

# BIO ECONOMY REPORT

April 2019. Issue 15

## 필(必)환경 시대 뷰티헬스케어 개발 트렌드

## 필(必)환경 시대 뷰티헬스케어 개발 트렌드<sup>1)</sup>

박장서 동국대학교 교수  
김지현 책임연구원

### 들어가는 말

아름다움을 추구하는 경향이 지속되고 있고 여성 경제활동 인구의 증가나 남성과 유아 등 소비 계층 확대에 힘입어 화장품 시장은 계속 증가해왔다. 2013년 643억 달러였던 글로벌 뷰티헬스케어 시장규모는 연평균 4.0%로 성장해 2017년 753억 달러를 기록했다. 최근에는 기업들이 디자인 및 디지털 기술들에 투자하는 한편 신시장의 성장 및 빠른 도시화, 밀레니얼 세대의 대두 등 성장 동력이 추가되어 시장규모가 2017년 이후 연평균 6.0%로 성장해 2022년 1,007억 달러에 이를 것으로 전망되고 있다.<sup>2)</sup>

2017년 기준 화장품(cosmetics) 부문이 376억 달러 규모(50.0%)로 가장 큰 비중을 차지하는 가운데 스킨케어(skin care) 부문이 291억 달러 규모(29.1%)로 2022년까지 연평균 7.7%로 고도성장할 것으로 예측되고 있다.<sup>3)</sup> 아시아-태평양 시장이 184억 달러 규모(24.4%)로 가장 큰 시장을 차지하며 이는 중국과 인도 같은 국가들의 밀레니얼 인구와 일본의 고령 인구층에서 기인하는 것으로 보인다. 국가별로는 미국이 92억 달러(12.2%), 중국이 62억 달러(8.2%), 일본이 61억 달러(8.2%)로 가장 큰 시장을 이루고 있다.

최근에는 대기오염, 수질오염, 오존층 파괴, 환경호르몬 등 외부환경에 대해 피부의 상태를 적극적으로 개선시키는 목적이 추가되면서 ‘지속가능’, ‘환경’, ‘공해/대기오염’이 화장품 산업이 앞으로 나아갈 방향을 규정하는 주요 핵심 단어로 자리잡고 있다. 이와 같은 메가트렌드는 IFSC(International Federation of Societies of Cosmetic Chemists)와 같은 화장품 학회에서 관련 연구결과들이 발표된 후 이를 바탕으로 하여 개발된 제품들이 In-Cosmetics와 같은 화장품 원료 전시회를 통해 시장에 등장하게 된다. 전 세계 화장품 회사들은 이러한 흐름에 맞는 소재들을 사용하여 완제품을 만들어 소비자들에게 전달하게 된다.

이번 리포트는 영국 런던에서 개최된 In-Cosmetics 2017에서 소개된 화장품 소재와 관련 기술 워크숍 내용을 정리하여 환경문제에 대응한 화장품 소재개발의 현주소가 어디에 있는지 소개하고자 한다. In-Cosmetics는 화장품 산업의 전반적인 흐름, 특히 소재 및 기술개발 흐름을 파악할 수 있는 세계 최대 규모의 화장품 소재 전시회다. 기업들의 전시회나 기술세미나 외

1) 영국 런던에서 개최된 In-Cosmetics 2017에서 소개된 화장품 소재와 관련 기술 워크숍 내용을 정리한 원고를 서론 부분을 일부 보완 수정해 게재함  
2) Cosmetic and Personal Care Stores: Global Markets to 2022 (BCC Research, 2018)  
3) BCC Research(2018)는 뷰티헬스케어 산업시장을 크게 화장품(cosmetics), 스킨케어(skin care), 모발케어(hair care)로 나눔

에도 대학 및 각국 연구기관의 화장품 전문가 중심으로 신원료들의 최신 개발동향을 반영하고 향후의 기술동향을 파악할 수 있는 Technical Workshop과 동시에 마케팅 트렌드를 소개하는 Marketing Workshop이 별도의 참가비를 받고 개최된다. EU를 비롯한 글로벌 시장 및 기술동향은 국내 화장품 산업이 수출 다변화를 만들어 가야하는 시점에서 중요한 시사점이 될 것이다.

## 지속가능 화장품과 Green Chemistry의 12가지 원리

‘지속가능 화장품’은 화장품 제조는 물론 판매 및 소비에 이르기까지 영향을 주고 있으며 향후 글로벌 화장품 기업이 되기 위해서는 반드시 준수해야 하고, 적어도 그러한 방향으로 노력을 기울여야 하는 부분이다. 지속가능 화장품 개발이라는 큰 명제의 기본철학은 환경 및 자원의 보호, 화장품산업의 가치사슬 앞부분을 담당하는 생산자들과의 이익의 균등 배분이라 할 수 있다. 천연 유기농 화장품 시장은 계속해서 성장하고 있으며, 소비자 의식수준 향상으로 환경에 대한 영향을 소개된 화장품 소재와 관련 기술 워크샵 내용을 정리 하고, 원료수급의 안정성을 담보로 하는 지속가능성(Sustainability)이 중요하게 되고 있다. 이러한 문제는 비단 화장품 또는 화장품 산업에만 적용되는 것이 아니고 모든 개발도상국 뿐 아니라 선진국까지 포함하여 빈곤퇴치, 건강, 교육, 성 평등, 일자리, 기후변화 등 경제 사회 환경의 거의 모든 분야를 포괄하며 인류가 궁극적으로 달성해야 하는 목표 즉, 지속가능 한 발전목표에 기반하고 있다는 점에서 보다 포괄적인 접근과 근본적인 인식변화를 요구하고 있다. 그러나 이러한 변화들이 다양한 소비자단체 및 사회운동 단체들이 주도적으로 이끌어 가는 환경에서 환경 및 경제와 관련된 너무 많은 인증라벨들이 있으며, 이는 소비자들에게 올바른 선택을 할 수 없게 많은 혼란을 주고, 지속가능성을 수치화할 수 있는 공식적인 방법이 없어 또 다른 차원의 문제를 만들고 있는 현실이다. 따라서 신뢰할 수 있는 방법으로 경제와 사회적 가치와 지속가능성 가치를 평가할 수 있는 제도와 방법들이 정립되어야 앞으로 이러한 움직임들이 정착될 수 있을 것이다 (발표자: Olivier Dubigeon, Sustainway). 글로벌 화장품 소재기업의 하나인 Clariant의 경우를 예로 들면 다음과 같다. Clariant는 스위스에 본사를 두고 있는 특수화학약품 산업부문의 선도기업으로 염료, 첨가제, 벤토나이트 및 촉매사업을 중심으로 하는 회사이다. Clariant는 자체적으로 지속가능성 평가방법 “EcoTain®Label”을 사용하며 클라리언트의 팜오일에 관해 발표하였다. 팜 오일은 85% 인도네시아와 말레이시아에서 생산되며 식용유, 초코렛, 비스킷 등 가공식품에 사용되고, 퍼스널케어 제품과 화장품에 사용되고 있음. 팜 오일의 재배를 통해서 생물의 다양성과 탄소필터링 감소되어 사회갈등이 조장되며, 열대우림을 사막화로 변화시키고, 생산과정에서 지역의 환경오염과 주민들의 노동력 착취 등에 대한 문제 발생하여 지속가능한 재료가 아님을 인정함. 따라서 지속가능한 팜오일에 접근하기 위하여 환경을 파괴하지 않고, 철저한 정책 및 계획을 수립하고, 가치사슬을 통한 파트너십을 통해 지속가

능한 팜오일의 시장 점유율을 높이고자 한다고 발표하였다.

이와 같이 기술개발의 영역 뿐 아니라 경영 및 원료의 구매 영역까지 확대되는 포괄적 개념의 지속가능성 문제를 기술개발, 특히 화장품 소재 및 완제품 생산기술 영역에만 초점을 맞추어 “12 principles of green chemistry”를 들어서 기술하고자 한다. Green chemistry의 12 가지 기본 원리는 화장품 뿐 아니라 화학 및 정밀화학공업, 식품공업, 의약품 소재공업 등 모든 화학공정에 해당되는 문제이다.

