과 높은 온도, 금속 이온과 같은 산화촉진 요인에 대한 화학적 안정성 등을 살펴보았다. 아스코르빅 산의 안정성 향상을 위해 ferulic acid와 caffeic acid를 아스코르빅산 수용액에 첨가하였다. 아스코르빅 산의 안정성 향상은 시간경과에 따른 SC_{50} 값의 변화로부터 확인하였다. 아스코르빅 산을 ferulic acid 또는 caffeic acid와 조합하여 BGsome 안에 포집시켜본 결과, 아스코르빅 산의 안정성이 순수한 용액 상태로 있을 때에 비해 크게 향상되었다.

주제어 : 하이드록시신남산, 아스코르빅산, 안정성, BGsome, 항산화제.

Abstract : Ferulic and caffeic acids are hydroxycinnamic acid derivatives, which are potent plant antioxidants. Their free radical scavenging abilities in aqueous solution exposed to DPPH radical, and chemical stabilities against oxidative stress like high temperature and metal ion, were evaluated. To improve the stability of ascorbic acid solution, ferulic acid or caffeic acid was incorporated into ascorbic acid solution. Stability improvement of ascorbic acid was verified through SC_{50} value change according to storage time. Ascorbic acid in combination with ferulic acid or caffeic acid was encapsulated with high efficiency inside BGsome. In this form, its stability was remarkably enhanced compared to that in free aqueous solution.

Keywords : hydroxycinnamic acid, ascorbic acid, stability, BGsome, antioxidant.

†주저자 (E-mail : bsjin@dongduk.ac.kr)

1. 서 론

Hydroxycinnamic acid는 C6-C3 골격을 갖는 페놀의 일종으로 과일, 채소, 곡물 등과 같은 식물에 주로 존재하며 여러 식품에서 항산화제, 보존제로 널리 사용되고 있다[1-2]. Hydroxycinnamic acid는 화학구조상 페놀성 하이드록시기(-OH), 이중결합, 카르복시기(-COOH) 등을 작용기로 함유하기 때문에 다양한 생리활성을 지닌 기능성 원료로서의 잠재성이 큰 물질이다. Hydroxycinnamic acid 종류로는 caffeic acid, p-coumaric acid, ferulic acid, sinapinic acid 등이 있는데 이 중 ferulic acid는 식물의 세포벽에 풍부하게 들어있는 성분으로 슈퍼옥사이드 이온, 산화질소, 하이드록시 라디칼과 같은 활성산소를 중화하는 항산화 작용이 있으며, 그 효과는 활성산소의 독성으로부터 생체를 방어하는 SOD(super oxide dismutase)와 같은 것으로 알려져 있다. Ferulic acid는 세포에 있어서 지질의 산화를 억제할 뿐 아니라 강력한 항산화력을 바탕으로 멜라닌 색소 제거, 기미, 주근깨 생성 방지 등의 미용효과로 인하여 화장품 원료로도 쓰이고 혈당강하, 콜레스테롤 저하 등의 약물적인 효과로 인해 각광을 받으면서 최근에 많은 다양한 연구가 이루어지고 있다. S.Itagaki 등은 in vitro, in vivo 실험을 통해 ferulic acid의 항산화 효능의 과학적 근거를 제시하였고[3], N. Nenadis 등은 ferulic acid 유도체의 구조- 활성 간 상관관계를 분석하였다[4]. 또한 S. Trombino 등은 ferulic acid를 토코페놀, 비타민 C, β-카로틴등과 조합했을 때 항산화의 시너지 효과가 있음을 밝혔고[5] F-H. Lin 등은 ferulic acid와 비타민 C, E 를 혼합한 용액을 피부에 적용했을 때 피부의 광 보호 효과가 크게 증가하여 광노화와 피부암을 예방할 수 있다는 결과를 발표하였다[6]. 이외에도 D. Maurya 등은 ferulic acid가 낮은 농도에서는 항산화 효능을 발휘하지만 높은 농도에서는 반대로 산화를 촉진하는 특성이 있음을 밝혔다[7]. 이러한 연구 결과들에서 ferulic acid는 강력한 항산화 물질이면서 또한 다른 항산화 물질과 조합했을 때 시너지 효과를 기대할 수 있다는 점에 착안하여 ferulic acid를 수용액 상에 있는 비타민 C를 안정화시키기 위한 안정제로서의 활용 가능성을 살펴보고자 한다. 비타민 C성분인 ascorbic acid는 뛰어난 미백효과, 콜라겐 재생효과, 광노화 예방, 항염 효과 등 다양한 미용적 효능을 갖추었지만 수용성으로 매우 불안정하여 물, 공기와 같은 외부 환경에 노출되면 짧은 시간 안에 급격히 효능을 잃고 변색, 변취되는 특성으로 말미암아 화장품 원료로 광범위하게 사용이 어려웠다. 따라서 수용액 상에서 ascorbic acid를 안정화시키기 위해 많은 노력과 연구가 진행되어 왔다[8-13]. 본 연구에서는 ascorbic acid의 안정성 향상을 위해 ferulic acid를 소량 혼합했을 때 ascorbic acid의 산화가 지연되고 항산화 효능 유지에 얼마나 영향을 미치는지를 살펴보았다. Ferulic acid 외에도 같은 hydroxycinnamic acid 류인 caffeic acid를 첨가했을 때의 효과도 비교하여 보았다. 마지막으로 ferulic acid, caffeic acid 각각을 ascorbic acid에 소량 혼합한 다음 지질 베시클인 BGsome에 포집시켰을 때, 각각의 hydroxycinnamic acid 첨가와 BGsome 포집이 ascorbic acid의 안정화에 미치는 효과를 살펴보았다.

