

고기능성 화장품 산업에서 고분자의 응용

김진웅·장이섭·강학희

1. 서 론

화장품 산업은 국가의 문화 척도를 가늠할 수 있는 산업분야로서 사회와 문화의 발달과 더불어 성장하는 특성을 지니고 있다. 기술적인 측면에서 화장품 산업은 화학, 생물학, 생리학, 약학 등의 기초과학과 응용기술이 복합적으로 적용되는 분야로서 다품종, 소량생산의 전형적인 정밀화학공업의 한 분야이다. 따라서, 화장품 산업은 기술 집약적이고 고부가가치 산업이다. 또한, 화장품 산업은 비 자본 집약적, 비 장치 산업적이며 원료의 해외의존도가 높고 유행에 매우 민감한 감성 산업이기도 하다. 화장품은 건강한 피부에 사용하는 제품으로서 피부에 대한 안전성, 효능, 사용 편의성 등을 갖추어야 하며, 색채효과에 의한 미적 기능, 피부 및 모발의 청결, 보호, 보습, 유연, 노화억제, 심리적 안정감, 사회적 기능 등을 고루 갖추어야만 한다. 현재 국내 화장품 시장은 화장품 자체만으로도 약 3조원의 시장을 형성하고 있고, 관련 산업을 합치면 약 10조

원 정도로 산업규모를 이루고 있는 것으로 추정하고 있으며, 약 20만 명 이상의 인력이 화장품 관련 업종에 종사하고 있다.

정밀화학 분야의 세계시장 규모는 **표 1**에서 정리되어 있듯이, 2000년도 기준으로 약 6,000억 달러로 예측되고 있으며, 이 중에서 화장품 시장은 약 1,000억 달러의 시장을 형성하고 있어, 의약품 다음으로 큰 시장을 형성하고 있다.¹

국내 화장품 기술의 연도별 발전 내용은 **표 2**에 정리하였다. 국내 화장품 기술은 1960년대부터 시



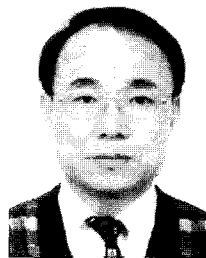
장이섭

1981 서울대학교 공업화학과 (학사)
1983 서울대학교 공업화학과 (석사)
1992 서울대학교 공업화학과 (박사)
2000~ 태평양기술연구원 피부과학
현재 연구소장



김진웅

1994 한양대학교 공업화학과 (학사)
1996 한양대학교 공업화학과 (석사)
2000 한양대학교 공업화학과 (박사)
2000~ 태평양기술연구원 나노텍연구팀
현재 선임연구원



강학희

1982 한양대학교 화학공학과 (학사)
1988 한국과학기술원 화학공학과 (석사)
1998~ 한양대학교 화학공학과 박사과정
현재
2000~ 태평양기술연구원 화장품연구
현재 소장/상무

Application of Polymers in the Field of High Functional Cosmetics

태평양기술연구원 (Jin-Woong Kim, Ih-Seop Chang, and Hak-Hee Kang, Amore Pacific R&D Center, 314-1, Bora-ri, Giheung-eup, Yongin-si, Gyeonggi-do 449-729, Korea)

표 1. 세계 정밀화학 산업의 수요 전망 (단위: 억 달러, %)

분야	1992	2000	2005
의약품	2050 (45.4)	2943 (48.0)	4043 (51.1)
화장품	649 (14.4)	1004 (15.2)	1329 (15.7)
사진용	600 (13.3)	650 (10.5)	650 (8.3)
도료	432 (9.6)	525 (8.6)	577 (7.4)
농약	252 (5.5)	268 (4.4)	276 (3.5)
향료	103 (2.3)	169 (2.8)	226 (2.9)
염안료	151 (3.3)	182 (3.0)	210 (2.7)
접착제	130 (3.0)	177 (2.9)	200 (2.6)
계면활성제	99 (2.2)	127 (2.1)	149 (1.9)
촉매	45 (1.0)	86 (1.4)	140 (1.8)
합계	4511 (100)	6131 (100)	7800 (100)

표 2. 년도별 화장품 기술 동향

년대	주요 연구과제	내용
1950	원료수급	가내수공업 시대 (비방에 의한 생산)
1960	안전성	화장품 연구의 시작 (해외기술 도입) 제조 및 품질관리 기술의 발전
1970	사용성	자연스러운 사용감 사용 원료의 다양화
1980	안전성/유효성	안전성 기술의 발전 (민감성 피부용 제품 개발) 생물공학 응용 원료의 사용, 신제형 개발 유효성 평가 기술의 진보
1990	유효성/기능성	미백, 욱모 및 피부노화에 관한 연구 기능성 원료 및 제형 개발 피부에 대한 유효성 연구의 확대

작되었다고 할 수 있다. 일부 외국 화장품 회사의 기술을 도입하여 국내 화장품 기술은 단기간에 발전하였다. 당시에는 화장품 제조기술에 관한 기초적인 연구, 즉 유효제의 선택 등에 관한 연구가 이루어졌다. 1970년대에 들어 화장품 산업은 한국 경제 성장과 어울려 급속한 기술적인 발전이 이루어졌고, 1980년대에 생물공학적 기법을 활용한 원료 개발, 리포솜, 캡슐화에 의한 제품 개발 등 다양한 접근이 시도되었으며, 1990년대에 들어 과거 단순한 피부 보습, 보호 기능에서 보다 적극적인 피부 미백, 주름 예방 등 유효성에 중점을 두게 되었다. 따라서, 이러한 효능/효과를 지니는 원료의 개발과 이러한 원료들을 피부에 보다 효과적으로 침투시킬 수 있는 제형의 개발에 연구의 초점이 맞추어졌다.

