



마이크로캡슐의 응용에 의한 기능화 가공

김혜인, 박수민

부산대학교 응용화학공학부

1. 서 론

마이크로캡슐(microcapsule)은 목적물질을 그 고유의 화학적 성질의 변화없이 어떤 물질(고분자화합물, 무기화합물)로 싸서 천천히 혹은 어떤 다른 외부자극에 따라 그 목적물질을 외부로 방출시키는 것으로 캡슐내부에 여러 기능성의 물질을 내포시킬 수 있기 때문에 의학, 약학, 공학, 농학 등의 다른 많은 분야에 이용되고 있다.

마이크로캡슐은 구형의 미소용기로서 일반적으로는 직경이 마이크로미터($\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$) 영역인 캡슐을 말하지만 제법이 원리적으로 동일하면 직경이 밀리미터($\text{mm} = 10^{-3}\text{m}$)나 나노미터($\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$)의 영역이어도 마이크로캡슐이라고 부르고 있다. 캡슐의 벽막을 형성하는 재료는 주로 천연 및 합성고분자이지만 반드시 고분자이어야 되는 것은 아니며 왁스류와 유기화합물도 벽막재료로서 이용이 가능하다.

용기(capsule)라고 하는 것은 본래 어떤 물질(내용물)을 담아두기 위해 고안된 것으로 그 역할은 내용물을 필요한 때에 방출하거나 사용시까지 오염이나 손상되지 않도록 보호하는 것이다. 따라서 내용물이 주역이고 용기는 조역이지만 이 조역이 없으면 주역은 충분한 역할을 발휘할 수가 없는 것이다. 마이크로캡슐은 이들 기능에 의해 여러 분야에서 광범위하게 이용되고 있다. 그 구체적인 예로는 휘발성 물질의 보존, 반응성 물질, 비혼합물의 혼합

및 저장, 독성물질 취급시 안전화, 맛·냄새·촉감의 은폐(숨기는)법, 습기·광·산소로부터의 보존, 그리고 형태의 변화, 색의 숨김, 열·광·압력·방사선 등에 대한 감응, 용해성의 개질, 비중의 개질, 방출조건의 조절 등이 있다.

이러한 마이크로캡슐을 이용한 상품은 1950년대에 미국 NCR사(National Cash Register CO.)에서 제시된 노카본종이인 감압복사지(pressure sensitive paper)를 시작으로 해서, 현재에는 약학분야에서 drug delivery system(DDS)로서 유용하게 이용되고 있다. 또한 섬유가공에 있어서도 캡슐 내부에 방향성분, 방진드기제 등의 물질을 봉입하고 이 물질을 서방시키는 것에 의해 섬유의 부가가치를 향상시키는 가공제로서 널리 응용되고 있다.

2. 마이크로캡슐의 구조

심물질(핵물질)과 피막으로 된 캡슐은 분리해서 생각할 수 없으며 이들 특징으로 예를 들면 아스피린 함유 에틸셀룰로오스 마이크로 캡슐, 활성탄 함유 나일론 마이크로캡슐 등과 같이 표시된다. 게다가 심물질은 핵이라고 불리는 것과 동시에 내포물이라고 하며 피막은 벽막, 각(殼), 보존막 등으로 불린다. 이 캡슐화에 의해서 기체, 액체를 볼 수 있는 고상체로 만들고 미분말화, 표면의 개질, 중량, 용량 등을 변화시킬 수 있다. 또한 내포 물질의 보호 안정성을 증대시킴과 함께, 방출을 제어할 수 있다.

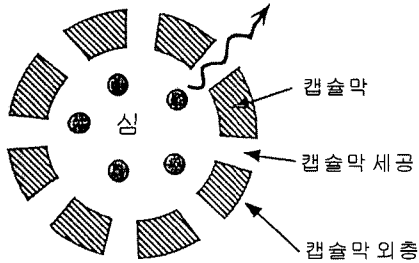


Figure 1. 마이크로캡슐의 기본구조

그래서 휘발성 물질, 반응성 물질, 독성 물질, 열화되기 쉬운 화합물 등을 캡슐에 의해서 안정하게 보호할 수가 있는 것이다. Figure 1에 마이크로 캡슐의 기본구조를 나타내었다.