2. 실 험

2.1. 재료

본 연구에서 사용한 ascorbic acid (AA), ferulic acid (FA), caffeic acid (CA), DPPH (1,1- diphenyl-2- picrylhydrazyl) radical 등은 모두 Sigma Chemical 회사의 제품을 사용하였다. BGsome 의 주성분인 인지질은 soybean에서 추출한 지질을 수소 첨가시켜 불포화 성분을 없앤 레시틴(Lecithin)으로 PC(Phosphatidyl Choline)성분이 95%이상인 Emulmetik 950(Lucas Meyer사)을 사용하였다. 편의상 명칭을 HPC(Hydrogenated Phosphatidyl Choline)로 나타내었다. 레시틴 용해에 사용되는 1,3-부틸렌 글리콜(BG)은 Sigma 제품을 사용하였다.

2.2. BGsome 제조

HPC와 1,3-부틸렌글리콜 각각 1 g 씩을 둥근바닥 플라스크에 넣은 후 입구를 마개로 막고 65℃의 항온조에서 완전히 용해시켜 HPC가 등방성 상태로 투명한 졸 용액을 만든다. 투명한 졸 상태의 용액에 AA 수용액 적당량을 넣은 후 교반기를 이용하여 2분 이상 자석 교반

시키면 용액은 겔 상태로 변하면서 백색의 수화 액정상(hydrated liquid crystalline phase)이 형성된다. 다음은 수화 액정상의 분산단계로 교반기를 계속 돌린 상태로 전단력을 가하면서 정량송액 펌프를 이용 증류수 60 ml 를 약 5 ml/min 의 속도로 한 방울 씩 서서히 첨가하면 수화 액정상은 베시클 형태의 입자로 물속에 분산되는데 이 베시클 입자가 BGsome이다. BGsome 입자가 분산된 현탁액을 항온조에서 상온으로 옮겨 약 1시간 정도 자석교반 하에서서히 냉각시키며 베시클 액정을 안정화시킨다. 상온까지 냉각된 BGsome 입자의 현탁액에 초음파를 가하면 BGsome 입자는 더욱 작고 고르게 분산된다.

2.3. 산화 안정성 실험

AA가 BGsome에 포집되었을 때 AA의 산화 안정 효과는 DPPH 실험의 radical scavenging activity 를 측정하여 판별하였다. DPPH 실험은 다음과 같은 방법으로 진행되었다. AA 수용액과 AA를 포집시킨 BGsome 현탁액을 4 0℃의 오븐에 보관하면서 일정시간 마다 특정량을 채취한 후 BGsome 베시클 막을 용해시키기 위해 에탄올에 희석시킨다. 이 용액 각각 2ml 에탄올에 용해시킨 0.2mM DPPH 용액 1ml를 첨가하여 섞은 후 실온에서 10 min 동안 반응 시킨 후 UV-vis spectrophotometer로 517 nm에서 흡광도를 측정하여 다음 식에 따라 DPPH radical scavenging activity(%)를 구하였다.