## (1) 12 Principles of Green Chemistry

- 1) **Prevention** : 화합물 합성공정에서 배출되는 폐기물을 최소화하는 것이 환경에 배출된 후 폐기물 처리하는 것 보다 경제적으로나 환경보호 면에서 보다 적합한 법이다.
- 2) **Atom Economy** : 화합물 합성 공정은 공정에 투입되는 물질들이 최종 화합물에 가능한 최대로 많이 전환될 수 있도록 설계해야 한다.
- 3) **Less Hazardous Chemical Syntheses** : 화합물 합성 공정에 투입되는 원료나 그 최종 산물은 가능한 사람 또는 환경에 독성이 없거나 있어도 최소한의 독성을 가져야 한다.
- 4) **Designing Safer Chemicals** : 최종 화합물은 그 기대 효능이 독성을 최소화 하면서 발휘되어야 한다.
- 5) **Safer Solvents and Auxiliaries** : 화합물 합성 공정에 투입되는 부재료들(예를 들어 용매, 분리공정 부자재 등)의 사용은 가능한 피하거나 필요한 경우 사용량을 최소화 하고 또한 무해한 것을 사용해야 한다.
- 6) **Design for Energy Efficiency** : 화합물 합성 공정에 필요한 에너지 투입은 가능한 최소화하고 될 수 있도록 합성공정은 실온 및 실압 조건에서 가능한 방법을 사용해야 한다.
- 7) **Use of Renewable Feedstocks** : 화합물 합성 공정은 기술적 및 경제성 면에서 허용될 수 있는 범위에서 재생 가능한 원료를 사용해야 한다.
- 8) **Reduce Derivatives** : 화합물 합성 공정은 되도록 불필요한 유도체 발생 공정을 최소화해야 한다. 예를 들어 blocking groups의 사용, protection/deprotection, physical/chemical 공정의 일시적인 수식 등과 같은 공정은 원료의 투입을 증가시키거나 불필요한 폐기물을 발생시키기 때문이다.
- 9) **Catalysis** : 화합물 합성 공정에 사용되는 촉매는 가능한 화학양론 면에서 우수한 것을 선정하여 사용하여야 한다.
- 10) **Design for Degradation** : 합성된 화합물은 자연으로 방출되었을 때 자연에 오래도록 잔류하지 않고 무해한 화합물로 분해되도록 설계되고 제조되어야 한다.
- 11) **Real-time analysis for Pollution Prevention** : 화합물 합성이 자연을 오염시키지 않도록 실시간 감시가 가능한 신속한 분석 방법이 개발되어야 한다. 이는 자연에 방출되어 혹

시 있을지도 모르는 위해물질로 전환되는 것을 사전에 예방하기 위한 방법이다.

- 12) **Inherently Safer Chemistry for Accident Prevention** : 화합물 합성공정에 사용되는 원료물질과 화합물의 성상은 가능한 사고에 대비하여 유출, 폭발, 화재의 위험성이 낮은 것을 사용해야 한다.

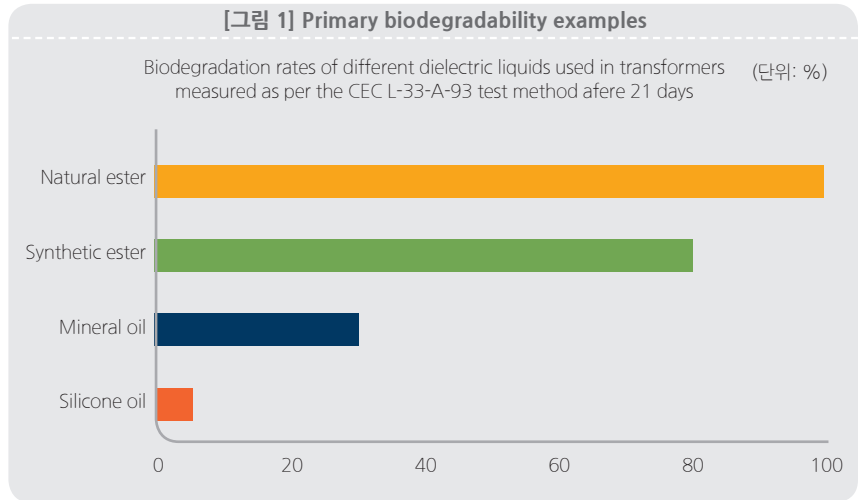
이상과 같이 Green chemistry의 12가지 원리 가운데 일곱 번째인 “Use of Renewable Feedstocks”의 문제는 합성생물학과 미생물 발효를 통한 원료소재의 생산방법으로 해결될 수 있으며, 현재 전 세계 글로벌 회사들은 앞 다투어 이러한 기술개발에 착수하였다. 이러한 바이오택 기반의 원료생산기술은 열 번째 원리인 “Design for Degradation” 문제 해결에도 핵심적인 역할을 할 것이다. 특히 생분해성 화합물의 개발은 아래 표에서 보듯이 전 세계적으로 가장 많은 양으로 화장품 제조에 사용되어 온 실리콘이 동시에 가장 분해가 어려워 자연계에 머무르는 시간이 매우 긴 화합물의 사용을 자제하는 움직임이 본격화 된 것으로 볼 때 매우 심각하게 문제해결의 필요성이 강조되는 것이다. 화장품 제조에 사용량이 많은 다빈도 화장품 원료 가운데 주요 기초 원료들의 연간 소비량은 아래와 표 1 과 같다.

[표 1] 주요 화장품 원료의 연간사용량

기초소재	사용량	주요 소재
Silicones	72-100,000 ton	Dimethicone 34%, Cyclopentasiloxane 14%
Hydrocarbons	180-240,000 ton	paraffin oil/mineral oil 14%
Esters and fatty alcohols	43-60,000 ton	Caprylic/Capric triglyceride 18%
Vegetable oils	4-8,000 ton	sunflower oil 10%, Sweet almond 10%

출처: Euromonitor

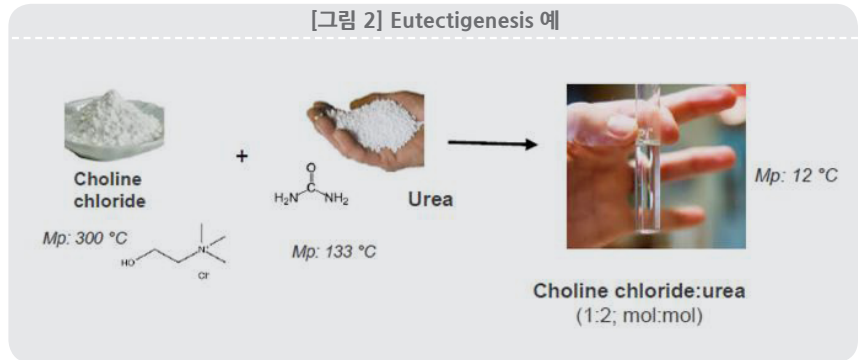
화장품 주요 소재들의 연간 사용량도 중요하지만 이들이 자연에서 분해되는 속도가 더욱 중요한 지표로 작용한다. 예를 들면 실리콘은 연간 사용량이 가장 많기도 하지만 자연계에서 생분해 속도가 현저하게 느려 환경파괴의 주요 원인이 되고 있다. 이러한 점에서 최근 전 세계 화장품 회사들이 실리콘의 우수한 장점에도 그 사용을 줄이고자 하는 주요한 이유가 될 것이다. 환경에 무해한 용매를 사용한 용매를 사용하는 것은 화장품 원료산업에서 매우 중요한 문제 중에 하나이다. 화장품 소재의 40%이상이 천연물, 특히 식물유래 추출물이기 때문이다. 따라서 친환경 용매의 사용이나 가능한 사용되는 용매의 효율을 높일 수 있는 기술개발이 현재 세계적으로 시급한 현안 가운데 하나이다. 이에 비추어 아래 소개되는 Eutectic solvent의 개발과 응용은 화장품 소재산업에 미치는 파급효과가 매우 크다고 할 수 있겠다.



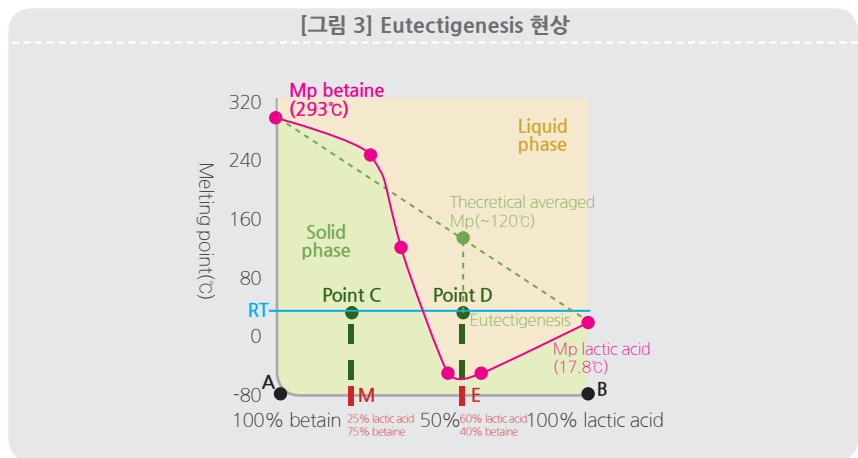
## (2) Eutectic Solvent를 사용한 친환경 생리활성 소재의 추출

화장품 소재의 많은 종류가 천연물로부터 유래하므로 목적에 적합한 다양한 추출방법이 사용되고 있다. 많은 경우 유기용매를 사용하게 되므로 ‘12 principles of green chemistry’의 5번째 법칙처럼 보다 안전한 용매를 보다 적게 사용하는 공정이 필요하게 된다. 최근 전통적인 유기용매와는 달리 보다 효율적이며 안전한 ‘Eutectic solvent’의 사용기술이 개발되어 활용범위가 넓어지고 있다. 2003년 영국의 Abbott group의 화학자들이 ‘deep eutectic solvent’라는 새로운 용매시스템의 원리를 발견하였다. 희랍어로 eutectic이란 “well melting”이라는 의미를 가진다. 이후 2011년에는 Verpoortet 등이 이러한 현상이 자연계에는 이미 존재하는 것을 발견하여 이를 NaDES(Natural Deep Eutectic Solvents)라 명명하였다. Eutectic solvent의 화학적 정의는 ‘자연에 존재하는 고체 또는 액체상의 화학물을 실온에서 적당한 비율로 섞었을 때 각각의 화학물이 가지는 융점보다 낮은 온도인 실온에서 액상으로 되는 것’을 말하며 이를 eutectigenesis라 한다. 예를 들어, 고체인 choline chloride(융점 300도)와 urea(융점 133 도)를 1:2의 비율로 섞으면 융점 12도인 액체 혼합물이 되는 현상이다. 액체와 고체간에 일어나는 eutectigenesis 현상의 예로서 고체인 betain(융점 310도)과 액체인 lactic acid(융점 17.8)를 배합비율 탐색하여 lactic acid : betain 60:40에서 빙점이하의 융점을 가지는 eutectigenesis 현상이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 따라서 NADES는 화장품 소재 개발, 특히 기능성 소재 개발에 무한한 잠재적 가치를 가지고 있는 것으로 평가되고 있다 (그림 2, 3).