마이크로캡슐의 형태를 일반적으로 정리하면 구상, 타원상, 극상, 피상, 침상 등 다양한 형태가 있고 그 형태에 따라 피막도 1겹, 2겹, 3겹 등 다중으로 적용된다. 또 핵물질도 1개 뿐만 아니라 수만개를 포함하는 물질도 있다. Figure 2에서 모형을 표시했다. 마이크로캡슐의 이용목적에 따라 사용할

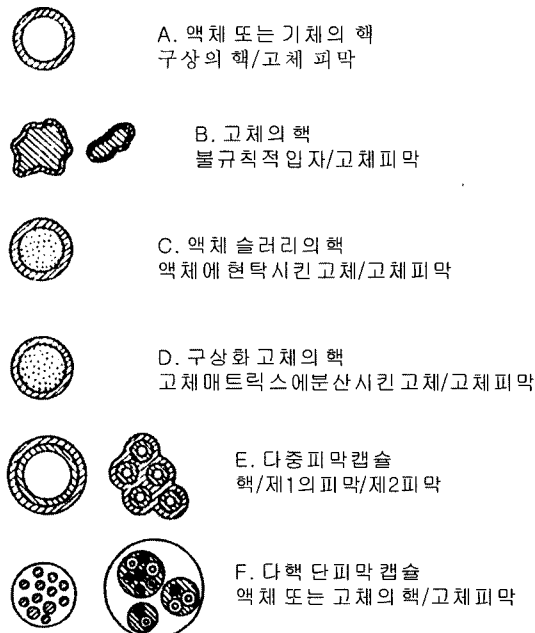


Figure 2. 마이크로캡슐의 모형도

필요가 있다.

마이크로캡슐내에 봉입되는 핵물질은 액체, 고체, 기체의 어느 상태라도 좋고, 또 그것이 친수성이든 친유성이든 관계없으며 중요한 것은 심물질과 벽재 물질의 친화성이다. 지금까지 이용되어온 핵물질과 피막물질의 예를 들면 아래와 같다.

- 심물질 : 의약품, 향료, 접착제, 경화촉진제, 안료, 기름, 도료, 염료, 수지, 용제, 잉크, 식품, 세제, 촉매, 산소, 액정, 표백제, 연료, 소화제, 발포제, 가소제, 안정제, 농약, 살충제, 사진감광제, 산, 염기, 박테리아, 바이러스, 헤모글로빈, 효모, 금속, 충전제 등이다.
- 벽재물질 : 젤라틴, 아라비아고무, 에틸셀룰로오스, 메틸셀룰로오스, 당, 알부민, 데시분, 데시분유도체, 카제인, 콜라겐, 헤모글로빈, 폴리아민산, 히프리노-겐, 갈락당, 알긴산나트륨, 무수아미노산, 니트로셀룰로오스, 아세틸셀룰로오스, 카르복시메틸셀룰로오스, 폴리비닐알콜, 폴리아크릴아마이드, 폴리비닐벤젠술폰산, 파라핀, 로신, 트리스테아린, 유지, 실리콘, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리스티렌, 폴리에테르, 폴리에스테르, 폴리아미드, 폴리우레탄, 폴리이소프렌, 폴리카보네이트, 폴리염화비닐, 에폭시수지, 아미노수지, 알키드수지, 실리콘수지, 이산화탄, 그라파이드, 황산칼슘, 구리, 은, 유리, 합금, 알루미늄, 점토, 실리케이트 등이다. 이상의 물질이 이용되고 있는 주재료이지만 물질전체를 표시하는 것은 어려우므로 조사문헌을 참조하길 바란다.

3. 캡슐의 분류 및 제조법

3.1. 캡슐의 분류

캡슐은 크기에 따라 다음과 같이 분류된다. 센티캡슐(1 cm이하), 밀리 캡슐(1 mm 이상 1 cm미만), 마이크로 캡슐(1 μm 이상 1 mm 미만) 등이다. 사용목적면에서는 마이크로캡슐의 사이즈가 많이 이용되고 있지만 현재 나노캡슐에 관한 연구가 이뤄

Table 1. 마이크로캡슐의 제조법

화학적 방법	계면중합법 In situ 중합법 액중 경화 피복법(orifice법)
물리화학적 방법	상분리법 액중 건조법 용해 분산 냉각법 내포물 교환법 분상(粉床)법
기계적, 물리적인 방법	Pan coating법 기중 현탁법(Wurster법) Spray-drying법 진공 증착 피복법 정전적 합체법

지고 있고 장래 각 분야에 응용이 기대되고 있다.