화장품 산업에서 고분자는 다양하게 응용되고 있다. 대표적인 응용은 유효제형의 점도를 조절하기 위하여 젤라틴, 스타치, 잔탄검, 나트륨 폴리아크릴레이트, 히드록시에틸셀룰로오즈, 카르복시메틸셀룰

로오즈, 폴리비닐피롤리돈, 폴리비닐 알킬 에테르, 폴리비닐 알콜, 친수성기를 주사슬에 지니고 있는 랜덤 혹은 블록 공중합체 등의 수용성 고분자를 점증제로 다양하게 사용하고 있다. 또한, 분산력 향상을 위하여 표면 코팅제로 고분자를 다양하게 응용하고 있으며, 피부에 독특한 사용성을 부여하기 위하여 폴리아크릴계 고분자 분체를 현재 사용하고 있다. 그러나, 최근에는 고분자 자체의 물리적 특성을 화장품 제형에 적용하는 기존 연구에서 탈피하여 고기능성 화장품의 핵심원료에 기능을 더욱 극대화하기 위하여 고분자를 활용하는 연구가 다양하게 진행되고 있다. 일반적으로 기능성 화장품에 핵심원료로 사용되는 유효성분은 자체 효능 발현에 상응하는 불안정성을 지니고 있다. 그러한 불안정성을 개선하기 위하여 고기능성 고분자들을 활용하여 isolation, conjugation과 같은 방법으로 유효성분의 안정도를 향상시키고 궁극적으로는 효능을 발현시키는 smart carrier의 핵심 기술로 응용되고 있다.

본 고에서는 화장품 산업에서 범용적으로 사용되는 고분자들에 대한 이해는 지양하고 고기능성 원료들의 화장품 응용에 있어서 신규 고분자 또는 고분자 활용 신규 시스템에 대한 최근 연구 동향을 구체적으로 언급하고자 한다.

2. 최근 화장품 연구 동향

최근 화장품 기술은 치유의 개념이 도입된 cosmeceutical의 개발에 집중되고 있다. Cosmeceutical은 cosmetics와 pharmaceutical의 합성어로서, 크게 기능성을 갖는 활성성분의 연구, 효능성분의 경피흡수 방법과 이를 포함한 제형의 연구 및 피부 생리에 대한 기초연구에 집중되고 있다.² 화장품 기술에서의 주된 관심 분야는 피부노화, 자외선 및 유해물질 등의 외부 환경으로부터 피부 보호, 새로운 피부세포의 생성 촉진 등에 관련된 기능성 성분의 개발과 이들의 효능 및 피부안전성 측정 방법 등을 들 수 있다. 화장품 원료로 집중적으로 연구되고 있는 유효성분으로는 비타민 A, C, E 등의 비타민류, ceramide, α or β -hydroxy acid, glucan, enzyme류, cytokine modulator, 각종 식물 추출물 등을 들 수 있다. 화장품 산업에서 원료 개발 분야는 신규 유효성분을 합성하거나 추출하는 방법에 대한 연구와 알려져 있는 유효성분을 화장품 제형

표 3. 화장품 산업의 주요 연구 분야

연구 분야	연구 현황
주름 방지	피부노화 메커니즘에 관한 연구 신진대사 촉진 및 콜라겐 합성 촉진 물질 개발 Cytokine류의 개발 및 응용
보습	Ceramide 및 pseudoceramide의 개발 Lamellar liquid crystal 구조 제형 개발 고분자 보습 성분의 개발
보호	천연물로부터 항산화, 항염증, 자외선 차단 성분 추출 자외선 차단제의 개발
미백	멜라닌 생성 억제 성분 개발 호르몬 발현 억제 및 유사체의 개발
여드름 방지	피지 분비 억제 물질 개발 항염증 성분 활용
소재개발	무기분체의 크기 표면 특성 개량 유기/무기 복합화 기술
제형 개발	Encapsulation을 이용한 활성성분 안정화 시스템 개발 가시적 특이성이 부여된 제형 개발
효능 연구	보습, 미백, 육모, 탄력 등의 효능/효과 시험법 개발 DNA 칩을 이용한 스크리닝법 개발 DNA shuffling, cell surface display, phage display를 이용한 효능원료 스크리닝법 개발

에서 안정화와 경피흡수가 용이하도록 하는 전달체의 개발에 집중되고 있으며, 그러한 예에는 liposome delivery system, microencapsulation, micro-rosponge, nanocarrier 등을 들 수 있다.³⁻⁵

최근 화장품에서는 기능성이 특히 강조되고 있다. 피부과학의 발전과 더불어 미백, 주름 방지, 육모 등의 피부 및 모발에 대한 화장품의 효과 향상에 대한 관심이 높아지고 있다. 현재 널리 연구되고 있는 화장품 기술 분야는 표 3과 같이 요약할 수 있다. 표에 요약되어 있는 화장품 산업의 주요 연구 현황에서 알 수 있듯이, 주요 연구는 피부 생리학의 연구에 바탕을 두어 신규 물질의 탐색이나 피부 노화를 억제할 수 있는 방법의 발견과 천연물 추출, 신규 원료 합성 등의 방법을 적용하여 새로운 원료의 개발에 주력하고 있다. 특히, 노화 지연에 대한 연구는 화장품 뿐만 아니라 의약품 산업에서도 끊임없이 연구되고 있으며, 이러한 연구는 앞으로도 계속 진행될 전망이다. 본 고에서는 현재 진행 중인 연구 가운데 주요 연구내용과 고분자를 이용한 대표적 시스템에 관하여 살펴보고자 한다.