[그림 2] Eutectigenesis 예

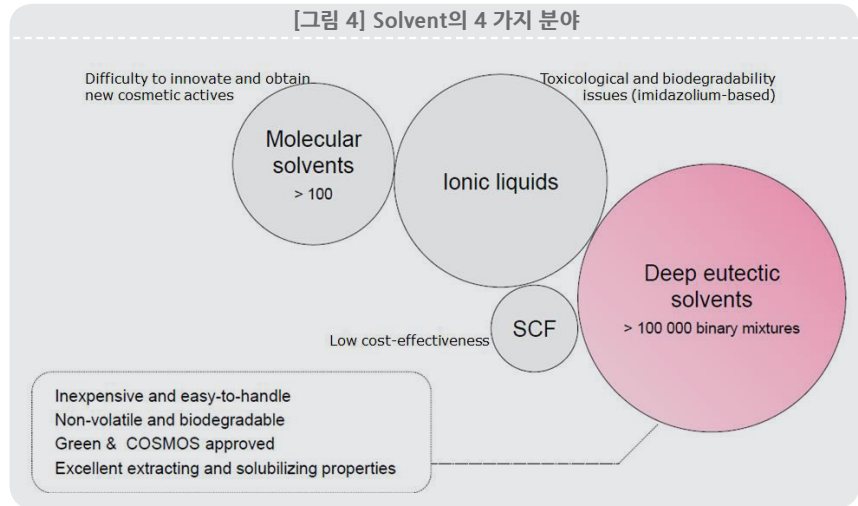


[그림 3] Eutectigenesis 현상

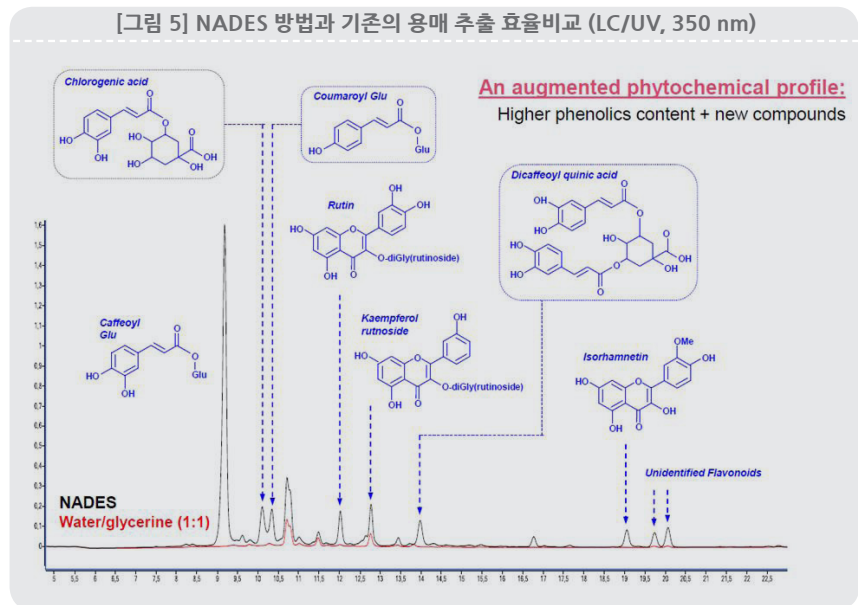


천연소재의 추출이나 난용성 물질의 가용화는 화장품 소재 산업의 오래된 숙제이다. 전통적인 유기용매가 가장 많이 사용되어 지는 방법이나 화장품 용도일 안전성과 소비자가 받아들일 수 있는 범위로 한정하면 사용할 수 사용할 수 있는 용매가 제한적이다. 화학공학 분야에서 연구되고 있는 이온성액체(ionic liquid) 난용성 물질의 용해에 우수한 성능을 가지고 있으나 독성이 강해 화장품 소재개발 용도로는 적합하지 못하다. 최근 친환경 이미지와 추출효율 면에서 많은 장점을 가지는 SCF(초임계추출법) 주목을 받고 있으며 널리 사용되고 있다. 그러나 낮은 가성비로 인해 보편적으로 사용되기엔 한계가 있다. 이에 비해, NADES는 거의 다양한 조합에서 산출되는 많은 DES 시스템을 찾을 수 있어 요즈음 같이 환경친화 공정이 부각되는 시점에 아주 유용하게 사용될 수 있을 것이다. NADES는 비용이 비싸지 않고 휘발성이 없어 대기오염 우려가 없고 생분해성이 높다. 뿐만 아니라 추출효율이 높고 가용성이 좋은 장점도 있다. 그림에서 보듯이 물과 글리세린을 1:1로 혼합한 용매를 사용하여 약용식물을 추출하였을 때 기존의 용매로 추출한 경우에 비하여 뚜렷하게 추출효율을 높아진 것을 알 수 있다. 더구나 기존에는 확인되지 않던 새로운 물질이 검출되는 것은 물론 그 안전성에서도 유리한 점이 많다. (그림 4, 5)

[그림 4] Solvent의 4 가지 분야



[그림 5] NADES 방법과 기존의 용매 추출 효율비교 (LC/UV, 350 nm)





## 대기오염과 공해방지 화장품의 등장

### (1) 워크샵 주제 및 대기오염 문제의 심각성

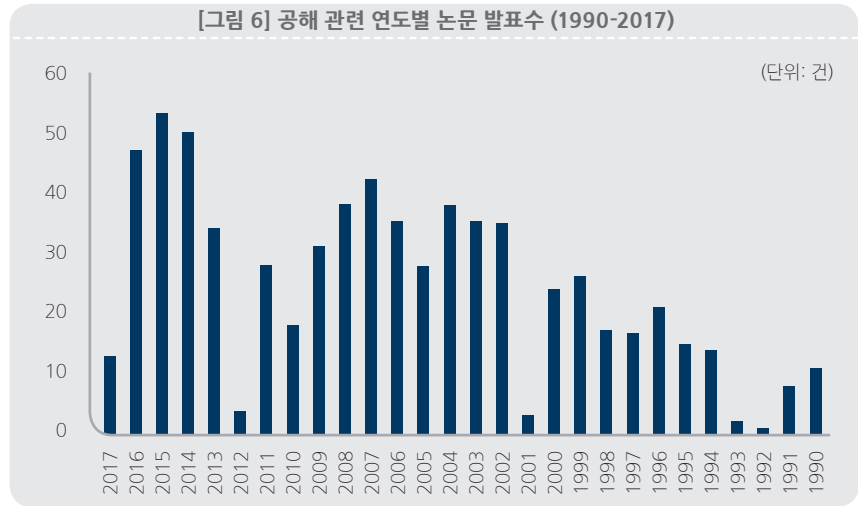
2017 In-Cosmetics London 전시회에서는 공해방지 화장품 개발의 최신 기술개발 동향에 대한 주제로 부속 행사가 개최되었다. “The pollution story\_Really a new trend” 라는 catch phrase에서 알 수 있듯이 대기오염 등 환경오염으로부터 피부를 보호하기 위한 제품개발과 이를 실현시키기 위해 필요한 기술의 확보와 표준화 문제 등이 집중적으로 논의 되었다. 특히 중국의 미세먼지/황사와 같은 대기오염으로부터 피부를 보호하기 위한 제품개발 및 in vivo, in vitro, ex vivo 실험 설계들에 관한 내용이 발표되었다. 이 가운데 주요 내용을 아래와 같이 정리하였다.

