

크림 제형 화장품용 스마트 패키징 기술 개발

전수연¹ · 문병근¹ · 오재영^{1*} · 강호상² · 장 건² · 이기성²

¹한국건설생활환경시험연구원

²삼화플라스틱

Development of Smart Packaging for Cream Type Cosmetic

Sooyeon Jeon¹, Byounggeoun Moon¹, Jaeyoung Oh^{1*}, Hosang Kang², Geun Jang², Kisung Lee²

¹Logistics Safety Center, Korea Conformity Laboratories 199, Gasan digital 1-ro, Geumcheon-gu, Seoul, 08503, Korea

²Samhwa Plastic Co., Ltd. 14, Ojeongongeo-gil, Uiwang-si, Gyeonggi-do, Korea

Abstract The degree of cosmetic's oxidation depends on the storage conditions and external conditions when using the product. The microbial contamination and oxygen exposure often results in the quality deterioration of cosmetics. In addition, the problem is that consumers often use cream-type cosmetics, which have short expiration period (6-12 months), even after the product is expired. When using the deteriorated cosmetics, it can be fatal to consumers' safety including some symptoms such as folliculitis, rashes, edema, and dermatitis. Therefore, it is necessary to develop sealed smart packaging for cosmetics to prevent the deterioration of cosmetics and improve consumer safety. In this study, we have developed smart packaging design for cosmetics that can measure the surrounding environment and expiration date for the cosmetics in the real time. In addition, the smart packaging includes sensor, which are linked to the mobile application. Users can find out the measurement results through the application. Also, the packaging design and functions were set up based on the survey results by the user and feasible model can be produced based on user choice. The measurement in the three environment has been done after manufactured the sensor, PCB, and mobile application. As a result, it works normally within a certain range under all three environmental conditions. It is believed that the information on expiration dates and storage environment can be efficiently delivered to the consumers through developed cosmetics smart packaging and applications. The development of UI/UX design for consumer is further studied. The UX/UI design of the application plays an essential role in achieving this goal through the commercialization the cosmetic products in the wide range.

Keywords Cosmetics smart packaging, Internet of things, Cosmetic packaging design

서 론

고령화 사회로 진입함에 따라 전 연령층에서 안티에이징 화장품에 대한 수요가 높으며, 화장품 성분에 대한 관심이 높아지고 있다. 최근, 의약외품에 사용되는 원료와 같은 검증된 기능성 성분을 화장품에 적용한 코스메슈티컬 시장이

해마다 15% 이상 고성장하며, 고품질 화장품에 대한 소비자의 수요가 크게 증대되고 있다. 그러나 고기능성 성분이 함유된 고가의 스킨케어 제품은 사용기한이 개봉 후 6~12 개월 이내로서 사용 기한 관리에 각별한 주의가 필요하다. 화장품은 사용 및 보관환경에 따라 온습도, 산소, 자외선, 미생물 등에 의해 산패 또는 변질 발생할 수 있으며, 특히 사용기한의 초과, 과도한 자외선·산소 노출, 온도 변화에 따라 산패(rancidity)가 발생하여 모낭염, 발진, 부종, 접촉성 피부염 등 소비자의 안전에 치명적 위협의 소지가 있다. 이에 따라 화장품 변질을 예방하기 위한 밀폐형 화장품 용기 및 사용기한 준수 등 소비자 사용습관 개선의 필요성이 증대되고 있다.

최근, 소비자 사용습관 개선을 위한 방안으로 의약품 분

*Corresponding Author : Jaeyoung Oh

Logistics Safety Center, Korea Conformity Laboratories 199,
Gasan digital 1-ro, Geumcheon-gu, Seoul, 08503, Korea

Tel : +82-2-6912-2330, Fax : +82-2-856-5636

E-mail : jyoungo@kcl.re.kr

야에서 올바른 복약지도를 위한 스마트 패키징의 개발 연구가 활발히 진행되고 있으며, Shin¹⁾ 등은 복약 효율 향상을 위한 IoT 적용 스마트 의약품 보관함의 서비스 디자인을 개발한 바 있다. 스마트 패키징 시장은 세계적으로 관심도와 시장 성장성이 높아 2016년부터 연평균 11.7% 성장하였으며, 2025년까지 520억 달러의 규모에 이를 것으로 전망된다.²⁾ 센서, NFC 기능, 전용 어플리케이션 개발 등 IoT 기술을 접목한 스마트 패키징 기술은 화장품 분야에도 적용하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 화장품은 단일상품에서 벗어나 전자기기, 스마트폰 등 타 산업과 결합하여 복합 뷰티 솔루션으로 진화하고 있으며, 기능을 강화하기 위해 전자제어기술, 광학기술 등이 적용되어 스마트화된 기기로 개발 연구되고 있다. 뷰티 디바이스들의 스마트화 개발 트렌드에 맞춰 국내에서는 IT 기업이 IoT 융합 가전제품으로서 스마트 화장대 등을 개발하고 있다.³⁾ 스마트 화장품 제품군의 개발 잠재력이 높고, 다양한 고기능성 제품들이 개발됨에 따라 크림제형의 화장품 용기에도 스마트 용기의 개발 필요성이 증대되고 있다.