3. 고기능성 화장품 분야

3.1 피부주름 개선

기능성 화장품 산업에서 가장 관심이 집중되는 분야는 피부 노화 지연에 관련된 연구이다. 유전자 또는 세포수준에서 노화의 원인에 관한 많은 연구가 진행되고 있으며, 피부 주름 생성에 관한 생리학적인 연구도 전개되고 있다. 화장품 분야에서 주름 생성의 지연은 우선 보습제에 의한 각질층의 수준 유지, 자외선 또는 유해 환경으로부터 피부 보호, 새로운 세포 생성 촉진에 의한 주름 방지 등의 관점에서 연구가 진행되고 있다.⁶⁻⁸ 특히, 주름 생성은 콜라겐 양과 밀접한 관련이 있으며, 선택적으로 collagenase나 elastase의 활성을 저하시킬 수 있는 성분의 개발도 주요 연구 과제의 하나이다. 그러나, 구체적으로 주름 개선 효과는 항염증, 자외선 흡수, 유연제, elastase 차단, DNA 보호, 유해산소 억제, 콜라겐 합성 촉진, 피부흡수 촉진, ATP 합성 촉진, 보습, 수렴, 면역증강 등의 기능을 복합적으로 고려하여 진행되고 있다. 임상 시험을 통하여 잔주름 개선 효과가 증명된 대표적인 성분으로 AHA (alpha hydroxy acid)와 비타민류를 들 수 있다 (그림 1).

3.1.1 AHA의 응용

AHA는 각질층의 수분량과 유연성을 증가시키고 각질 박리를 촉진시켜 세포의 turnover를 촉진시키며, 각질층 ceramide 함량과 진피의 hyaluronic acid의 함량을 증가시키는 것으로 보고되고 있다. 그러나, AHA는 피부자극을 유발하고 자외선에 대한 민감성을 증가시키며, 각질층 박리에 의한 부작용이 보고되면서 그 사용에 제한을 받고 있다. 따라서, 효과는 증대시키면서 부작용을 최소화하기 위하여 cyclodextrin에 AHA를 포집시키는 방법, AHA

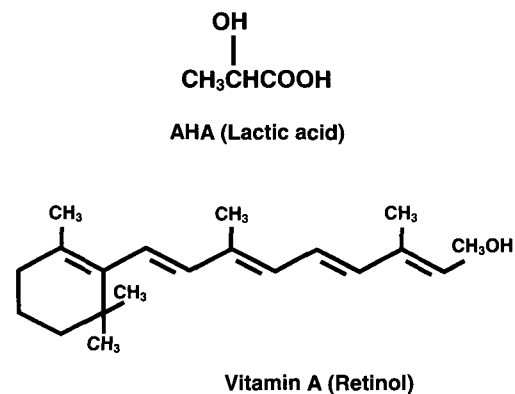


그림 1. AHA(α -hydroxy acid, lactic acid의 일례)와 비타민 A에 대한 분자 구조.

와 ester 결합에 의하여 유도체화 하는 방법, 고분자와 혼용하여 사용하는 방법 등이 보고되고 있다.

3.1.2 비타민류의 응용

비타민류는 과거부터 피부 주름 개선용으로 많이 사용되어 왔다. 비타민류가 피부에 미치는 영향에 관한 기초 연구가 활발히 진행되고 있으나, 근본적으로 낮은 안정성으로 인하여 다양한 적용에는 제한을 받고 있는 실정이다. 따라서, 비타민류 자체의 분자 안정성을 향상시키고자 하는 연구가 병행되고 있다. 특히, 비타민 A인 레티놀에 대한 연구가 최근 10년 동안 활발히 진행되고 있다.⁹⁻¹² 레티놀은 피부의 콜라겐 합성을 증대시키고, 각질층의 turnover을 촉진시키며, 세포의 생성을 촉진시키는 효과를 지니고 있는 것으로 보고되고 있다. 그러나, 레티놀도 과량 피부 유입 시 강한 피부 자극을 유발하고 분자 자체가 매우 불안정하다는 단점을 지니고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 현재 캡슐화, 무수분 베이스, 특별 용기의 개발 등에 관한 연구가 진행 중이다. 특히, 고분자를 이용한 레티놀 캡슐화에 대한 연구는 국내외에서 다양하게 진행되고 있다. 로레알사에서는 폴리아민 고분자 및 폴리아민 유도체에 기초를 둔 bioconvertible precursor를 이용한 레티놀 안정화 방법을 특허화하였다.⁶ 랑콤사에서 생분해성 고분자를 이용한 레티놀 나노캡슐을 이용하여 제품화하였다. 이들의 접근법을 이용하여 제조한 화장품 제형은 레티놀 장기 저장 안정성이 매우 우수하여 특허에 의하여 그 기술이 보호받고 있다. 국내에서는 최근 액정/고분자 마이크로캡슐을 이용하여 레티놀을 안정화한 기술이 보고되었다.¹³⁻¹⁵ 특히, 고분자 캡슐 내부에 위치한 열방성 콜레스테롤 액정에 레티놀을 공배향함으로써 분자변성을 막을 수 있는 LASS(liquid-crystal association stabilization system) 공법은 레티놀 안정화를 위한 신규 접근법으로서 보고되고 있다. **그림 2**에 LASS 공법에 대한 모식도와 제조된 액정/고분자 마이크로캡슐에 대한 편광현미경 이미지를 나타내었다. **그림 3**에는 레티놀을 함유하는 액정/고분자 마이크로캡슐의 CLSM과 SEM 이미지를 나타내었다. 형광을 띄는 레티놀의 초록색 영역이 캡슐의 중앙에 고르게 분포된 것으로부터 LASS 기술이 그래도 적용되었음을 확인할 수 있고 제조된 모든 캡슐은 완벽한 구형을 이루고 있음을 알 수 있다. 본 캡슐 내에 위치하는 레티놀은 외부 자극에 대하여 매우 탁월한 안정도를 나타