DPPH radical scavenging activity(%)

$$= (1-\frac{S-B}{C}) \times 100$$

S : DPPH 용액에 시료를 첨가한 반응용액의 흡광도

B : 시료용액의 흡광도

C : DPPH 용액에 시료를 첨가하지 않은 반응용액의 흡광도 농도

3. 결과 및 고찰

자유 라디칼을 지닌 화학종들은 높은 에너지를 지닌 불안정한 상태로 생체 내에서 여러 불필요한 반응을 일으키며 산화적 손상을 촉진하게 된다. 항산화 물질은 활성 상태의 자유라디칼을 소거함으로써 이들 화학종에 의한 산화 작용을 억제한다. 항산화 물질의 자유라디칼 소거는 UV-vis 광도계를 사용한 스펙트럼의 피크로 부터 확인할 수 있다. DPPH 라디칼 용액은 보라색으로 Fig. 1에서와 같이 517 nm 파장에서 최대 흡수피크를 나타낸다. DPPH 라디칼 용액에 항산화 물질인 ascorbic acid, caffeic acid, ferulic acid 등을 각각 5ppm 의 농도로 혼합하면 DPPH는 이들 항산화 물질에 전자를 내어주고 라디칼이 소거되면서 보라색이 사라진다. 따라서 DPPH 라디칼이 나타냈던 517nm 에서의 흡수 피크가 크게 감소하는데 이러한 결과로 부터 이들 물질의 항산화 효능을 확인할 수 있다.

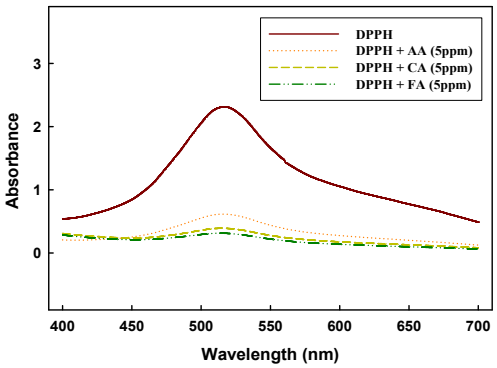

Fig. 1. Investigation of DPPH radical scavenging by ascorbic acid, caffeic acid, and ferulic acid through UV-Vis spectrum.

Ascorbic acid와 caffeic acid, ferulic acid 각각의 항산화 효능을 비교하고 정량적으로 나타내기 위하여 각 성분 농도에 따른 DPPH 라디칼 소거능을 측정하였다(Fig. 2). 대표적 항산화 물질인 ascorbic acid는 8 ppm 까지 농도를 늘려갈수록 DPPH 라디칼 소거능이 농도에 선형적으로 비례하여 증가하였다. DPPH 라디칼을 50% 소거할 수 있는 농도인 SC_{50}값은 5.0 ppm 이고 이 농도를 몰 농도로 환산하면 약 28.4 μM에 해당한다. Hydroxycinnamic acid인 caffeic acid와 ferulic acid는 SC_{50} 값이 각각 4.1 ppm(22.8μM)와 14.8ppm(76.3μM)으로 측정되었다. Caffeic acid는 대표적 항산화 물질인 ascorbic acid보다도 SC_{50} 값이 낮게 나타나

는 결과로 볼 때 라디칼을 제거하는 항산화 효능이 매우 강력한 성분임을 알 수 있었다.