3.2. 마이크로캡슐의 제조법

마이크로캡슐의 제조원리는 통상 말하는 큰 캡슐의 제조원리와는 다르다. 즉 후자는 먼저 용기를 만들고 여기에 내용물을 충전시키지만 미소한 마이크로캡슐을 만드는 데는 이 방식이 적용되지 않는다. 심물질을 미립자상으로 해서 적절한 매질 중에 분산시키고 다음에 미립자의 각각에 막을 씌워서 피복한다. 앞의 과정은 분산과정의 일종으로 이들을 효과적으로 이행하기 위해서는 콜로이드과학의 지식과 분산기술의 성과를 충분히 활용하는 것이 필요하다. 후의 과정은 코팅조작의 일종으로 마이크로캡슐화(microencapsulation)라고 하며, 고분자과학, 물질과학, 코팅기술에 관한 정보를 유용하게 이용하는 것이 중요한 성공의 포인트이다. 마이크로캡슐화의 방법은 다수 고안되어 있고 이들의 대부

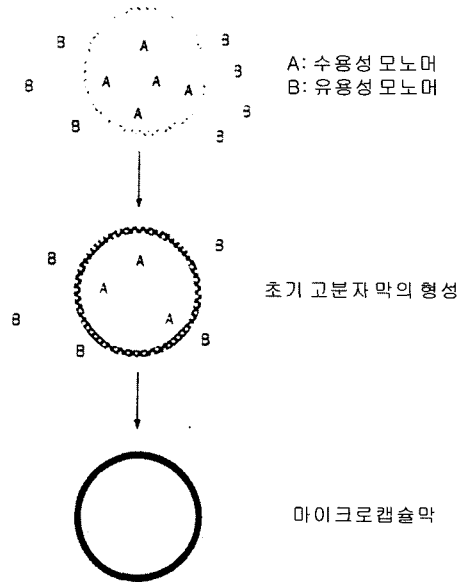


Figure 3. 계면중합법에 의한 마이크로캡슐의 제조 원리.

분은 특허화되어 있지만, 대별해보면 화학반응을 이용한 화학적 방법, 물리화학적인 변화를 이용하는 물리화학적 방법 및 물리적 내지는 기계적 조작을 이용하는 물리·기계적 방법으로 분류된다. 봉입하고자 하는 물질(심물질)의 물리화학적, 생화학적 성질 및 사용하는 막(벽재)의 물성, 마이크로캡슐화의 목적, 즉 마이크로캡슐화에 의해 어떤 기능을 부여할 것인가에 따라서 마이크로캡슐화의 방법은 다르고 지금까지 여러 가지 방법이 고안되고 있다.

현재까지 다수의 마이크로캡슐화법의 분류가 있으나 최근에는 아래의 분류가 대표적으로 활용되고 있다.

Table 2. 계면중합법에 의한 마이크로캡슐화의 소재와 생성고분자

수용성 모노머	유용성 모노머	생성고분자
폴리아민 1,6-헥사메틸렌디아민 피페리딘 L-리신	다염기산할라이드 세바식산 테레프탈로일클로라이드 테레프탈로일클로라이드	폴리아미드 나일론 6-10 테레프탈로일아미드 폴리(테레프탈로일L-리신)
폴리페놀 2,2-비스(4-하이드록시페닐)프로판	다가염기할라이드 세바식산	폴리에스테르 폴리페닐에스테르
폴리아민 1,6-헥사메틸렌디아민	2,4-톨루엔다이소시아네이트 2,2-디클로로에테르	폴리우레탄 폴리우레탄

3.2.1. 계면중합법

계면중합법은 혼합되지 않는 2개의 용매 중에 모노머를 용해하여 양액의 계면에서 고분자를 합성하는 계면중합반응을 이용해서 마이크로캡슐을 제조하는 방법이다. 원리는 Figure 3에 나타내었다. 수용성모노머를 함유한 용액(수상)을 혼합되지 않는 용매중(유상)에 미세한 액적으로 분산시키고 여기에 유용성 모노머를 가해서 교반하면 수상과 유상의 계면에서 중합반응이 일어나서 고분자 막이 생성됨으로써 수상을 함유한 마이크로캡슐이 얻어진다. 반대로 초기에 O/W emulsion을 조제하고 외상에 수용성의 모노머를 가하는 것에 의해서 유상을 함유한 마이크로캡슐을 제조하는 것도 가능하다. Table 2에 수용성 혹은 유용성 모노머의 조합에 의해서 가능한 고분자의 예를 나타내었다.