크림타입의 화장품은 기능과 성분에 따라 여러 가지 제품들이 있으며, 점도가 높고 유동성이 낮기 때문에 크림용기의 경우 대체적으로 내용물을 담은 용도로만 국한되어 있다. 일반적인 화장품 크림 용기는 손가락으로 화장품을 찍어서 사용하기 때문에 화장품 내용물의 오염에 대한 우려가 있고, 화장품 사용을 위해 뚜껑을 열어야 하므로 내용물이 외부 공기에 노출되어 산화 또는 변질되는 문제점 있다. 산패된 화장품 사용으로 인한 안전사고를 방지하기 위해 고점도 크림타입 화장품에 적용이 가능한 밀폐형 스마트 화장품 포장 용기의 개발과 적용이 필요하다.

이를 위해 본 연구에서는 공기의 접촉이 많은 크림화장품의 단점을 개선하고, 변질 방지를 통한 사용기간 향상 및 편의 증대를 위해 밀폐작동구조 토출 방식 및 IoT 접목기술 등을 통하여 내구성과 기능성 그리고 사용성이 편리한 스마트한 화장품 용기를 개발하였다. 또한, 전용 어플리케이션을 통해 변질되는 상태를 사용자가 인지하도록 함으로써 소비자의 안전성 및 편의를 증대하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 스마트 화장품 선호도 조사

사용자의 화장품 사용 환경에 대한 이해와, 연구방향 설정을 위한 개인의 화장품 사용 환경과 경험을 조사하고자 화장품 업계 실무자를 대상으로 설문조사를 실시하였다.

2. 화장품 스마트 패키징을 위한 센서/PCB 설계 및 어플 제작

화장품 스마트 패키징을 위해 온도, 습도, pH 센서를

사용하여 PCB를 설계 및 제작하였다. 온-습도 센서로서 SHT30(Sensirion, Korea)을 사용하였고, MCU(micro controller unit)로서 nRF51822(Nordic Semiconductor, Norway) 칩을 사용하였다. 사용한 MCU칩은 bluetooth 4.0 통신모듈이 포함되어 저전력 설계가 가능하며, RTC(real time clock)가 내장되어 있어 유통기한 설정을 통한 확인이 가능하다. 용기의 소형화 및 PCB의 공간확보를 위하여 pH 센서를 소형화 하였으며, pH 전극부의 길이가 20 mm인 유리제 electrode를 외부제작(Lotus prosuming management, Korea)하여 화장품 용기 크래들에 적용하였다.

모바일 어플리케이션은 화장품 용기내의 PCB와 bluetooth로 연동되어 온도, 습도, pH, 사용빈도, 남은 유통기한이 표시되며, 연동된 화장품의 세부 정보를 확인할 수 있도록 제작하였다.

3. 화장품 스마트 패키징을 위한 디자인 설계

크림제형 화장품의 상태를 용기 외부에 표시하여 사용자에게 정보를 제공할 수 있는 스마트 패키징 디자인을 개발하고자 하였다. 센서 및 PCB 기판의 적용을 위해서 크래들형의 화장품 용기를 디자인하였으며, 화장품용기에 센서 및 PCB가 사용됨으로써 상승할 생산 단가의 영향을 최소화하기 위하여 리필형 용기로 구성하였다. 또한, 내용물이 외부로 노출되어 산화 또는 변질되는 문제점을 개선하고자 공기 접촉과 오염도를 최소화할 수 있는 방식으로서 회전 토출방식을 적용하였다.

4. 시험평가 방법

1) 용기의 내구성 평가

대한화장품협회의 화장품용기시험법 중 용기의 감압누설, 내열성, 내한성, 낙하, 크로스컷트 시험을 통해 개발한 화장품 스마트 패키징의 내구성을 평가하였다.