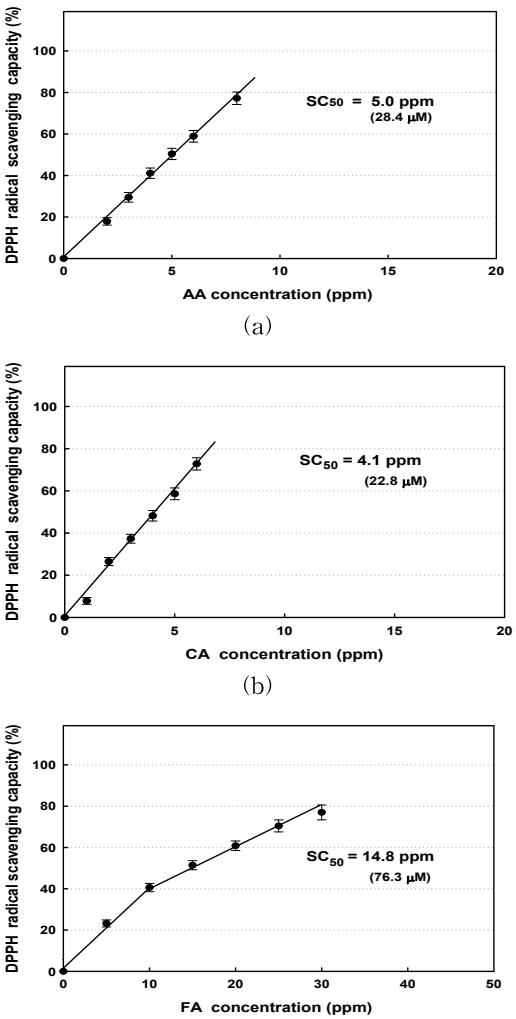

Fig. 2. DPPH free radical scavenging capacity of (a)ascorbic (b)caffeic (c)ferulic acid.

Fig. 3은 세 가지 항산화 물질의 안정성을 비교하기 위하여 ascorbic acid, caffeic acid, ferulic acid 각각을 0.1 과 1 mg/ml 농도의 수용액으로 만들어 40℃ 오븐에 보관하면서 시간 경과에 따라 SC_{50} 값의 변화를 살펴보았다. 그림에서 보듯이 caffeic acid, ferulic acid은 5주가 경과하여도 SC_{50} 값에 그다지 큰 변화가 나타나지 않고 항산화 효능을 그대로 유지하는데 반해 ascorbic acid는 다른 항산화 물질에 비해 시간 경과에 따라 SC_{50} 값이 크게 증가하였다. 또한 ascorbic acid는 수용액 농도에 따라서도 SC_{50} 값 변화가 다르게 나타나는데 1 mg/ml (≈1,000 ppm) 농도로 보관할 때 3주가 지나면서 SC_{50} 값이 크게 증가하지만 10배 희석한 0.1 mg/ml 농도로 보관할 때는 1주 만에 SC_{50} 값이 크게 증가하면서 항산화 효능이 크게 감소하였다. 결론적으로 ascorbic acid 수용액의 농도가 낮을수록 항산화 효능의 유지가 어려운데 이는 수용액의 pH와 관련지어 생각할 수 있다.

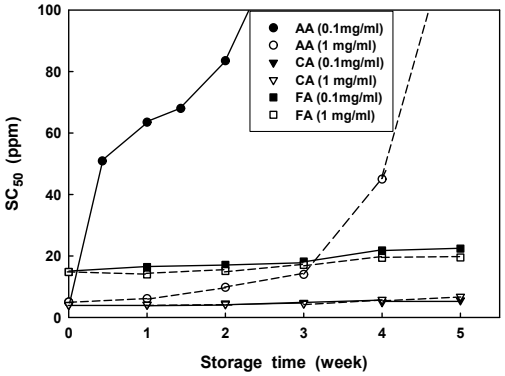

Fig. 3. SC_{50} value Change with storage time at 40℃.