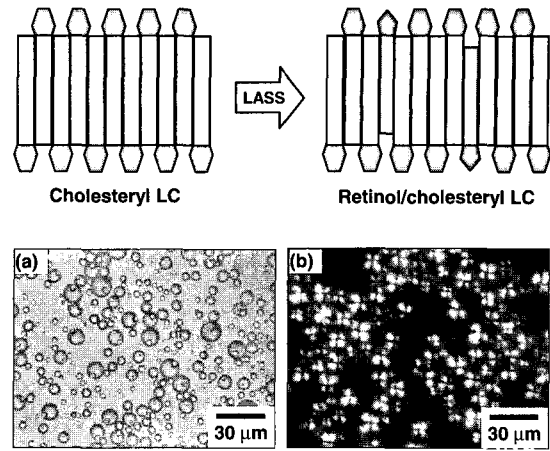


그림 2. 액정/고분자 마이크로캡슐에 대한 모식도 및 액정 배향에 대한 광학 현미경 (optical microscope, a) 및 편광 현미경 (polarized optical microscope, b) 사진.

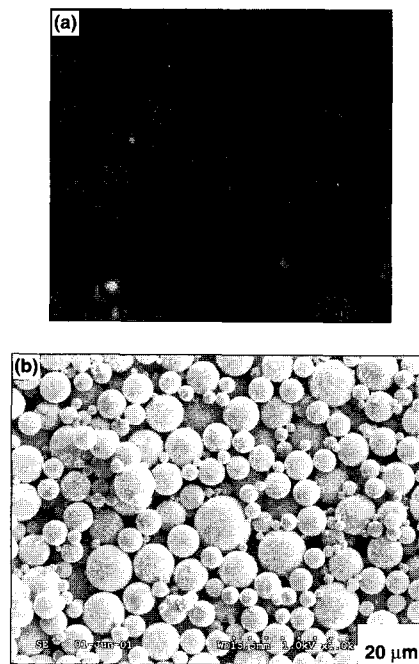


그림 3. 레티놀 함유 액정/고분자 마이크로캡슐의 공초점 레이저 주사현미경 (confocal laser scanning microscope, a) 및 전자 주사 현미경 (scanning electron microscope, b) 사진.

내는 것으로 보고되고 있다.

3.2 피부 미백

1990년대에 자외선이 피부 노화를 촉진시키고, melanocyte에서 melanin 생성 메카니즘이 일부 밝혀지면서, 새로운 미백성분으로 arbutin, kojic acid,

표 4. 대표적인 미백 원료와 그 작용 기작

Depigmentation materials	Mechanism	Remarks
SOD Glutathione	Scavenges free radicals	Obscure effect, not stable
Glucosamine, Galatosamine Manosamine, Tunicamycin	Inhibits tyrosinase synthesis	Obscure effect
Kojic acid	Interrupts intermediates in melanin biosynthesis	Slight irritation and allergy reaction, not stable
Hydroquinone	Cytotoxic effect on melanocyte	High toxicity to skin
Tocopherol Vitamin C derivatives	Reduce melanin formation	Obscure effect, not stable
Azelaic acid	Stimulates melanin elimination through the keratinocytes	Obscure effect
AHA Vitamin A	Enhance cell regeneration Exfoliate the skin	Obscure effect, skin irritation
Licorice extract	Tyrosinase inhibition Scavenges free radicals	Obscure effect
Arbutin	Inhibits tyrosinase activity	Obscure effect

비타민C 유도체 등이 개발되었다. 이어지는 연구에서는 tyrosine으로부터 tyrosinase에 의해 DOPA, DOPA-quinone을 거쳐 melanin이 생성되는 화학경로나, melanin이 생성되어 keratinocyte로 이동하는 경로 등에 관하여 상당부분이 밝혀지고 있고, melanin 생성에 관여하는 단백질의 기작도 일부 밝혀졌다. 화장품에서 널리 사용되는 melanin 생성억제제는 자외선 방지, tyrosinase 활성 억제, 세포의 성장 촉진 등의 방법이 사용되고 있다. 현재 화장품에서 응용되고 있는 주요 미백 성분은 표 4에 정리하였다.

현재 미백 제품은 이러한 성분들을 적절히 조합하여 제품화하고 있으며 보다 미백 효과가 우수한 원료를 얻고자 많은 연구가 진행되고 있다. 그러나, 대부분의 활성 성분이 그리하듯 일반 미백 성분은 물 베이스 시스템에서 매우 불안정한 거동을 보이고 있다. 대표적인 예를 비타민 C에서 찾아 볼 수 있다. 비타민 C는 그림 4에 나타낸 바와 같이, 빛, 열, 활성산소 등에 의하여 쉽게 변성되어, 심한 변색과 변취를 동반한다.¹⁶ 이러한 변성 거동은 순수 비타민 C를 화장품에서 거의 사용이 불가능하게 만든다. 이러한 비타민 C와 같은 수용성 미백 성분의 불안정성을 다중에멀전 시스템을 이용하여 개선하고자 하는 노력이 진행되고 있다.¹⁷⁻²⁰ 그러나, 다중에멀전 시스템이 지니는 본질적인 열역학적 불안정