용기의 감압누설시험은 KCA S TM C2 「감압누설시험 방법」에 따라 화장품 용기의 정상조립 상태에서 용기, 마개, 펌프, 팩킹 등 접촉부위의 밀착상태 또는 균열 등을 감



Fig. 1. Miniaturized pH electrode. (2 mm)

압 시 액의 누설여부로 평가하였다. 0~100 kPa을 유지할 수 있는 진공건조기에 화장품 용기를 넣고, 진공도를 약 33.7 kPa로 조절된 상태로 10분간 유지하여 감압누설시험을 실시하였다.

KCA S TM C5 「용기의 내열성 및 내한성 시험방법」에 준하여 용기의 내열성 및 내한성을 평가하였다. 규정 용량의 내용물을 용기에 충전하고 정상 캡핑한 다음 규정 온도의 냉장고 및 항온조에 7일간 방치하여 내용물 및 부재료의 수축 및 팽창에 의한 변화, creep 현상에 의한 변형 및 기능저하 여부를 확인하였다.

자유낙하시험을 통해 다양한 형태의 조립 화장품 용기의 운송, 취급 및 사용과정에서 낙하 충격에 의해 발생하는 파손, 분리 및 작동불량에 대해 평가하였다. 낙하시험은 화장품용기시험방법 KCA S TM C12 「낙하 시험방법」에 준하여 평가하였으며, 높이 (1.00 ± 0.02)m에서 이중 조립캡 조건에 따라 10회 낙하하였다.

개발한 스마트 화장품 용기 코팅막 및 도금의 밀착성을 평가하기 위하여 KCA S TM C14 「크로스컷트 시험방법」에 준하여 평가하였다. 커팅간격 1 mm, 간격 수 11줄의 크로스커터를 사용하여 격자무늬로 그은 후 점착테이프를 박리하여 코팅막 분리여부를 통해 코팅막의 밀착성을 평가하였다.

2) 센서 유닛의 작동성

개발 센서가 적용된 시제품의 유통, 보관 환경 조건에 따

Table 1. Evaluation conditions of the sensor unit

Setting conditions	
Room Temp.	(23.0 ± 1)°C, (50 ± 2)%R.H.
Low Temp.	(4.0 ± 1)°C
High Temp.	(42.0 ± 1)°C, (70 ± 2)%R.H.

른 표시 데이터의 유효성 및 작동 내구성을 평가하고자 하였다. 작동성능 평가는 3가지 환경조건(table 1)에서 평가하였으며, 각 환경조건에서 2시간 이상의 간격으로 온습도를 15회 반복 측정하여 측정값이 (±3)°C, (±5) %R.H. 이내로 정상 작동하는지 확인하였다. pH 센서의 작동성은 72시간 후 상온조건에서 pH 4, 7, 10의 버퍼용액을 10회 반복 측정하여 측정값이 (±1) 이내로 정상 작동하는지 확인하였다.

결과 및 고찰

1. 스마트 화장품 선호도 조사

화장품 사용자의 사용 환경과 경험에 대한 조사를 위해 화장품 업계 실무자 80명을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문 결과를 통해 화장품 구매 시 가격이 주요 구매요소이며, 화장품 용기의 중요 요소로서 외관디자인이 50%, 기능성이 43%의 응답결과를 보였다. 화장품의 사용 환경에 대한 설문 결과, 과반 이상의 설문자가 화장품 사용 시 유통기한 확인을 통해 기한을 준수하는 것을 확인하였다. 또한, 화장품을 사용하면서 부작용 사례를 겪은 경우 보관 환

Table 2. Survey results on purchasing and using cosmetics

	Questions	Answers
About purchase	The most important things when buying cosmetics	Price(35%), others-brand, side effects, function etc.(28%), design(24%)
	The most important function of cosmetic packagings	Design(50%), Functionality(43%)
	Frequency of checking expiration date when purchasing cosmetics	Sometimes(39%), Always(36%)
	Type of products that are frequently purchased	Moisture cream(45%), Lipstick(34%)
	Where do you usually buy cosmetics	Shop(46%), Online store(35%)
About using	Do you follow the expiration date?	Yes(70%), No(30%)
	Side effects (folliculitis, rash, dermatitis) experience	experience(32%), inexperience(68%)
	The reason for the deterioration of cosmetics	Temperature and humidity(35%), Storage(35%)
	Would you like to buy smart cosmetic packaging (that can check the deterioration)	Yes(86%), No(14%)
	The degree of cost increase available for purchase.	5~10%(51%), 1~5%(25%)
	Does the refill-structure increase the benefit of using?	Yes(81%), No(19%)
	Would you like to buy smart cosmetic packaging (with refill-structure, checking the deterioration)	Moderately likely(49%), Very likely(35%), Completely likely(13%)
	Storage environment of cosmetics that you use	room temp.(84%), cosmetic cooler(9%)
Preferred contents for mobile applications	Temperature and humidity(43%), expiration date (30%), manufacturing component(18%), frequency of use(10%)	

경(35%) 및 방법(35%)에 의한 변질사례가 가장 높았으며, 보관 환경 및 변질여부를 확인할 수 있는 제품이 개발된다면 충분히 고려하여 구입할 가능성이 있는 것으로 판단된다.