[표 2] Technical Workshop 프로그램

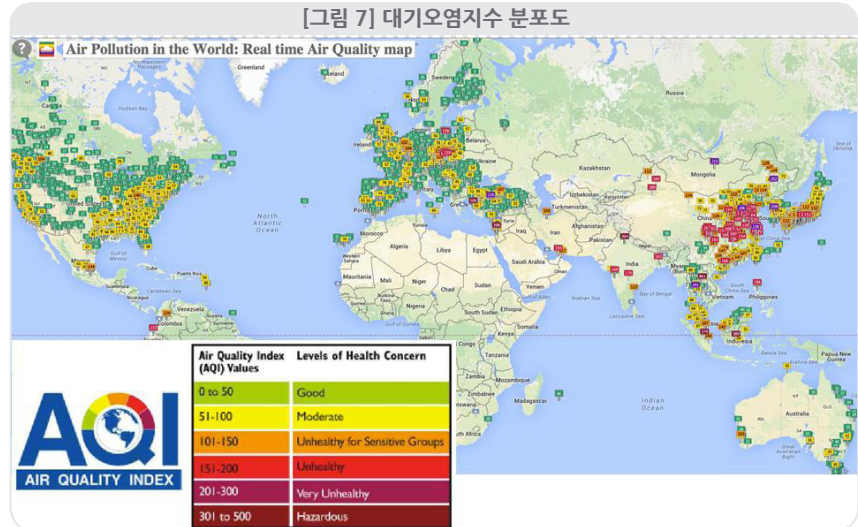
발표제목	발표자	소속기관
Pollution Introduction	Dr. Lintner	KAL'idees
Anti-Pollution Cosmetics some science behind the "trend"	Dr. Lintner	KAL'idees
How to measure anti-pollution claims in vitro	Claire Leduc	SYNTIVIA
How to measure anti-pollution claims in vivo	Dr. Anne Sirvent	Dermscan
How to measure anti-pollution claims in vivo	Anne Charpentier	Skinobs
Pollution and Hair - Problems and Solution	Dr. Erik Schulze zur Wiesche	Henkel

Karl Lintner 박사는 워크샵 주제의 개괄적인 소개를 통해 지난 18년간 발표된 공해관련 논문의 증가추세를 보여주며 공해문제가 점차 화장품 분 아니라 인류의 삶 전반에 영향을 주고 있는 증거로 제시하였다 (그림 6). 이러한 추세는 향후 2050년까지 도시인구가 전체 인구의 66% 이상이 될 것임에 비추어 볼 때 더욱 심각한 문제로 대두되고 있음을 강조하였다. 이러한 가운데 공해 특히 대기오염에 대응하는 화장품 개발은 기술적 뒷받침이 견고하지 않은 가운데 시장과 소비자의 요구에 부응하여 상품화 되고 있음을 지적하고 있다. 그림 7에서 보듯이 전 세계의 대기오염지수 분포도를 볼 때 중국을 중심으로 동북아의 대기오염 상태가 매우 심각함을 알 수 있다.

[그림 6] 공해 관련 연도별 논문 발표수 (1990-2017)



[그림 7] 대기오염지수 분포도



## (2) “Pollution”의 정의

화장품 시장에 등장하기 시작한 ‘Anti-pollution’ 화장품은 그 기능과 피부에 대한 효능이 규정되고 검증이 되어야 시장에 정착할 수 있을 것이다. 이런 점에서 anti-pollution 화장품 개발의 출발점은 pollution에 대한 정의와 범위가 될 것이다. 미국의 환경보호국(EPA)에 의하면 공해물질(pollutants)을 6가지 그룹으로 분류하고 있다.

[그림 8] 북경과 런던의 도시 공해



[표 3] 공해물질의 종류

Pollutants	Sources
Lead	metal & industrial processing plants
Particulate matter	soot, exhaust, industry
Nitrogen oxides	car exhaust
Sulphur oxides	industrial plants
Ozone	ground level
Air pollution	particulate matter (PM2.5, PM10) gases (O3, CO2, CO, SOx, NOx) volatile organic compounds (VOC)

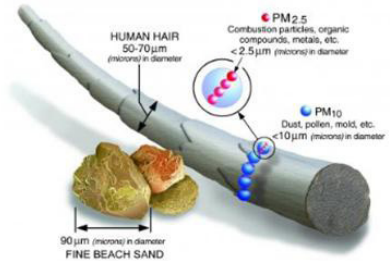
화장품 개발의 목표가 되는 것은 대기오염이며 이 중에서도 PM2.5, PM10 등 미세먼지에 의한 피부노화 등 손상을 방지하는 화장품 개발에 많은 노력들이 기울여지고 있다. PM은 particulate matter를 나타내며 PM2.5와 PM10은 입자의 직경이 각기 2.5μm와 10μm 크기의 PM을 표시한다. PM은 고체입자 또는 액체입자일 수도 있으며 상기 표에서와 같이 입자는 각종 공해성 기체와 휘발성 유기화합물의 복합체이다. 크기가 10μm이내인 경우는 호흡을 통해 폐까지 흡입되어 보다 심각하게 건강을 해칠 수 있다 (그림 9). 공해는 아시아인들에게는 피부에 안 좋은 영향을 주는 문제 뿐 아니라 뿐 아니라 심각한 건강문제로 받아들여지고 있다. 반면 유럽인들에게는 아직은 피부 노화를 유발하는 인자로서의 인식이 보다 일반적이다. 오존, CO, NOx, SOx, Metal 미세먼지, 담배연기, 배기가스, 환경스트레스 유도물질(PAHs), 기술발전으로 새로운 오염물질 등이 발생하여 최종적으로 우리의 DNA나 피부를 손상시킴으로써 피부나 모발의 노화가 촉진되게 된다. 2050년도에는 도시화된 지역이 세계 2/3가 될 것이며, 라틴아메리카, 아프리카, 중동지역까지 도시화된 지역으로 변화될 것이기 때문에 공해로부터 사람을 보호하는 문제는 비단 화장품 산업에만 국한되지는 않는다. 예를 들어 환경오염이 증가됨에 따라 마스크를 직접 착용하는 것이 아니고 마스크 또는 산소통이 착용된 옷들이 나올 것으로 예상될 뿐 아니라 이산화탄소 저감장치를 적용한 건물들이 생성되고, 공해발생을 억제하기 위하여 자동차를 공유하는 형태인 자동차 셰어링이 발전될 것 등

과 같이 생활 전반에 영향을 미치게 될 것이다.

[그림 9] PM2.5와 PM10의 정의 및 비교

## What is PM, and how does it get into the air?

PM stands for particulate matter (also called particle pollution): the term for a mixture of solid particles and liquid droplets found in the air. Some particles, such as dust, dirt, soot, or smoke, are large or dark enough to be seen with the naked eye. Others are so small they can only be detected using an electron microscope.



Particle pollution includes:

- **PM<sub>10</sub>**: inhalable particles, with diameters that are generally 10 micrometers and smaller; and
- **PM<sub>2.5</sub>**: fine inhalable particles, with diameters that are generally 2.5 micrometers and smaller.
  - How small is 2.5 micrometers? Think about a single hair from your head. The average human hair is about 70 micrometers in diameter – making it 30 times larger than the largest fine particle.

### Size comparisons for PM particles

### (3) 공해방지용 화장품: 단순히 유행인가 과학적 근거가 있는가?

이미 시장에서는 공해방지 화장품이 본격적으로 출시되고 있다. 특히 중국시장에서는 지역의 심각한 미세먼지 문제로 더욱 활발하게 제품개발이 이루어지고 있다.

[그림 10] 유럽시장에서 출시된 anti-pollution cosmetics



Anti-pollution to preserve the youthfulness, luminosity and homogeneity of the skin.



**UV PLUS ANTI-POLLUTION**  
SPF 50 protects against harmful UV rays, free radicals and pollution to preserve the youthfulness, luminosity and homogeneity of the skin.

위 그림에서 알 수 있듯이 유럽에서 출시된 anti-pollution cosmetics는 이론적 기반으로 2000년대 초에 발표된 독일의 Krutmann 교수가 발표한 연구논문들을 부분적으로 응용한 것으로 생각된다.

#### (4) 공해가 피부에 미치는 영향은 어느 정도인가?

공해방지 화장품 개발을 위해서는 앞서 기술한대로 “공해”가 무엇이고 그 범위가 어떻게 되는지에 대한 정의를 바탕으로 “공해”물질이 피부에 어떻게 그리고 얼마나 영향을 미치는지를 피부 과학적으로 분석되고 평가할 수 있어야 한다. 이들 영향의 단기적인 영향과 장기적으로 오염된 환경에 노출되었을 경우인 장기적인 영향범위의 분석 데이터가 필요하다. 지금까지 밝혀진 피부에 대한 공해환경의 영향은 아래와 같다.