Ascorbic acid 수용액의 농도가 0.1, 1 mg/ml 일 때 수용액의 pH는 각각 3.7과 3.1로 나타났다(Fig. 4). 농도가 0.1에서 1 mg/ml 로 10배 증가할 때 수용액의 pH 차이는 0.6이고 수소이온의 농도 $[H^+]$는 대략 4배 정도 증가하면서 수용액은 더욱 산성이 된다. 일반적으로 ascorbic acid의 안정성은 수용액의 pH에 매우 민감하며 수용액이 산성 일수록 산화가 덜 일어나고 안정성이 높아진다. Caffeic acid와 ferulic acid는 0.1 mg/ml 농도일 때 수용액 pH가 3.8이고 1 mg/ml 일 때는 3.3으로, 두 물질은 농도에 따른 pH가 동일하게 나타났다. Caffeic acid, ferulic acid 각각은 ascorbic acid와 달리 농도에 따른 pH 차이에도 불구하고 이 정도 범위의 pH 변화에서 안정성이 민감하게 변하지는 않는 결과를 보여주었다. Ascorbic acid는 산화 안정성 측면을 고려할 때 농도를 높이는 것이 장기간 보관에 유리하지만 화장품 원료로 쓰일 경

우 너무 강한 산성을 나타나면 피부 자극의 원인이 되기 때문에 적당한 농도 조절이 필요하다.

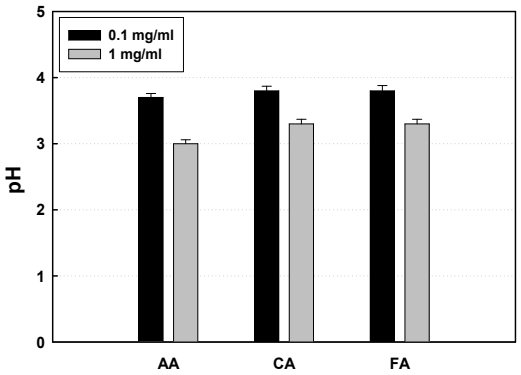

Fig. 4. pH change of ascorbic, caffeic, and ferulic acid at different concentration.

수용액에 녹아있는 물질의 산화를 촉진하는 요인으로는 열, 빛, 그리고 물 속에 녹아있는 금속이온 등이 있다. 금속 이온 중 구리 이온(Cu^{+2})이 0.01 mM 농도로 수용액에 존재할 때 ascorbic acid, caffeic acid, ferulic acid 각각의 안정성을 비교하여 보았다(Fig. 5). Caffeic acid과 ferulic acid은 금속이온이 존재하여도 40℃에서 5주 동안 SC_{50} 값에 큰 변화 없이 항산화 효능을 대부분 유지하고 있지만 ascorbic acid는 1주가 지나면서 바로 산화가 일어나 SC_{50} 값이 큰 폭으로 증가하였다. 이상의 결과들을 종합해 보면 ascorbic acid는 수용액 상에서 쉽게 산화되어 항산화 효능이 장기간 유지되지 못하는 문제를 지니는데 반해 caffeic acid과 ferulic acid는 항산화 효능과 더불어 안정성도 우수하기 때문에 화장품을 비롯한 여러 용도의 제품에서 항산화 원료로 널리 활용이 기대되는 물질이다.

F. H. Lin 은 ferulic acid를 ascorbic acid, tocopherol과 혼합하여 피부에 적용하면 광 보호 효과가 두 배로 늘어나고 ascorbic acid, tocopherol와의 혼합에서 효능의 시너지효과가 일어난다는 논문을 발표하였다[6]. 따라서 본 연구에서는 ferulic acid가 ascorbic acid를 안정화시키고 항산화 효능 유지에 영향을 줄 수 있는지 확인하기 위해서 0.5 mg/ml 농도로 ascorbic acid 수용액을 만들고 여기에 ascorbic

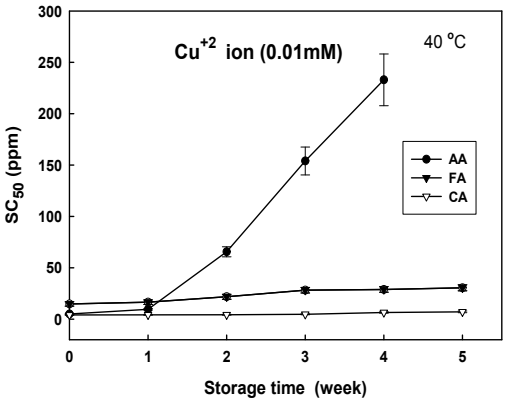

Fig. 5. Effect of Cu^{+2} ion on SC_{50} values of ascorbic, caffeic, and ferulic acid.