2. 화장품 스마트 패키징을 위한 센서/PCB 설계 및 어플리케이션

개발한 화장품 스마트 패키징 디자인에 적용할 수 있도록

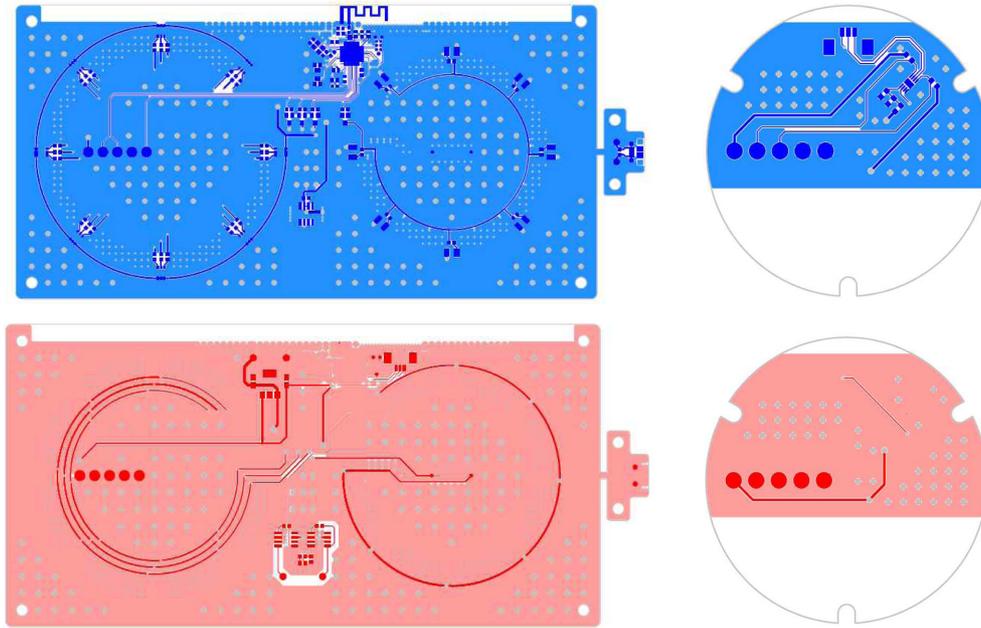


Fig. 2. PCB board for cosmetic packaging container and cradle.