- 피부의 건조화(dehydration)
- 산소결핍에 의한 피부의 생기와 탄력감소
- 표피층 재생속도 저하 (Less skin turnover)
- 피부조직 내 주요 항산화물질 또는 그 활성 감소
- 피지분비 증가
- 피부 민감성 증가

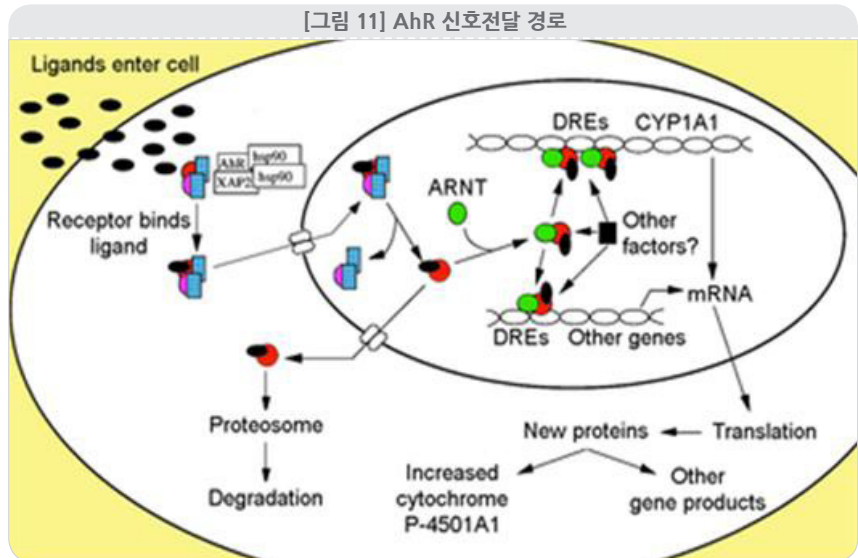
위에 열거한 영향지표들은 일반적으로 노화피부에서 나타나는 현상이며 따라서 공해에 의하여 피부노화가 촉진된다고 말할 수 있다. 이러한 공해노출이 장기화 될 경우 피부 자체의 방어능력이 저하되게 되며, 이러한 경우 심각한 피부노화를 초래할 수 있게 된다. 최근 A. Huls 등이 발표한 연구논문( J Invest Dermatol, 2016)에 의하면 대기 중에 NO<sub>2</sub>가 10 µg/m<sup>3</sup> 증가할 때 마다 50대 이상의 독일 여성들의 뺨에 색소침착이 25% 씩 증가하고, 중국여성들인 경우 24% 증가하는 것으로 분석되었다. 결론적으로 자동차 매연 등에 의한 공기의 오염, 즉 PM, NO<sub>2</sub>, 오존에 의하며 백인 및 동양인 여성 모드에서 색소침착의 증가를 가져오는 주요 원인으로 밝혀졌다. 이러한 현상을 초래하는 작용기전의 하나로 AhR (Arylhydrocarbon Receptor)를 통한 신호전달경로가 관여된 것으로 규명되었다. 따라서 최근 Symrise와 같은 독일의 화장품원료회사는 AhR antagonist(길항물질)를 개발하여 공해방지 기능성 소재로 상품화 하였다.

*Vierkoler A et al. Airborne particle exposure and extrinsic skin aging, J. Invest. Dermatol. 130 (12) (2010) 2719-2726.*

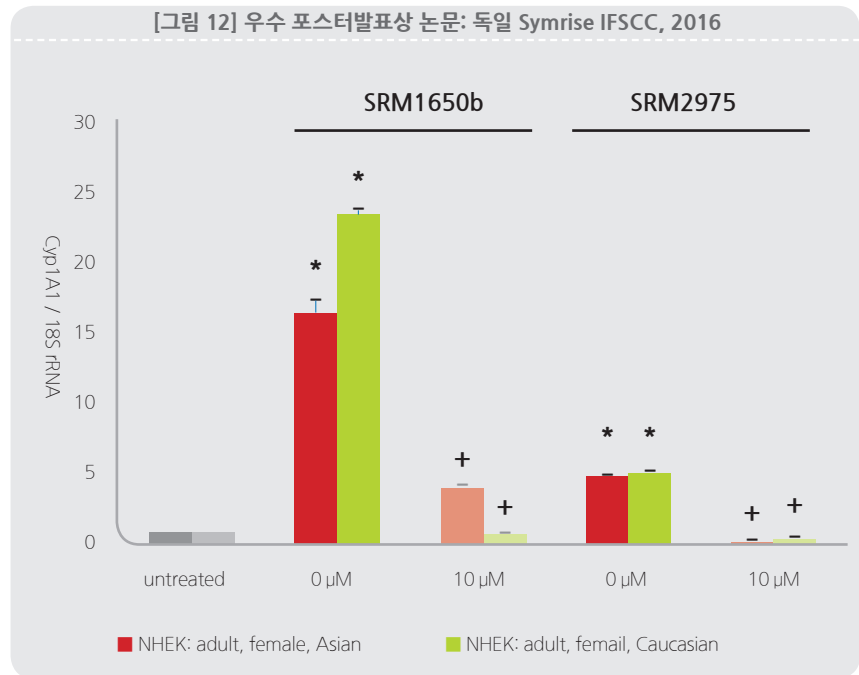
*Krutmann J. Pollution and skin: from epidemiological and mechanistic studies to clinical implications. J Dermatol Sci. 2014 76(3):163-*

### (5) Aryl hydrocarbon Receptor(AhR)의 작용기전 및 작용범위

Aryl hydrocarbon receptors는 특이 ligand에 의해서 활성화되는 전사조절자로서 planar aromatic (aryl) hydrocarbons에 대한 생체반응 작용을 영향을 미친다. 주로 xenobiotic 화합물 대사에 관여하는 cytochrome p450 효소반응을 조절한다.



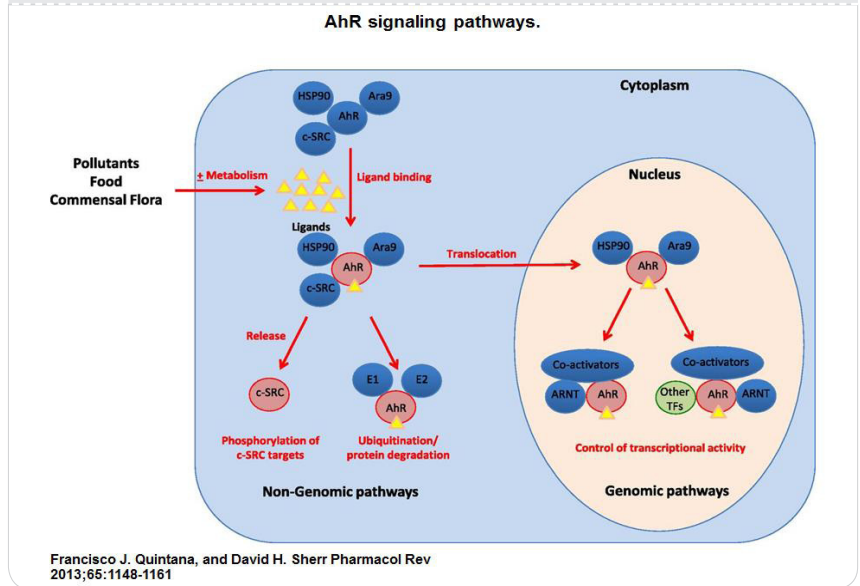
AhR은 최초에 dioxin류와 다른 공해물질, 몇 가지 식품류 화합물 또는 인체 상재 미생물에 의해 활성화되는 것이 밝혀졌다. 최근엔 이러한 AhR 신호전달체계를 통해 면역활성이 영향을 받는 것으로 알려지면서 환경 유해물질이 면역질환 발생도 초래하는 것으로 규명되었다. AhR는 ligand에 대한 특이성이 낮은 promiscuous binding site를 가지고 있어 다양한 천연 또는 합성 화합물들이 ligand로 밝혀졌다. AhR는 세포질내에 HSP90를 비롯한 다른 protein들과 복합체로 존재하고 있다가 외부에서 들어온 diesel 배출가스와 같은 ligand와 결합한 후 핵으로 이동된 후 ARNT나 또 다른 전사인자 단백질들과 결합하여 CYCP1과 같은 타겟 유전자의 프로모터 부위에 존재하는 DRE(Diesel exhaust Response Element)에 결합하여 전사를 촉진하게 된다. 타겟 유전자는 CYCP1A1 외에도 광범위한 다른 유전자의 발현도 유도하는 것으로 알려졌다. AhR의 작용기전은 이렇게 타겟 유전자의 발현을 촉진하는 genomic pathway와 함께 유전자의 발현이 필요 없이 세포활성을 제어하는 nongenomic pathway도 존재한다. Ligand와 결합된 AhR은 세포질에서 ubiquitination과정을 거쳐 타겟 단백질을 분해시키거나 또 다른 경로를 통해 c-SRC kinase의 인산화를 통해 활성을 제어하는 광범위한 세포활성을 조절기능도 가지고 있다. 이러한 과정을 통해 지질생합성을 억제하여 피부장벽 기능을 저하시키거나 inflammation 유발, MMP1 증가 등 피부노화 과정을 증가시키게 된다.