성 때문에 궁극적인 안정화는 어려운 상태이다. 그러나, 근래에 pH, 이온화도, 물의 활성도 등을 수용성 미백 성분에 대하여 안정한 조건을 구축하고 이 시스템을 그대로 다중공 고분자 마이크로캡슐에 적용하고자 하는 연구가 진행되고 있다.^{21,22} 그림 5에 다중공 PMMA 마이크로캡슐의 광학현미경 사진과 SEM 사진을 예로 나타내었다. 고분자 벽체에 의하여 격리되어 내부 중공에 위치하는 수용성 미백 성분은 안정도가 크게 향상될 뿐만 아니라 화장품 제형에도 쉽게 적용되어 그 응용성이 크게 기대된다.

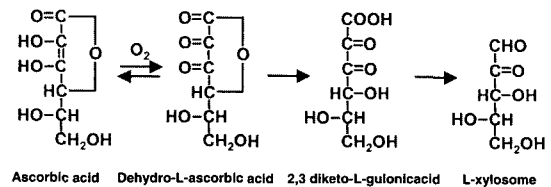


그림 4. 비타민C (ascorbic acid)의 변성 과정에 대한 모식도.

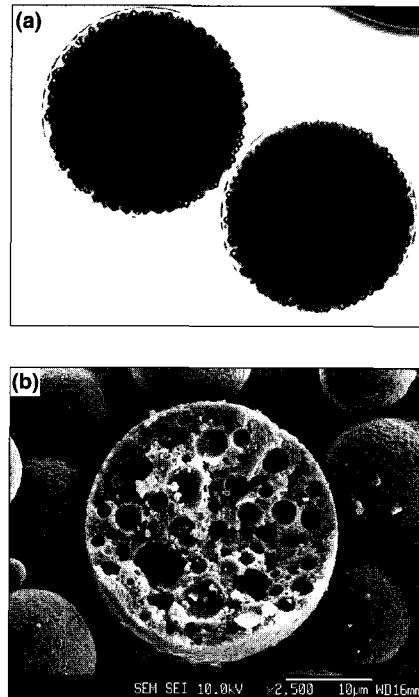


그림 5. 수용성 유효성분 안정화에 사용되는 다중공 고분자 마이크로캡슐의 광학 현미경 (optical microscope, a) 및 전자 주사 현미경 (scanning electron microscope, b) 사진. 광학 현미경 사진은 굴절을 통한 내부 중공 구조 확인을 위하여 툴루엔 연속상에서 촬영한 이미지.

3.3 자외선 차단

피부 노화의 직접적인 원인 중 하나가 자외선임이 밝혀지면서 최근 개발되는 대다수의 제품은 자외선 차단 성분을 함유하고 있다. 자외선 차단은 미립자인 이산화티탄이나 산화아연 등의 자외선 산란에 의한 물리적 차단법과 자외선 흡수제를 이용하는 화학적 차단법을 혼용하고 있다.

3.3.1 물리적 차단

물리적 자외선 산란제는 티탄, 아연, 지르코늄, 세슘 등의 산화물이 주로 사용되며, 이들의 미립자화, 표면 개질 등의 방법으로 사용성을 향상시키거나, 분산의 용이성을 갖도록 하여 효과를 증진시키는 방법 등을 이용하고 있다. 특히, 이러한 산화물은 화장품 제형에서 매우 낮은 분산도와 백탁현상(whitening effect)을 나타내기 때문에 자외선에 대한 산란능, 분산도, 백탁현상 등을 고려한 새로운 자외선 산란 시스템의 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중 산화물을 고분자로 표면 처리하는 기술이 매우 효과적인 것으로 보고되고 있다.^{23,24} 그림 6에 TiO_2/PMMA 로 구성되어 있는 무기/고분자 복합입자를 대표적인 예로 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 제조된 복합입자는 30% 이상의 이산화티탄이 고분자와 함께 복합화되어 있기 때문에 외각에 존재하는 고분자 성분이 유화 제형에 대하여 우수한 사용성을 나타낼 뿐만 아니라, secondary aggregate 형태의 무기산화물의 피부 분포를 유도하여 백탁현상을 최소화한다. 또한, 내부에 존재하는 무기산화물은 고유의 자외선 산란능을 지니고 있어, 그림 7에 나타낸 바와 같이 순수 무기산화물에 유사한 자외선 산란능을 나타낸다.

3.3.2 화학적 차단

화학적 자외선 차단은 UVA와 UVB를 동시에 차단할 수 있는 넓은 파장 영역에서 자외선 흡광능을 지니는 신규 화합물의 개발에 초점을 맞추어 진행되어 왔다. 그러나, 최근에는 UVA에 의한 피부 부작용이 심각화 된다는 것이 증명됨에 따라, UVA 영역의 자외선을 흡수하는 새로운 자외선 흡수제의 개발도 중요시 되고 있는 상황이다. 이 외에도, 식물 또는 해양 미생물 등에서 새로운 자외선 흡수제를 개발하고자 하는 연구가 진행되고 있다. 고분자를 이용한 자외선 흡수제의 개발에 있어서는 stilben 유도체로서 UVA 영역의 자외선 흡수제의 합성이나 아크릴계 고분자를 이용한 자외선 흡수제의 개발이 보고되고 있고, benzotriazol substituted