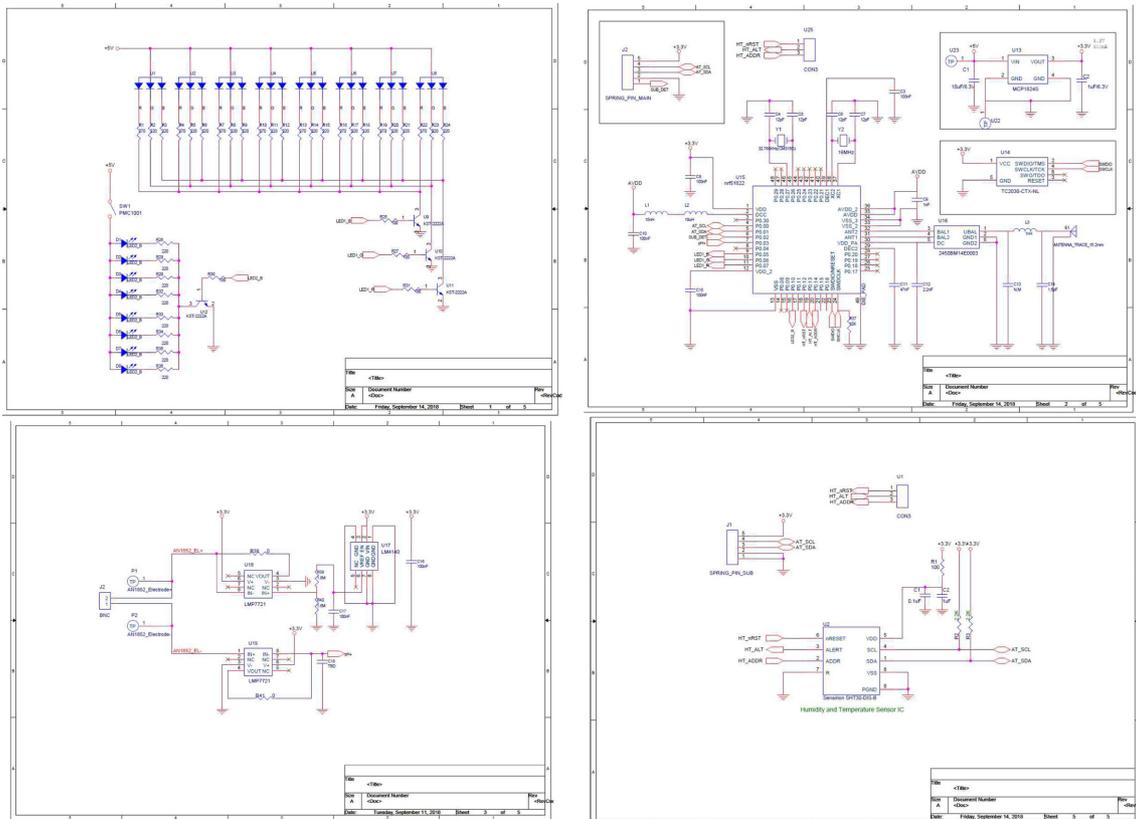


Fig. 3. Circuit diagram of cosmetic smart packaging.

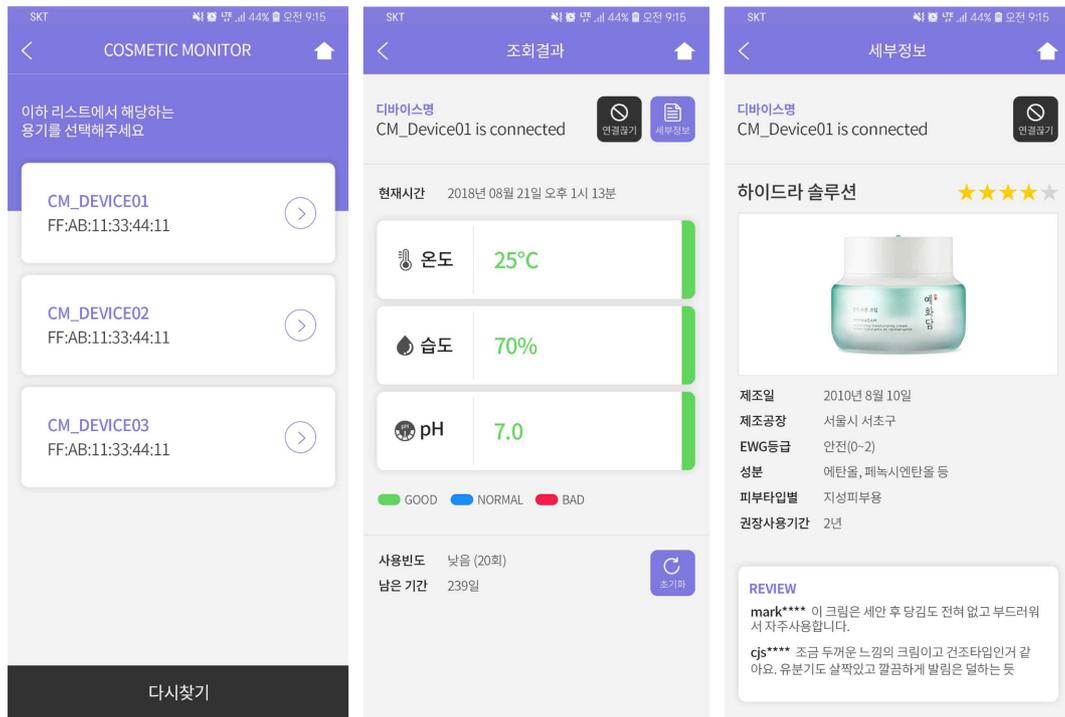


Fig. 4. Screen of developed APP.

록 센서를 적용하여 PCB 기판을 설계·디자인하였다. 어플리케이션을 연결하는 방법 외에 화장품 내용물 및 보관환경의 상태를 용기에서 직관적으로 확인할 수 있도록 LED를 설치하였으며, 크래들에 용기가 놓여있을 때 센서의 측정값에 따라 RGB 컬러로 LED가 점등되는 형태로 설계하였다. 화장품 용기 외관에서 색변화를 통해 직관적으로 확인할 수 있어 보관환경의 상태를 효율적으로 소비자에게 전

달할 수 있을 것으로 사료된다.