지금까지 알려진 작용기전을 이용하여 독일의 Symrise사는 2016년 IFSCC에 포스터를 발표하였고 우수논문상을 수상하게도 하였다. AhR antagonist인 E/Z-2-benzylindene-5,6-dimethoxy-3,3-dimethylindan-1-one(BDDI)가 diesel exhaust particle(DEP)에 의한 노화 촉진을 억제하는 효능을 아시아와 백인여성을 대상으로 검증하였다. (그림 12)

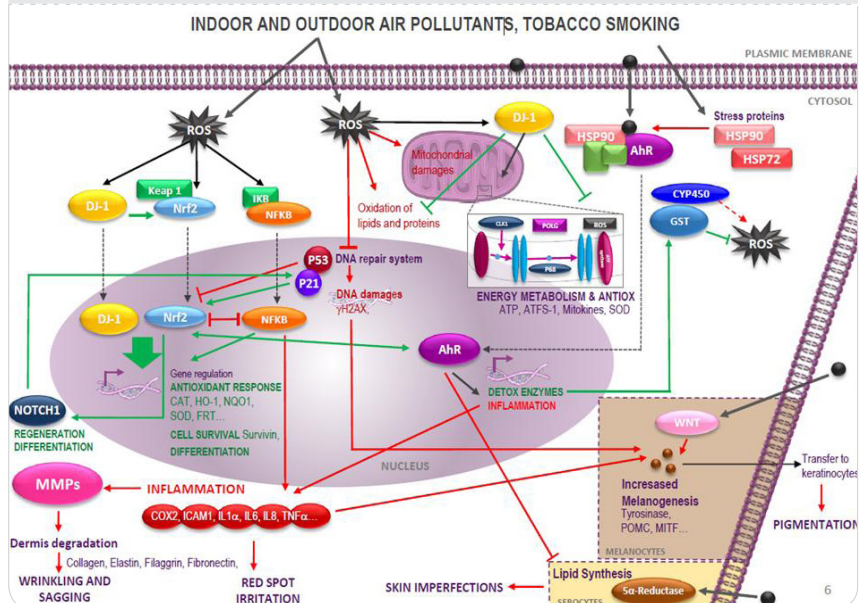
이렇게 규명된 작용기전을 바탕으로 하는 과학적 근거와 대규모 인체효능 검증으로 그 효능이 입증된 결과로 많은 화장품 회사들이 AhR을 조절하는 또 다른 antagonist를 탐색하는 경쟁에 뛰어들고 있다. 그러나 앞서 기술한 것과 같이 AhR의 ligand 특이성이 높지 않을 뿐 아니라 AhR 자체가 세포내에서 유전발현 조절에 관여하지 않는 nongenomic pathway, ubiquitination 경로를 통한 단백질 분해작용, 그리고 c-SRC kinase의 인산화를 통한 광범위한 세포활성 조절기능이 있어 세포의 종류와 특정 시점 및 조건상에서의 세포환경의 차이에 따라 다른 결과를 나타낼 수도 있을 것이기에 면밀한 주의가 필요할 것이다 (그림 13). 이를 뒷받침하는 가장 최신의 연구결과가 발표되었다. Susan H. Smith 등은 최근 online으로 선행발표된 논문에서 AhR agonist가 피부염증을 억제하는 것으로 발표하였다(Tapinarof Is a Natural AhR Agonist that Resolves Skin Inflammation in Mice and Humans. JID 2017). 따라서 향후AhR을 이용한 antipollution 화장품의 개발은 여러 단계에서 시행착오를 거친 후 다양한 타겟을 목표로 하는 기능성 제품의 출시가 예상된다.

[그림 13] AhR 신호전달 경로의 복잡성



공해물질들에 대한 세포의 반응 경로는 AhR 경로만 있는 것은 아니다. 아래 그림에서 보듯이 ROS 발생에서 출발하여 Nrf2와 NfκB 경로를 거쳐 염증반응을 촉발하거나 미토콘드리아의 손상에 의해서 나타나는 여러 세포기능 저하 등 다양하게 영향을 미치고 있는 것으로 생각된다. 이에 미토콘드리아의 활성 측정이 향후 주요 biomarker로 활용될 것으로 예상이 된다 (그림 14).

[그림 14] 공해물질에 반응하는 다른 신호전달 경로





## (6) Anti-pollution cosmetics를 위해 무엇을 해야 하나?

공해물질도 자외선과 같이 주요 유해환경 인자이므로 단순히 우리 피부가 공해물질로부터 노출되는 것을 억제하는 것이 우선적으로 해야 할 일일 것이다. 따라서 노출을 가급적 피하면서 이미 접촉된 공해물질을 제거하는 수단을 제공하면 될 것이다. 마치 자외선으로부터 노출을 피하기 위한 자외선 차단제를 사용하는 것과 같이 피부방벽을 강화하는 장벽크림과 같은 보습제를 사용하고 동시에 공해물질에 의해 생성도니 ROS 제거를 위한 항산화제, chelator 등의 사용이 보편화될 것으로 보인다.

### (가) 표준화가 필요한 평가항목

만일에 공해방지 화장품이 개발되어 소비자들에게 그 효능을 소구할 때 필요한 수단으로 객관적인 지표 등이 필요할 것이다. 각 지표들의 객관적 평가를 위해 측정해야 할 사항들은 아래 열거한 것을 예로 들 수 있겠다.

- 피부 표면 또는 피부 속에 오염된 중금속의 양
- Particle Matter (PM)의 존재 유무?
- 피부에서 검출되는 Polyaromatic Hydrocarbon 농도
- 분자 수준의 지표물질의 혈액내 농도
- 공해물질에 대한 감수성?
- 피부장벽 기능 척도

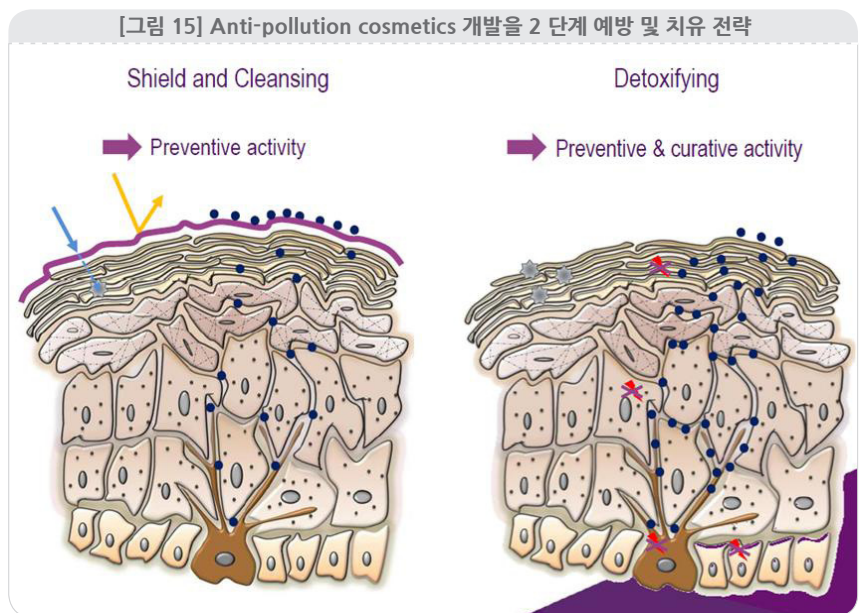
위와 같이 예를 든 지표들의 객관적 정량화가 확립이 된 이후 개발된 anti-pollution cosmetic이 피부에 사용된 이후의 효능을 측정하는 구체적 방법 등도 표준화가 필요하다.

### (나) 상기의 평가항목으로 공해물질 방지/억제효과 측정시 고려사항

- Pollution Protection Factor(PPF)의 도입이 필요한가?
  - 보호의 정도는 얼마인가?
  - 흡착물질의 흡착 정도 측정 기준은?
  - 공해물질 제거방법의 표준화는 어떻게?
  - SPF/UVAPF 등과의 PF/PPF와의 통합방법?
  - Endpoints어떻게 정하며 측정기구는 무엇으로 할 것인가?
  - 손상된 피부의 회복 정도는 무엇으로 측정 및 평가하는가?

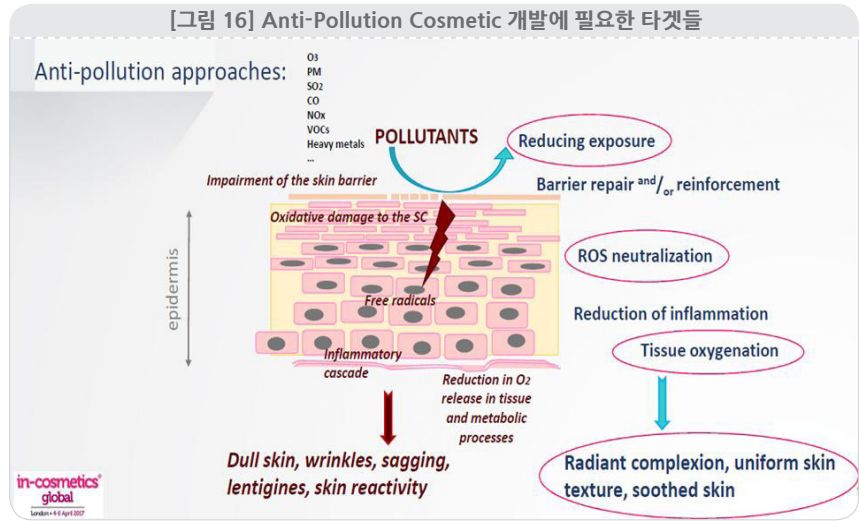
### (7) Anti-pollution cosmetics 개발을 위한 전략

Anti-pollution cosmetics을 개발하기 위해서는 아래 그림과 같이 크게 2 가지 접근방법으로 개발전략을 세우게 된다. 우선은 외부의 공해물질들이 피부와 접촉하는 것을 최소화 하기 위한 차단 장벽을 강화하거나 피부에 흡착된 공해물질을 효과적으로 제거하기 위한 효과적인 세정을 통해 예방효과를 높이는 전략이다. 두 번째는 일단 피부에 흡착되어 피부조직 내로 침투하여 손상작용을 일으키기 시작했을 때 피해원인을 제거하는 detoxifying하거나 치유하는 방법을 개발하여야 한다.