계면중합법에 의한 마이크로캡슐막의 합성과정은 3단계로 나누어 볼 수 있다.

- ① 고분자 중합의 초기과정
- ② 액적의 주변에 초기의 고분자막이 형성되는 과정
- ③ 고분자막이 성장하여 마이크로캡슐막이 되는 과정

이들의 과정은 모노머의 농도, 분배계수, 2상의 체적비, 계면활성제, 완충액, 심물질 등의 첨가물의 종류와 농도, 교반기의 종류와 교반속도, 고분자의 중합속도와 고분자의 분자량, 고분자중합 중의 온도, 고분자화학구조와 결정구조, 양상의 고분자용매 상용성의 정도 등의 원인에 의해서 지배된다.

3.2.2. In situ 중합법

서로 혼합되지 않는 2상의 어느쪽이 한쪽의 상에 모노머와 촉매를 용매로 해서 계면에서 중합반응을 일으켜 심물질의 표면에 균일한 막을 형성하는 것이 in situ 중합법이다. 원리는 Figure 4와 같으며 친수성모노머 또는 소수성모노머의 어느 한쪽이나 이들의 프리폴리머를 이용해서 마이크로캡슐막을 중합하는 것으로 심물질은 액체에 한정되지 않으며 고체나 기체도 가능하다.

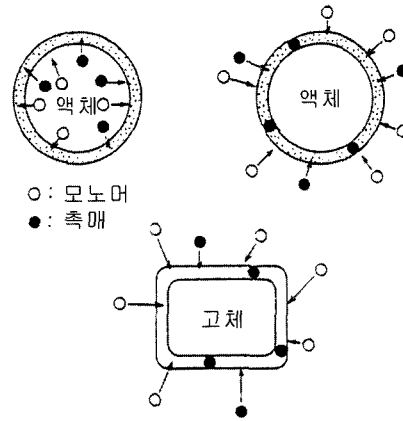


Figure 4. In situ 중합법에 의한 마이크로캡슐화의 원리.

라디칼 중합성 모노머를 캡슐막의 소재로서 이용하는 방법을 in situ 라디칼중합법이라고 하지만 캡슐막의 형성은 심물질의 내측으로부터 폴리머가 침전해서 만들어지는 경우와 심물질의 외측으로부터 침전되어서 만들어지는 경우가 있다. 모노머를 외측으로부터 부여하여 캡슐막을 형성하는 경우를 Figure 5에 소개한다. 1500 rpm으로 교반하면서 중합개시제 0.2 M, 디비닐벤젠(스티렌에 대한 중량비 0.1), Span 80, 스티렌(합성고무 5% 함유)를 반응용기에 넣고, 이 W/O emulsion을 폴리비닐알콜 중에 가해서 W/O/W emulsion을 만든다. 교반속도를 250 rpm으로 하고 계 내를 질소치환해서, 70 °C에서 중

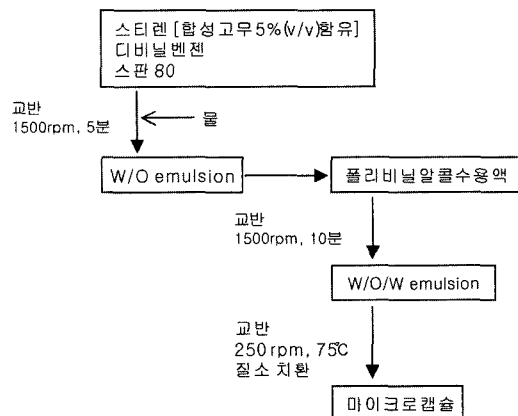


Figure 5. 수상을 함유한 가고 폴리스티렌 마이크로캡슐의 제조.

합하면 캡슐내부 및 막내에 입자를 지닌 다핵마이 크로캡슐이 만들어진다.

마이크로캡슐의 평균입경은 교반속도가 크면 작 아진다. 교반속도를 200~100 rpm으로 변화시키는 것에 의해서 1~20 μm 의 범위에서 입경을 제어할 수 있다. 도데실벤젠술폰산나트륨을 첨가하는 것에 의해서 평균입경이 작아지고 입경분포도 좁아지며 분산매의 분율을 높이면 평균입경은 증가한다.