화장품 사용자 대상 설문조사 결과를 토대로 모바일 어플리케이션에 온습도 환경, 사용빈도 및 유통기한을 표시하였으며, 연결된 화장품의 제조성분을 표시하였다.

3. 화장품 스마트 패키징을 위한 디자인 설계

기존의 가압식 펌핑 장치를 구비한 화장품 용기는 사용

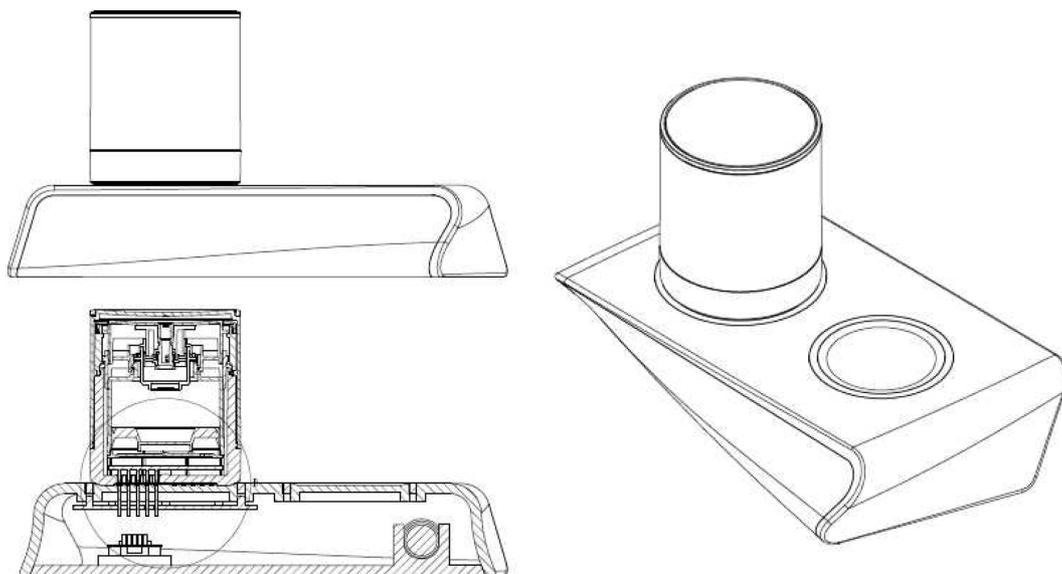


Fig. 5. Drawing structure images of cosmetic smart packaging.



Fig. 6. Conceptual image of cosmetic smart packaging.



Fig. 7. Various designs of cosmetic smart packaging.

자가 여러 번 작동 버튼을 눌러야 배출되는 구조이므로, 펌핑 장치의 마모나 수축에 의하여 기밀성이 떨어져 화장품 용기내로 이물질이 침투하여 내용물이 변질되거나 펌핑기능이 저하되는 문제점이 있었다. 따라서 누르는 대신 회전에 의해 액상의 화장품을 배출시킬 수 있는 화장품 용기로 디자인하였다. 화장품 용기 외관의 디자인은 구매의사에 크게 영향하므로⁴⁾ 용기의 디자인은 스마트 화장품 디자인 재질로서 선호도가 높은 매끄러운 메탈릭 계열의 용기를 적

용하였다.⁵⁾

화장품 내용물의 잔여 사용시간, 온도 및 습도, pH를 측정할 수 있는 센서 및 PCB 기판의 설치공간 확보를 위해 크래들 타입의 디자인을 적용하였다. 크래들을 적용함으로써 내용물 용기 부피의 감소가 가능하여 디자인 구현이 자유로우며, 내용물 용기의 휴대성을 높였다. 크래들은 지정된 장소에 고정되어 사용되어 지므로 교체형 배터리가 아닌 외부전원공급이 가능한 형태로 설계하였다.



Fig. 8. Scratches on the surface.

4. 제작 용기의 내구성 평가 결과

개발 화장품 용기의 감압누설 평가 결과, 내용물이 충전되어 있는 화장품 용기를 진공건조기에 넣고 약 33.7 kPa의 진공상태로 10분간 유지하였을 때, 용기의 변형, 균열, 파열, 변색, 작동불량 등 용기의 손상이 없었으며 내용물의 누설이 발생하지 않는 것을 확인하였다.

개발 화장품 용기에 대하여 보관 및 유통 환경에서의 내구성을 확인하기 위하여 내열성 및 내한성을 평가하였다. 내용물이 충전된 상태의 용기에 대하여 (2 ± 3)°C와 (45 ± 3)°C의 조건에서 각각 평가하였으며, 7일 이후의 내용물 및 용기의 수축·팽창에 의한 변화, creep 현상, 작동불량이 발

생하지 않았다.