#### (가) Anti-pollution cosmetic 개발에 필요한 구체적인 타겟들

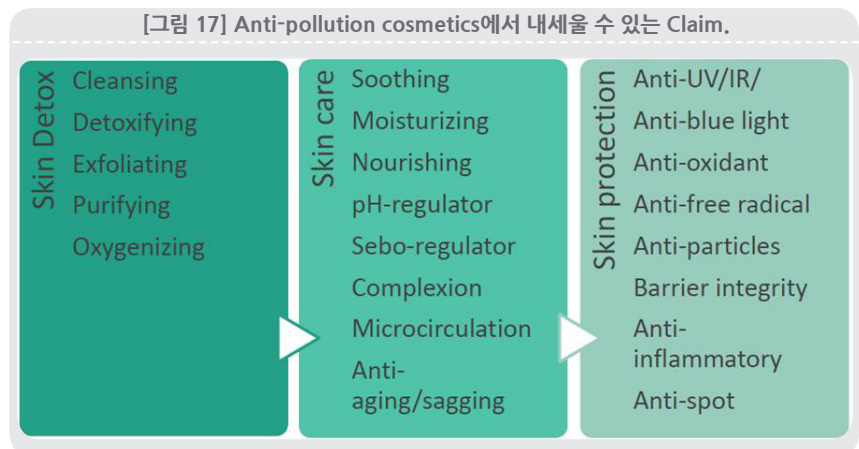
Anti-pollution cosmetic 개발에 필요한 2 단계 전략을 구체적으로 피부조직 내에서 일어나는 일련의 생화적 또는 생리적 변화들을 단계별로 정리하면 다음과 같을 것이다. 첫째, 공해물질에 대한 노출을 억제하기 위해서는 피부장벽의 구조적 손상을 복원하고 또한 피부장벽 기능을 강화하는 방법이다. 이는 아토피와 같이 피부장벽기능이 손상된 경우에 사용되는 피부 보습제 개발에 사용되는 것과 동일하게 적용될 수 있다.



둘째, 일단 피부조직에 침투한 공해물질은 우선적으로 ROS(활성산소 등)의 생성, 염증반응의 유발, 그리고 피부세포내의 산소결핍 초래에 의한 대사활동 저하 등이 발생한다. 이러한 과정을 통해 피부의 주름, 처짐, 색소침착 및 탄력감소 등으로 피부노화현상이 나타나게 된다. 따라서 피부장벽 강화 소재, ROS 제적을 위한 항산화제, 염증반응 차단 소재, 미토콘드리아 기능 강화 및 대사활성 강화를 유도하는 소재 등을 사용하는 전략이 필요하게 될 것이다. 이 밖에도 모공막힘, 지질산화 및 DNA 손상, 그리고 피부 pH의 변화도 주요한 측정 항목으로 사용될 수 있을 것이다.

#### (나) Anti-pollution cosmetics가 소구할 수 있는 클레임

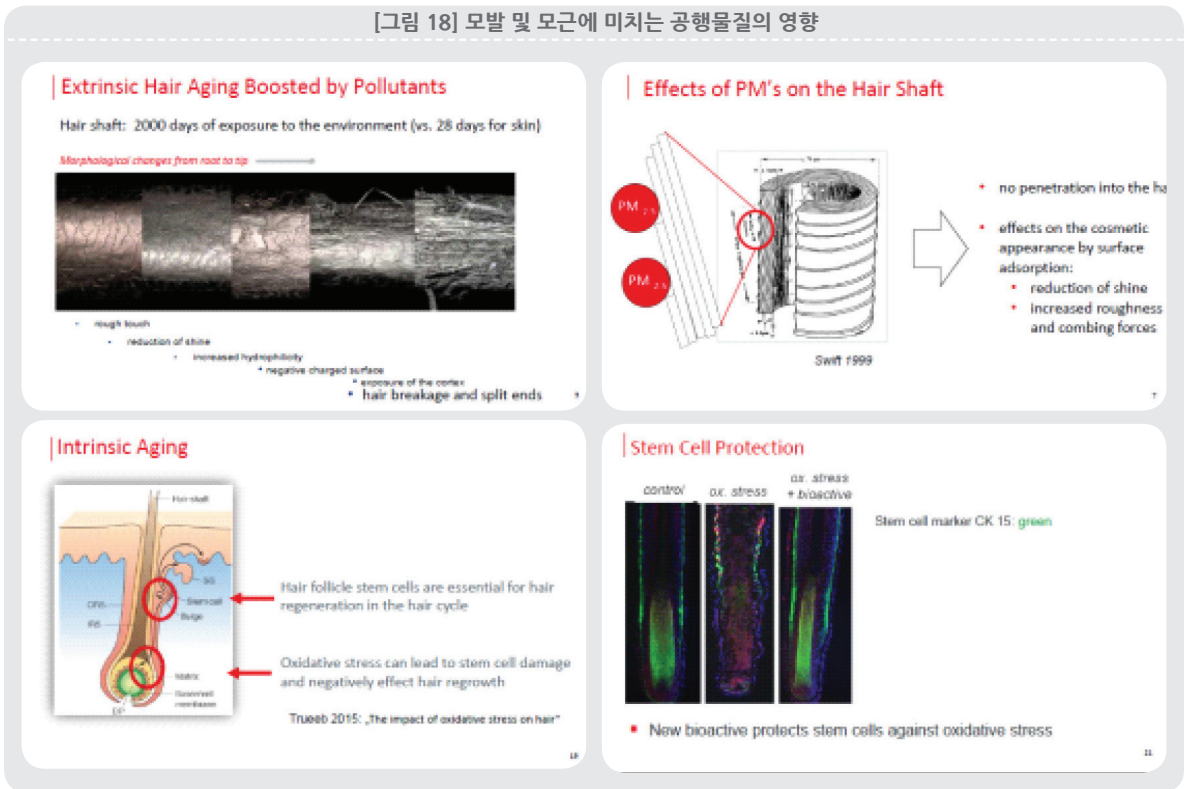
위에서 기술한 바와 같은 전략과 구체적인 피부 내 생화학적 및 생리적 타겟을 변화시켜 공해물질의 피부노화 전반에 걸친 나쁜 영향으로부터 우리의 피부를 보호할 수 있는 화장품을 개발하였을 때 가능한 클레임들을 3 가지 큰 분야로 나누어 보면 아래 그림과 같다.



### (8) Pollution and Hair - Problems and Solution

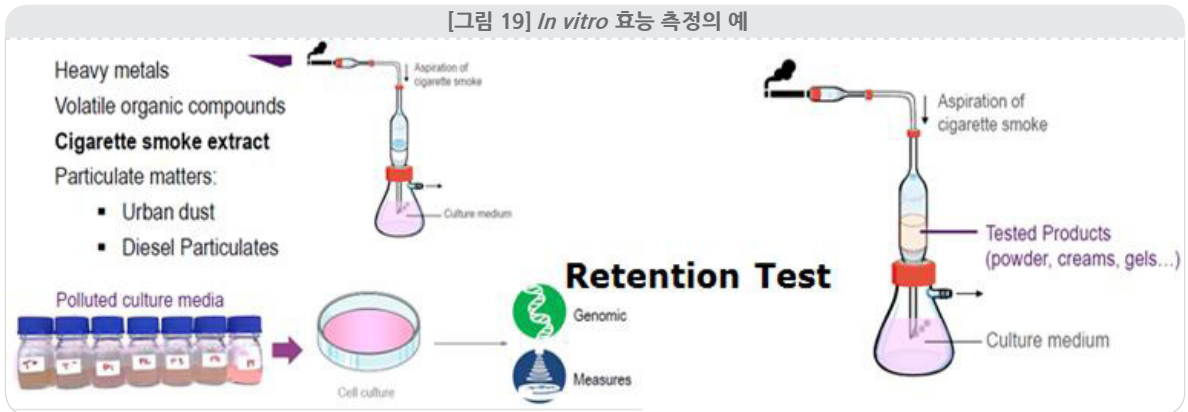
피부는 28일 주기로 턴오버되지만, 모발의 경우 2000일 정도 오염원에 노출되고, PMs에 손상을 많이 받게 된다. 큐티클층(모발의 최외각부분)의 경우 PM2.5가 흡수되는 것이 아니고, 정전기적 인력에 의해 흡착되어 모발의 윤기는 감소시키고, 거칠기는 증가시키게 된다. 이를 방지하기 위해서는 딥클렌징 샴푸의 사용으로 씻어 내거나 헤어컨디셔너 등과 같이 모발의 표면을 코팅하거나 표면개질을 할 수 있는 제품을 사용하여 흡착되는 것을 막는 방법이 있다. UV에 노출될 경우 모발의 fatty acid를 감소시키고, water의 경우 큐티클 층을 열어 S-S결합에 칼슘이온 등과 결합하여 pH value에 영향을 주고, 모발의 물리학적 성질에 영향을 주게 된다. 또한 잔류성 유기오염물의 경우 모낭을 통해 두피에 침투하게 되어 모낭줄기세포를 손상시켜, 모발의 내인성노화를 가속화하게 되며, 모발성장의 사이클을 감소시킨다. 모발 매트릭스는 침투된 오염물질들을 확인 할 수 있는 Biomarker로 사용할 수 있을 것이다(그림 18).