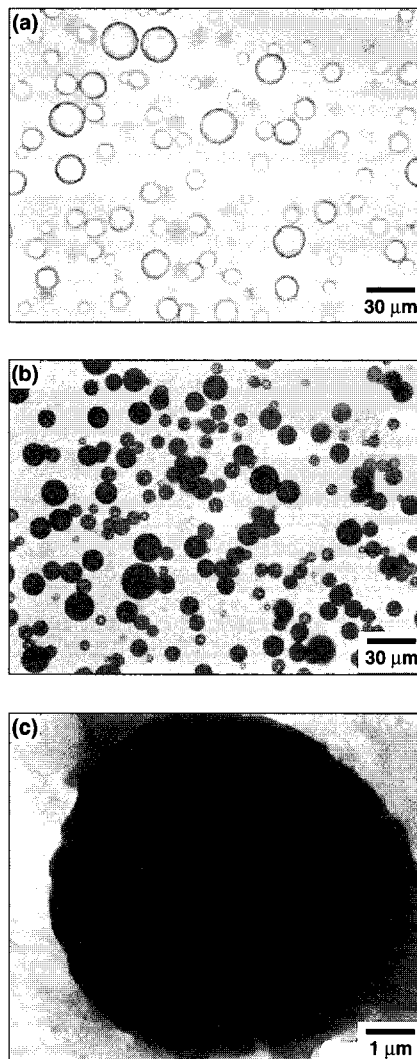


그림 6. 이산화티탄/고분자 복합입자(SCADDERTM)에 대한 모폴로지 확인. (a) 순수 PMMA, poly(methyl methacrylate) 입자에 대한 광학 현미경 사진, (b) TiO_2/PMMA 복합입자에 대한 광학 현미경 사진, (c) TiO_2/PMMA 복합입자에 대한 투과 전자 현미경 (transmission electron microscope) 사진.

polyorganosiloxane류를 자외선 흡수제로 사용함과 동시에 사용성과 피부 안전성을 향상시킨 물질의 개발 등의 연구가 진행되고 있다.

3.4 보습

피부의 탄력과 윤활성은 각질층의 수분함량과 가장 밀접한 관계를 갖고 있기 때문에 화장품에 있어서 보습은 매우 중요한 기능 중의 하나이다. 과거로부터 가장 널리 사용되어온 보습제는 글리세린, 솔비톨 등의 폴리올 류가 주종을 이루고 있다. 최

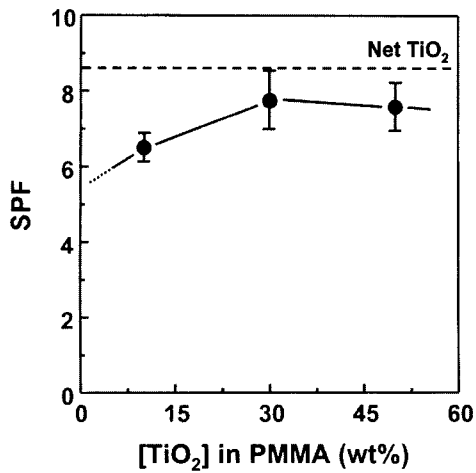


그림 7. 이산화티탄/고분자 복합입자(SCADDER™)의 자외선 차단능 (SPF, sun protection factor).

근 개발되고 있는 보습제로는 천연의 고분자 물질이 주종을 이루고 있다고 할 수 있으며, 이러한 원료 중 가장 대표적인 원료는 sodium hyarunonate이다. 이외에도 chitin 유도체, 우유의 발효 대사물, 콩 단백질 분해물질 등이 보습제로 사용되고 있으며, 매끄럽고 끈적임이 적은 새로운 보습원료의 개발은 앞으로도 화장품 원료 개발의 커다란 과제 중의 하나라고 할 수 있다. 이러한 관점에서 보습 기작을 고려한 보습 전용 합성 고분자를 보습제로 활용하는 방안은 최근 새로운 관심을 불러 일으키고 있다. 그 예를 인지질(phospholipid) 고분자에서 찾을 수 있다.^{25,26} 인지질 고분자는 1970년대 세포막의 표면구조에 착안하여 제조된 고분자이다. 이 인지질 고분자는 단백질의 흡착 및 세포의 접착을 억제하고 뛰어난 생체적합성을 지닌다. 보통 인지질 고분자는 2-methacryloyloxyethyl phosphorylcholin (MPC)을 이용하여 합성한다.²⁷ 다른 단량체와 공중합을 통하여 다양한 성질을 갖는 인지질 고분자를 제조할 수도 있다. 그림 8에 인지질 고분자와 세포막에서의 인지질 고분자의 적합성에 대한 모식도를 나타내었다. 또한, 체계적으로 구조를 조절한 고분자 나노라텍스를 합성하여 보습원료로 적용하고자 하는 연구가 진행되고 있다. 합성된 고분자 나노라텍스의 구조 및 TEM 이미지를 그림 9에 나타내었다. 나노 크기 영역에서 물분자와 강하게 결합할 수 있는 표면 구조를 유도하여 피부 표면에서 물분자의 흡착/탈착 거동을 유기적으로 조절함으로써 보습능을 부여할 수 있는 신규 시스템이다.