사용 및 운송 시의 낙하 안전성을 확인하기 위해 자유낙하시험을 통한 파손, 분리 및 작동불량을 평가하였다. (1.00 ± 0.02)m에서 10회 낙하하였을 때 2회 낙하부터 콘크리트 바닥에 의한 찍힘, 흠집이 발생하였으나(Fig. 8) 분리, 균열과 같은 변형 및 삐걱거림 등의 손상은 관찰되지 않았다.

제작 시작품의 표면 가공처리 후 용기 소재 및 표면처리의 안정성을 확인하기 위해 크로스컷트를 통해 코팅막의 밀착성을 평가하였다. 크로스컷트 시험결과 코팅막의 박리가 일어나지 않는 것을 확인하였다.

5. 센서 유닛의 작동성능 평가 결과

제작한 개발 화장품 스마트 패키징의 센서유닛에 대한 환경조건에 따른 작동성능을 확인하기 위하여 3가지 환경조건에서 온습도를 2시간 이상의 간격으로 15회 반복 측정하였다. 각 환경조건에서 온·습도 측정 결과, 모든 측정치가 설정범위인 (±3)°C, (±5)%R.H. 이내로 측정되었다. 결과는 Table 3에 나타내었으며, 냉장조건의 경우 환경습도를 설정하지 않았기 때문에 측정치를 기입하지 않았다.

각 환경조건에서 72시간동안 방치 후 센서의 이상여부를 확인하기 위해 상온에서 버퍼용액 3종(pH 4, 7, 10)의 pH를 10회 반복 측정하였다. pH 측정 결과, 모든 측정치가 설정 조건인 (±1) 이내로 측정되었으며, 각 버퍼용액의 pH 결과의 표준편차가 0.1 이내로 측정되어 센서 작동성능에 이상이 없음을 확인하였다. 본 시험결과를 통해 다양한 유

Table 3. The measurement results of sensor/APP in the three environment

Setting conditions	Temp. (°C)		Humidity (% R.H.)	
	Mean	Stdev	Mean	Stdev
(23.0 ± 1)°C, (50 ± 2)%R.H.	23.7	0.5	50.5	0.8
(4.0 ± 1)°C	3.7	0.5	-	-
(42.0 ± 1)°C, (70 ± 2)%R.H.	41.9	0.6	69.2	1.4



Fig. 9. Images of evaluation at Room condition. (23°C, 50% R.H.)

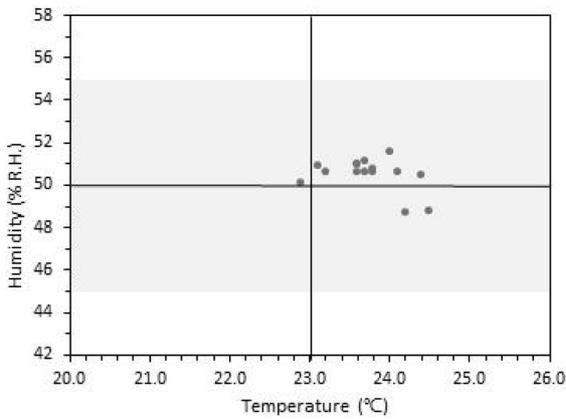


Fig. 10. Results of measurement under room condition. (23°C, 50% R.H.)

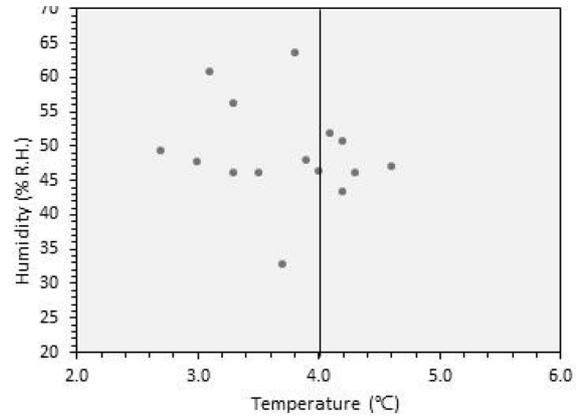


Fig. 11. Results of measurement in low temperature chamber. (4°C)

Table 4. Results of pH value after environmental test

Buffer solution	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH 4	4.0	4.1	4.2	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	4.0	4.0
pH 7	7.1	7.0	7.2	7.0	7.1	7.0	7.1	7.0	7.1	7.0
pH 10	10.0	9.9	10.0	9.9	9.9	10.0	10.1	9.8	10.0	10.0