[그림 18] 모발 및 모근에 미치는 공행물질의 영향



(9) 개발 중인 anti-pollution 효능의 *in-vitro* 또는 *in-vivo* 측정방법

실제로 인체에서의 공해물질에 의한 손상정도나 이를 방지하는 anti-pollution cosmetics의 인체효능을 측정하고자 할 때 고려해야 할 사항을 아래와 같다. 우선은 단기노출과 장기노출을 구분해야하고 자연상태의 조건에 노출된 경우와 실험실 조건에서 노출시켜 측정할 경우를 구분해야 한다. 실험실 조건에서의 노출실험인 경우 노출시킬 pollutant를 무엇으로 해야 할 지도 결정되어야 한다. 예를 들어, 오존, PM, 또는 담배연기와 같은 “controlled pollutant”를 사용할 지도 정해야 한다. 또한 노출된 인체 피부에서 샘플을 채취하는 방법, 즉 tape stripping으로 할지 아니면 피부조직을 생검을 할지를 결정해야 한다.

(가) *In vitro* 효능 측정의 예(나) *Ex vivo* (3D skin model) 효능 측정의 예

(다) In vivo 인체효능 측정의 예

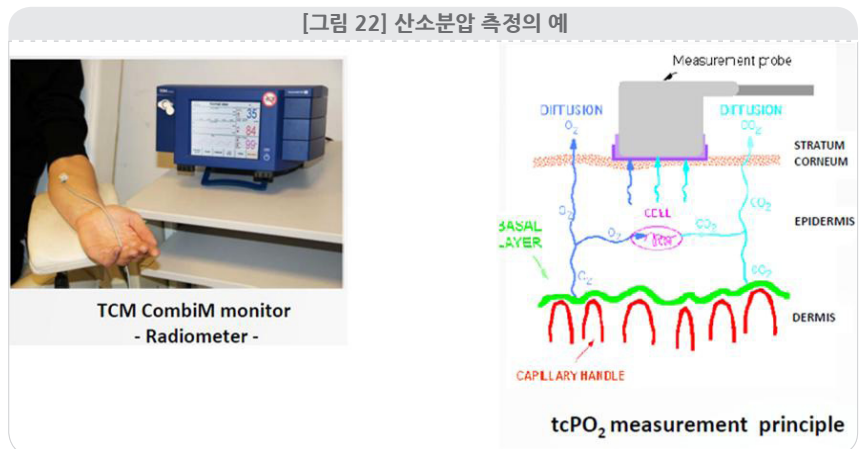
(A) Reducing exposure: Prevention of PM deposits

직경이 각기 다른 3종류의 무독성의 표준입자 (φ150nm / φ45nm / φ1nm)를 사용하여 PM이 인체피부에 노출된 후 세정제의 세정효과를 측정한다



(B) Tissue oxygenation: 피하조직 내 산소분압을 측정

Anti-pollution cosmetics의 기능성 성분이 산소소모량을 증가시키면 이는 대사과정이 활성화 되었다는 증거이며 공해물질의 독성작용이 제거되었다는 것을 의미한다.



Anti-pollution cosmetics의 기능성 성분이 산소소모량을 증가시키면 이는 대사과정이 활성화 되었다는 증거이며 공해물질의 독성작용이 제거되었다는 것을 의미한다.

**(C) 피부가 노출되어 흡착된 전체 공해 화합물 양을 측정**

미국의 Myexposome사에서 개발된 손팔찌 형태의 실리콘흡착제로 인체 피부가 주위 또는 공기 중에 존재하는 화합물을 흡착 또는 흡수하는 것과 같이 물질을 누적하여 흡착하여 전체 누적노출의 양을 측정할 수 있게 하였다. 1 주일간 착용 후 Myexposome사로 우편으로 보내면 약 1400여 종류의 화합물이 분석 평가된다.

**[그림 23] MyExposome의 실리콘 bracelet****(10) 결론**

이상과 같이 anti-pollution cosmetics의 개발에 필요한 전략, 타겟, 그리고 클레임의 범위와 이를 입증한 효능평가 방법 등에 대하여 지금까지 밝혀지고 개발된 방법론 등의 내용을 정리하여 보았다. 그러나 여전히 표준화된 또는 아직도 합의가 이루어져야 할 표준화된 기준과 시험법을 생각하면 anti-pollution cosmetics 가 시장에서 정착되기 위해서는 더 많은 시간과 노력이 필요한 상태로 생각된다. 예를 들어 표준화된 공해물질을 사용한 평가결과가 실제 생활에서 노출된 공해물질에 의한 영향을 반영한 것으로 볼 수 있는가 하는 점이다. 더 나아가 자외선 차단지수의 표준화와 같이 공해물질 차단지수, 즉 PPF(pollution protection factor)를 정의할 수 있는가 하는 문제이다. 이를 위해선 광범위한 국제적 협력과 공동연구 등이 필요할 것으로 예상된다.

**맺음말**

지속가능 화장품과 공해방지 화장품의 개발 동향은 향후 화장품 산업 전반에 걸쳐 영향을 미치게 될 것으로 예상되고 있다. 따라서 국내 화장품 업계는 물론 정부의 지원 정책도 이에 부합하는 방향으로 추진되어야 할 것이다. 새로운 기술개발의 수요에 걸 맞는 연구개발은 대학과 업계 그리고 정부의 적절한 정책 조율을 통해 추진되어야 글로벌 개발 동향에 뒤처지지 않고 지속적인 산업의 성장을 유지 발전시킬 수 있을 것으로 생각된다.

Bio Economy Report 발간 현황			
분류	발간 번호	제목	저자
Bio Economy Report	Issue 1	크리스퍼 기술 개발 진단과 시장 전망	이계민 선임연구원, 홍정은 연구원
	Issue 2	글로벌 제약시장 임상 파이프라인 분석	유승준 수석연구원, 이계민 선임연구원
	Issue 3	생태계 관점에서 본 바이오의료클러스터 활성화 방안	김지현 선임연구원
	Issue 4	한국 바이오기업의 미국 시장 진출 거점으로서의 유타주	김지현 선임연구원
	Issue 5	인공지능(AI)의 발전과 바이오헬스산업	이계민 선임연구원, 홍정은 연구원
	Issue 6	분자진단 신산업 육성과 위험관리를 위한 규제이슈 진단	김지현 선임연구원
	Issue 7	보험사의 바이오헬스산업 진출	이계민 선임연구원
	Issue 8	유전체 데이터 국제 표준화 동향	신수용 경희대 조교수, 김지현 선임연구원, 이계민 선임연구원
	Issue 9	블록체인 기술과 바이오헬스 산업	안지영 연구원
	Issue 10	인공지능(AI) 트렌드와 헬스케어분야 활용 현황	김지현 선임연구원, 반재복 바이오창업부문 부문장
	Issue 11	블록체인 기술과 헬스케어 데이터 혁신	문세영 부센터장
	Issue 12	마이크로바이옴과 헬스케어 혁신: 휴먼 마이크로바이옴 치료제 산업 전망	김지현 선임연구원
	Issue 13	디지털 의료 (Digital Medicine) : 헬스케어의 경계를 확장하다	문세영 부센터장
	Issue 14	유전자원 이익공유 시대, 바이오산업계는 어떻게 대응할 것인가?	오기환 산업정책부문 부문장 염지원 산업정책부문 대리 김지현 책임연구원 안지영 연구원
국내 바이오산업 실태조사 심층분석	Issue 1	국내 주요 바이오클러스터 바이오의약 기업 인력 현황 및 파이프라인 분석	이계민 선임연구원
	Issue 2	국내 바이오산업 수출입 분석	김지현 선임연구원



April 2019, Issue 15

저자소개

박장서

동국대학교 공과대학 화공생물공학과 교수  
전화 : 02-2260-8597  
e-mail : dgucsp@dongguk.edu

김지현

한국바이오협회 한국바이오경제연구센터 선임연구원  
전화 : 031-628-0013  
e-mail : jkim@koreabio.org

BIO ECONOMY REPORT

발행 | 2019년 4월

발행인 | 서정선

발행처 | 한국바이오협회 한국바이오경제연구센터

13488 경기도 성남시 분당구 대왕판교로 700

(삼평동, 코리아바이오파크) C동 1층

[www.koreabio.or.kr](http://www.koreabio.or.kr)



한국바이오경제연구센터  
KOREA BIO-ECONOMY RESEARCH CENTER

Innovating Data Into Strategy & Business



9 772508 682002  
ISSN 2508-6820