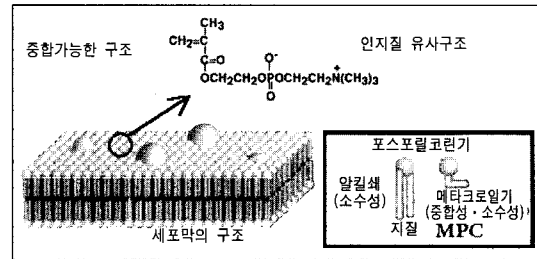
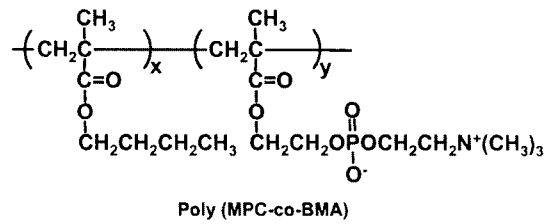


그림 8. 인지질 고분자(LIPIDURE®)의 구조 및 세포막에서의 효과에 대한 모식도.

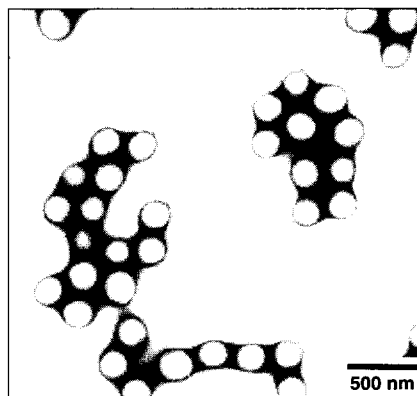
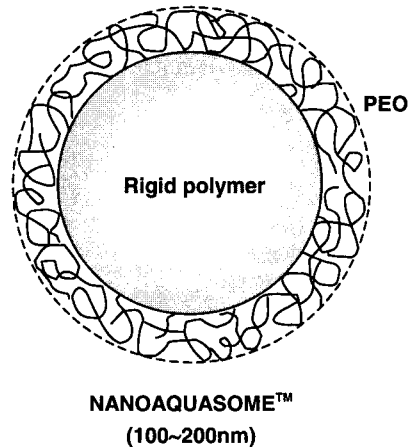


그림 9. 나노 고분자 라텍스(NANOQUASOME™)의 구조 및 투과 전자 현미경 사진.

3.5 기타 고분자의 응용

3.5.1 고분자 분체

고분자 분체가 지니는 장점은 피부 도포 시 매끄러운 질감과 퍼짐성을 들 수 있다. 이런 용도로 나일론, PMMA, 아크릴 공중합체, 실리콘 가교체 등을 분체 형태로 얻어, 일반 유화 제형 및 메이크업 제형에서 사용하고 있다. 이러한 분체는 침전법을 이용하여 구형으로 얻거나, 현탁중합, 에멀전 중합법, 졸-겔법 등에 의하여 제조된다.^{28,29}

3.5.2 고분자 다공성 구조체

고분자 입자에 다공성을 부여하면 넓은 표면적으로 인하여 땀이나 피지와 같은 분비물의 흡수에 매우 용이하다. 다공성 실리카, 다공성 아크릴 고분자 분체, 셀룰로스 분체 등이 이러한 용도로 사용되고 있다. 특히, 다공성 아크릴 고분자 분체는 흡수 용도 뿐만 아니라, 다공성 표면에 관능기를 도입하여 유효성분을 물리화학적으로 흡착할 수 있는 담체로도 활용 가능하다.³⁰⁻³²

3.5.3 고분자 나노구조체

고분자 나노입자는 불안정한 저분자형 약물 또는 단백질의 안정성을 증가시키고 방출조절성과 높은 저장안정성을 가질 수 있다는 면에서 최근 많은 연구가 진행되고 있다. 나노입자는 일반적으로 10~1000 nm 크기의 콜로이드 입자로 정의하며, 약물들은 가용화, 캡슐화, 흡착, 공유결합 등의 방법을 적용하여 나노입자에 도입된다. 나노입자는 제조법에 따라, 나노캡슐과 나노미립구로 나뉘어진다. 나노캡슐은 약물이 독특한 고분자에 의해 둘러싸인 공간에 도메인을 형성하여 캡슐화되어 있는 형태인 반면, 나노 미립구는 약물이 물리적으로 균일하게 분산되어 있는 담체 시스템이다.³³

생분해성 고분자 나노입자는 약물의 방출조절, 특정한 장기/조직으로의 표적화, 유전자치료를 위한 DNA의 전달체, 및 경구투여를 통해 단백질, 펩타이드계 약물과 유전자를 전달할 수 있다는 점에서 잠재적인 약물 전달체로서 상당한 관심을 끌고 있다.³⁴⁻³⁷ 대다수의 연구는 poly(D,L-lactide), poly(lactic acid) (PLA), poly(D,L-glycolide) (PLG), poly(lactide-co-glycolide) (PLGA)와 poly(cyanoacrylate) (PCA)와 같은 생분해성 고분자를 다루고 있다. 이 외에도 키토산, 젤라틴, sodium alginate와 같은 친수성/생분해성 고분자에 바탕을 둔 나노입자의 제조 및 생체평가에 대한 연구도 이루어지고 있다.

4. 결 론

본 고에서는 화장품 산업에서의 고분자의 활용에 대하여 고기능성 화장품의 응용의 관점에 맞추어 살펴보았다. 현재 활발하게 진행되고 있는 연구들은 고분자의 기본적인 특성을 그대로 활용하는 방향은 지양되고, 고분자가 지니는 기능성에 화장품의 기능을 "FUSION"하여 신규 특성을 지니는 원료를 개발하는 방향으로 진행되고 있다. 생활문화가 더욱 선진국화 되어가는 만큼 미에 대한 관심이 증가하는 특성으로 인하여, 화장품 시장은 계속 성장할 것으로 기대된다. 따라서, 다양한 기능을 지니는 고분자의 화장품 산업에서 응용은 필수적이고 더욱 기능이 극대화된 고기능성 화장품의 개발에 있어서 고분자 및 이를 활용한 기술은 지속적으로 중요한 역할을 하게 될 것이다.