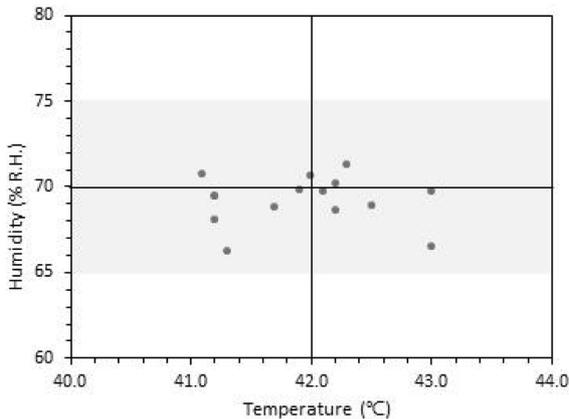


Fig. 12. Results of measurement in high temperature chamber. (42°C, 70% R.H.)

통·보관환경에서의 센서 측정값의 신뢰성을 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

화장품 내용물의 모니터링이 가능한 화장품 스마트 패키징을 제작하기 위하여 화장품 업계 실무자를 대상으로 경험 및 선호도를 조사하였다. 대부분의 설문자가 화장품 사용 시 유통기한 준수를 위해 기한을 확인하며, 보관환경에 의한 화장품 내용물의 변질이 빈번한 것을 확인하였다. 설문조사 결과를 바탕으로 보관환경의 온·습도, 사용빈도, 유

통기한, 내용물 제조성분 표시기능을 추가하여 센서·PCB 및 모바일 어플리케이션을 제작하였으며, 기능의 작동성을 확인하였다. 제작한 센서의 고온, 상온, 저온의 3가지 환경조건에서의 작동성을 확인한 결과, 온도 및 습도가 (± 3)°C, (± 5)%R.H. 이내로 작동하였고, pH는 (± 1) 이내로 측정되어 각 환경조건에서 설정한 기준치 이내로 정상 작동하는 것을 확인하였다. 제작한 센서 및 PCB를 적용할 수 있는 스마트 화장품 용기를 설계, 디자인하였고, 제작한 스마트 화장품 용기의 내구성을 확인하였다. 비교적 부피가 큰 센서를 적용하기 위하여 크래들 형태를 적용하였으며, 내용물 용기에 회전도출방식을 적용하여 밀폐성을 높였다. 제작한 화장품 용기의 감압누설, 내열성, 내한성, 낙하, 크로스컷트 시험 결과, 각 시험 후 용기의 변형, creep 현상, 분리, 균열, 파열, 변색 등의 손상이 발생하지 않았으며, 누설 및 작동불량이 발생하지 않았다.

본 연구에서 개발한 화장품 스마트 패키징 용기, 센서 및 어플리케이션을 통해 화장품의 보관환경, 사용빈도 등을 측정할 수 있었고, 측정 정보를 용기의 색변화 및 어플리케이션을 통해 효율적으로 소비자에게 전달할 수 있을 것으로 사료된다. 소비자 UI/UX 디자인 개발을 통한 어플리케이션 및 용기에 대한 연구가 추가적으로 이루어진다면, 상용화를 통한 다양한 화장품 제품군에 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 디자인전문기술개발사업에

의해 수행된 것임. (화장품 스마트 패키징 디자인 개발, 10077902)

참고문헌

1. Shin, H. W. and Kim, J. S. 2019. Development of IoT-based Smart Medication Box Design to Improve Reagent Efficiency, Journal of the Korean Society Design Culture 25(1): 245-253.
2. Kim, B. Y. 2018. A Study on the Skin Diagnostics and Management Solution for the Smart Devices Based on the Beauty Tech and the Smart Packaging Business Platform Model, Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference 26(2): 498-499.
3. Shin, H. I. 2017. Development Smart Cosmetic Design Applied by IoT Technology, Journal of Cultural Product & Design 49: 125-132.
4. Kim, J. S., Jin, E. M., Lee, S. 2015. A Study on the Design Preferences of Cosmetics Containers for Women in Their Twenties Focused on Skin Care Cosmetics, Journal of Integrated Design Research 14(4): 97-106.
5. Son, H. J., Eune, J. H. 2017. Study on the Possibility of Smart Technology Convergence through Analysis of Emotional UX on Cosmetics, Korean Society of Design Science, pp. 60-61.

투고: 2019.10.08 / 심사완료: 2019.11.19 / 게재확정: 2019.12.06