acid 양의 1/20. 1/30, 1/40, 1/50에 해당하는 ferulic acid를 첨가하여 40℃ 온도에서 시간 경과에 따른 SC_{50} 값의 변화를 살펴보았다. Fig. 6에서 보듯이 ascorbic acid 단독 보다는 ferulic acid를 소량 첨가했을 때 시간 경과에 따른 SC_{50} 값의 증가가 억제되고 14일 후에는 ascorbic acid 단독 보다 매우 낮은 SC_{50} 값을 유지하는 것으로 나타났다. 이런 결과로부터 ferulic acid가 ascorbic acid를 안정화시키고 항산화 효능을 유지하는데 효과적인 역할을 하는 물질임을 확인했다. 다만 첨가량이 ascorbic acid 양의 1/40까지는 산화를 억제하는데 효과적으로 나타났지만 1/50로 줄이면 억제 효과가 그다지 뚜렷하게 나타나지 않았다. Caffeic acid도 ferulic acid 만큼의 ascorbic acid 산화 억제하는 효과가 있는지 비교하기 위하여 ascorbic acid를 다시 1 mg/ml 농도의 수용액으로 만든 후 여기에 caffeic acid, ferulic acid 각각을 ascorbic acid 양의 1/40로 첨가하였다. Fig. 7에서 보듯이 ascorbic acid는 3주가 지나면서 SC_{50} 값이 크게 증가하지만 caffeic acid, ferulic acid 등을 소량 첨가했을 때는 5주가 지나면서 SC_{50} 값이 크게 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 ferulic acid와 마찬가지로 caffeic acid도 ascorbic acid의 산화를 지연시키고 안정화에 효과가 있음을 보여주는 것이다.

Ferulic acid나 caffeic acid는 다음과 같은 화학 구조적 특징 때문에 매우 안정한 특성을 갖는다. 우선 벤젠고리에 붙어있는 전자 공여 특성의 치환기(-OCH_3, -OH)는 이웃한 탄소 분자

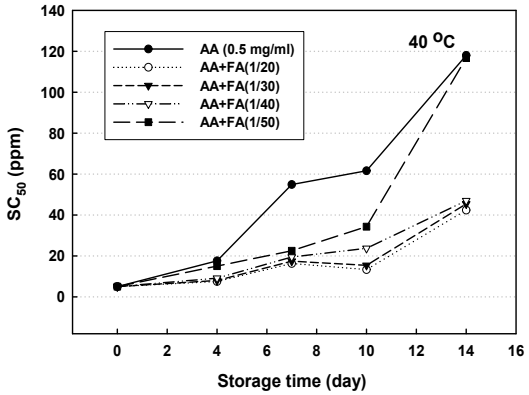

Fig. 6. Ascorbic acid stabilization due to the incorporation of ferulic acid at different composition.

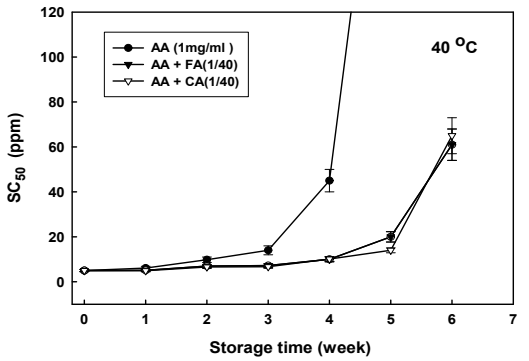

Fig. 7. Ascorbic acid stabilization by caffeic and ferulic acid incorporation.

의 하이드록실 수소원자 제거(H atom abstraction)를 쉽게 유도하고 또한 불포화 이중결합에 이웃한 카르복실 산기(-CH=CH-COOH)는 외부의 자유라디칼에 공격 자리를 제공하면서 동시에 벤젠 고리와 함께 라디칼의 공명(resonance)구조를 형성한다. 따라서 ferulic acid와 caffeic acid는 라디칼을 갖는 외부의 산화물질의 공격에 ascorbic acid 보다도 선제 대응하여 수소원자를 제공함으로써 외부 산화물질의 활성을 중화시키고 ascorbic acid의 산화를 억제하는 역할을 수행하게 된다. 동시에 수소원자 제공에 기인하여 만들어진 페녹시 라디칼은 Fig. 8과 같은 여러 형태의 공명구조를 형성함으로써 안정화가 이루어지고 결국은 자유 라디칼의 연쇄반응을 저지하게 된다[14].