참 고 문 헌

1. "2000년대 첨단기술산업의 비전과 발전 과제", 산업연구원, 1994.
2. K. F. De Polo, "A Short Textbook of Cosmology", Verlag für chemische Ind., Augsburg, Germany, 1998.
3. R. Arshady, "Microspheres Microcapsules & Liposomes", Citus Books, London, 1999.
4. K. N. Park and R. J. Mersny, "Controlled Drug Delivery, Designing Technologies for the Future", ACS Book Department, American Chemical Society, Washington, DC 2000.
5. N. Garti and A. Aserin, "Microencapsulation; Pharmaceutical Emulsions, Double Emulsions and Microemulsions", New York, Marcel Dekker 1996.
6. Q. L. Nguyen, US patent 6,162,448 (1998).
7. S. S. Habif, US patent 5,744,148 (1996).
8. T. Tsunoda and K. Takabayashi, *J. Soc. Cosmet. Chem.*, **46**, 191 (1995).
9. R. Wyss, *J. Chromatography B: Biomed. Appl.*, **671**, 381 (1995).
10. A. K. Singh and J. Das, *Biophys. Chem.*, **73**, 155 (1998).
11. V. Jenning, M. Schafer-Koeting, and S. Gohla, *J. Control. Release*, **66**, 115 (2000).
12. Y. Koizumi, *Fragrance J.*, **20**, 26 (1992).
13. J. W. Kim, S. A. Cho, H. H. Kang, S. H. Han, I. S.

- Chang, O. K. Lee, and K. D. Suh, *Langmuir*, **17**, 5435 (2001).
14. H. K. Ju, J. W. Kim, S. H. Han, I. S. Chang, H. K. Kim, H. H. Kang, O. S. Lee, and K. D. Suh, *Colloid Polym. Sci.*, in press (2002).
 15. J. W. Kim, H. K. Ju, S. H. Han, and I. S. Chang, "Polymer Colloids: Preparation & Properties of Aqueous Polymer Dispersions, United Engineering Foundation", July 14–19, Irsee, Germany, 2002.
 16. J. P. Yuan and F. Chen, *J. Agric. Food Chem.*, **46**, 5078 (1998).
 17. S. Matsumoto, Y. Kita, and D. Yonesawa, *J. Colloid Interface Sci.*, **57**, 353 (1976).
 18. N. Garti and A. Aserin, *Adv. Colloid Interface Sci.*, **65**, 37 (1996).
 19. N. Garti and U. Lebessem–Wiss, *Food Sci. Technol.*, **30**, 222 (1997).
 20. H. L. Rosano, F. G. Gandolfo, and J. D. P. Hidrot, *Colloids Surf A: Physicochem. Eng. Asp.*, **138**, 109 (1998).
 21. J. W. Kim, Y. G. Joe, and K. D. Suh, *Colloid Polym. Sci.*, **277**, 252 (1999).
 22. J. W. Kim, J. Y. Go, J. B. Jun, and K. D. Suh, *Colloid Polym. Sci.*, in press (2002).
 23. J. W. Kim, J. W. Shim, J. H. Bae, S. H. Han, H. K. Kim, I. S. Chang, H. H. Kang, and K. D. Suh, *Colloid Polym. Sci.*, **280**, 584 (2002).
 24. J. W. Shim, J. W. Kim, S. H. Han, I. S. Chang, H. K. Kim, H. H. Kang, O. S. Lee, and K. D. Suh, *Colloids Surf A: Physicochem. Eng. Asp.*, **207**, 105 (2002).
 25. K. Shimada and Y. Takita, *J. Soc. Cosmet. Chem., Jpn*, **35**, 211 (2001).
 26. M. Tsuchida and K. Shimata, *Fragrance J.*, **12**, 118 (2000).
 27. K. Ishihara, T. Ueda, and N. Nakabayashi, *Polymer J.*, **22**, 355 (1990).
 28. J. M. Asua (ed.), "Polymeric Dispersions: Principles and Applications", Kluwer, Dordrecht, 1997.
 29. M. S. El–Aasser and R. M. Fitch (ed.), "Future Directions in Polymer Colloids", NATO ASI Series, Martinus Nijhoff, Dordrecht, 1987.
 30. H. Collin, "High–Performance Liquid Chromatography", J. Wiley, New York, 1989.
 31. P. A. Lovell and M. S. El–Aasser, "Emulsion Polymerization and Emulsion Polymers", J. Wiley, New York, 1997.
 32. J. W. Kim, J. H. Ryu, and K. D. Suh, *Colloid Polym. Sci.*, **279**, 146 (2001).
 33. C. G. Knight (Ed.), "Liposomes From Physical Structure to Therapeutic Applications", Elsevier, Amsterdam, 1981.
 34. K. W. Leong, H. Q. Mao, V. L. Truong–Le, K. Roy, S. M. Walsh, and J. T. August, *J. Control. Release.*, **53**, 183 (1998).
 35. M. M. Gaspar, D. Blanco, M. Eugénia M. Cruz, and M. J. Alonso, *J. Control. Release.*, **52**, 53 (1998).
 36. S. M. Moghimi, A. C. Hunter, and J. C. Murray, *Pharmacol. Rev.*, **53**, 283 (2001).
 37. R. Gref, P. Quellec, A. Sanchez, and P. Calvo, *Eur. J. Pharm. Biopharm.*, **51**, 111 (2001).