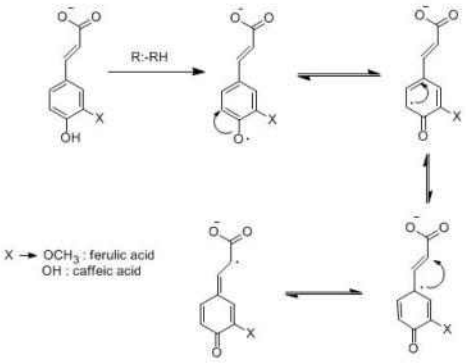

Fig. 8. Possible resonance structure of hydroxycinnamic acid phenoxyl radical [14].

Ascorbic acid의 안정성을 더욱 높이기 위하여 hydroxycinnamic acid와 함께 수화 액정형 지질 베시클인 BGsome에 ascorbic acid 포집을 시도하였다. Fig. 9를 보면 ascorbic acid의 안정성이 BGsome에 포집했을 때 크게 향상됨을 알 수 있다. Ascorbic acid 가 수용액 상태에서는 3주 후부터 산화가 급격하게 진행되어 SC_{50} 값이 큰 폭으로 증가한다. 이에 반해 ascorbic acid 단독으로 BGsome에 포집되어 있을 경우는 6주까지도 비교적 안정적인 상태를 유지하고 caffeic acid나 ferulic acid 소량을 ascorbic acid 에 첨가해서 BGsome에 함께 포집한 경우

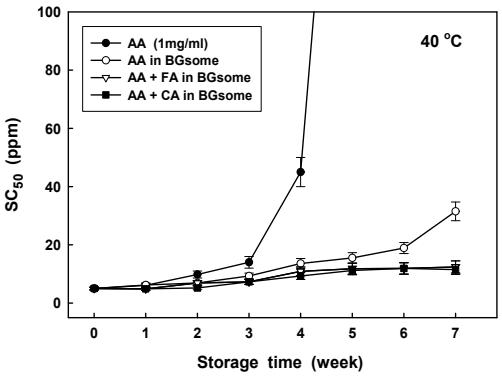

Fig. 9. Stabilization of ascorbic acid in combination with CA or FA encapsulated in BGsome.

는 더욱 안정화가 이루어져 7주 후에도 ascorbic acid 의 항산화 효능이 거의 처음과 동일하게 유지됨을 알 수 있다. Ascorbic acid 가 BGsome에 포집되면 규칙적 배열을 갖는 인지질 액정 구조 속에 ascorbic acid 성분이 갇혀 상대적으로 분자의 운동이 자유롭지 못하고 산소 등과 같이 산화를 촉진하는 반응 인자들과 접촉이 제한되기 때문에 산화가 쉽게 일어나지 못해 항산화 효능을 오랫동안 유지할 수가 있게 된다[15]. 따라서 BGsome과 같은 액정 구조를 갖는 베시클은 ascorbic acid 와 같이 산화가 쉬운 물질의 안정화 향상에 큰 효과를 발휘할 수 있다.

4. 결 론

수용액상에서의 ascorbic acid, ferulic acid, caffeic acid의 항산화 효능을 비교한 결과 caffeic acid가 대표적 항산화 물질인 ascorbic acid 보다도 낮은 SC_{50} 값을 보여줌으로써 자유라디칼을 제거하는 항산화 효능이 매우 우수한 물질임을 알 수 있었다. 또한 ascorbic acid 와 달리 ferulic acid, caffeic acid는 산화촉진 요인(높은 온도, 금속이온)의 존재 하에서 5주 동안 항산화 효능을 계속 유지함으로써 화학적으로 안정한 물질임을 보여주었다. Ferulic acid 또는 caffeic acid를 ascorbic acid에 소량 첨가했을 때 ascorbic acid의 산화가 지연되어 더 오랜 기간 ascorbic acid의 항산화 효능이 유지되는 결과가 나타났다. 더 나아가 ascorbic acid를 소량의 ferulic acid 또는 caffeic acid 와 함께 BGsome 베시클에 포집시킨 결과 40℃의 온도에서 ascorbic acid의 항산화 효능이 7주간 유지되는 결과를 보여주었다. 따라서 ferulic acid 나 caffeic acid를 산화 안정제로 첨가하고 BGsome 베시클에 포집을 시도하면 ascorbic acid와 같이 수용액상에서 산화가 쉽게 일어나는 물질을 장기적으로 안정화 시킬 수 있음을 알았다.

참고문헌

1. J.B. Harborne, “Plant Phenolics”, In Methods in Plant Biochemistry; 197, Academic Press, London, U.K.(1989).
2. A.C. Rice-Evans, N.J. Miller, and G. Paganga, Structure-antioxidant Activity Relationships of Flavonoids and Phenolic Acids, *Free Radical Biol. Med.*, **20**, 933 (1996).
3. S. Itagaki, T. Kurokawa, C. Nakata, Y. Saito, S. Oikawa, and K. Iseki, In Vitro and in Vivo Antioxidant Properties of Ferulic Acid, *Food chemistry*, **114**, 466 (2009).
4. N. Nenadis, H. Zhang, and M.Z. Tsimidou, Structure-antioxidant Activity Relationship of Ferulic Acid Derivatives, *J. of Agric. & Food Chem.*, **51**, 1874 (2003).
5. S. Trombino, S.Serini, F.D. Nicuolo, L.Celleno, and P. Palozza, Antioxidant Effect of Ferulic Aicd in Isolated Membranes and Intact Cells, *J. of Agric. & Food Chem.*, **52**, 2411 (2004).
6. F-H Lin, J-Y Lin, R.D. Gupta, and S.R. Pinnell, Ferulic acid Stabilizes a Solution of Vitamins C and E and Doubles its Photoprotection of skin, *J. Invest Dermatol*, **125**, 826 (2005).
7. D. K. Maurya, and T.P.A. Devasagayam, Antioxidant and Prooxidant Nature of Hydroxycinnamic Acid Derivatives Ferulic and Caffeic Acid, *Food and Chemical Toxicology*, **48**, 3369 (2010).
8. B. Rozman and M. Gasperlin, Stability of Vitamins C and E in Topical Microemulsions for Combined Antioxidant Therapy. *Drug Deliv.*, **14**, 235 (2007).
9. G. Golubitskii, E. Budko, E. Basova, A. Kostarnoi, and V. Ivanov, Stability of Ascorbic Acid in Aqueous and Aqueous-Organic Solutions for Quantitative Determination, *J. of Analytical Chemistry*, **62(8)**, 742 (2007).
10. F. Torregrosa, M.J. Esteve, A. Frígola, and C. Cortés, Ascorbic Acid Stability During Refrigerated Storage of Orange-carrot Juice Treated by High Pulsed Electric Field and Comparison with

Pasteurized Juice, *J.of Food Eng.*, **73(4)**, 339 (2006).
11. M. Gallarate, M.E. Carlotti, M. Trotta, S. Bovo, On the Stability of Ascorbic Acid in Emulsified Systems for Topical and Cosmetic use, *Int. J. of Pharmaceutics,* **188**, 233 (1999).
12. J.M. Wilmott, Cosmetic Preparation Incorporating Stabilized Ascorbic acid - US Patent 4,983,382 (1991).
13. C. J. Kirby, C. J. Whittle, N. Rigby, D. T. Coxon, and B. A. Law, Stabilization of Ascorbic Acid by Microencapsulation in Liposomes, *Int. J. of Food Sci. & Tech.,* **26 (5)**, 437, (1991).
14. J. Kanski, M. Aksenova, A.Stoyanova, and A. Butterfield, Ferulic Acid Antioxidant Protection Against Hydroxyl and Peroxyl Radical Oxidation, *J. of Nutri. Biochem.*, **13**, 273 (2002).
15. S.Y. Hwang and B.S.Jin, Characteristics Od L-ascorbic Acid Encapsulated BGsome and Its Stabilization Effect, *J.of the Korean Oil Chem.,* **28(3),** 313 (2011).