3.2.3. 액중경화피복법(orifice법)

유기용제 용해성 또는 수용성 고분자의 경화반응 을 이용한 방법이다. 일반적으로 미리 크기를 조정 한 심물질의 표면을 피막물질로 캡슐화해서 마이크 로캡슐을 제조한 뒤, 그 피막을 경화액 중에서 경 화하는 방법이다. 막물질은 초기부터 제조된 고분 자를 이용하고 이것을 불용화시키기 위해서 막형성 은 상당한 속도로 진행된다. 따라서 캡슐화에 있어 서 심물질을 함유한 고분자 용액은 미리 정형해 놓 을 필요가 있다. 정형을 위해서 즉, 크기를 조절할 목적으로 orifice가 이용되므로 orifice법이라고도 한 다. orifice 기구에 의해서 마이크로캡슐화의 능률이 좌우된다.

3.2.4. 상분리법

고분자용액이 그 환경을 변화시키는 것에 의해서 극히 농후한 분산상과 연속상으로 분리되는 현상을 코아세르베이션(coacervation), 만들어진 농후액적 을 코아세르베이트(coacervate)라고 한다. 이 코아세 르베이트를 심물질을 함유하는 막으로 응용한 것이 NCR사의 감압복사지이다. 상분리는 열역학적 평형 상태로 상분리유도제를 첨가하는 것에 의해 단일상 의 안정하게 존재하던 것이 불안정하게 되고 회합 에 의해서 계의 자유에너지가 저하되어 상분리가 일어난다. 상분리는 1종류의 고분자상분리를 이용 하는 심플코아세르베이션법과 2종이상의 고분자를 이용하는 콤플렉스코아세르베이션법이 있다. 범용 고분자로서는 전자는 수용액계에서 상분리되는 젤

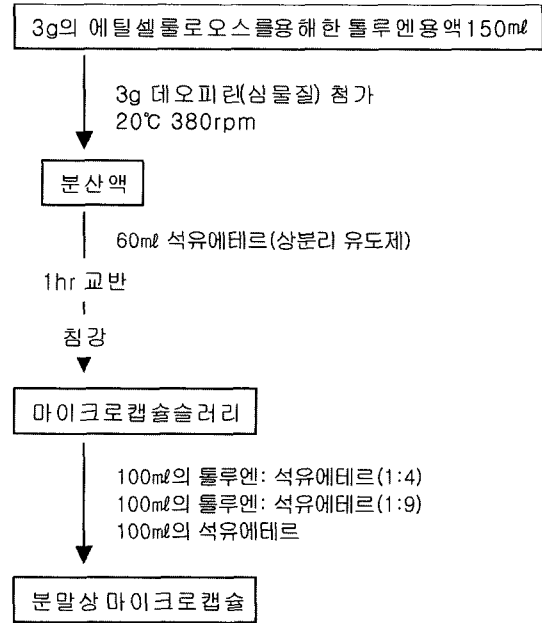


Figure 6. 빈용매 첨가에 의한 에틸셀룰로오스 마이크로 캡슐의 조제 예.

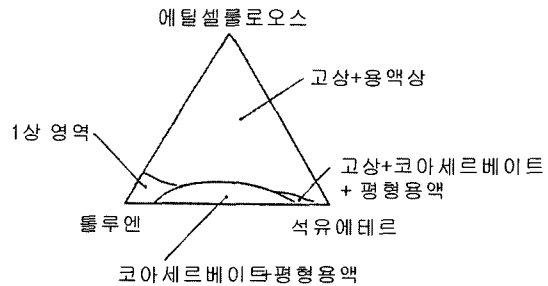


Figure 7. 에틸셀룰로오스의 상 평형도.

라틴, 유기용매계에서의 에틸셀룰로오스가 있다. 후 자는 젤라틴과 아라비아고무와의 정전기적 상호작용 을 이용한 것이 있다.

유기상으로부터의 심플코아세르베이션의 예로서 에틸셀룰로오스를 피막으로한 데오피린의 마이크로 캡슐화를 Figure 6에 그 상도를 Figure 7에 나타내 었다. 석유에테르는 에틸셀룰로오스에 대한 빈용매 이고 30~40%(v/v)의 첨가에 의해 에틸셀룰로오스 의 코아세르베이트가 생성하여 데오피린의 주변에 모인다. 이들이 모여서 슬러리가 되고 단계적으로

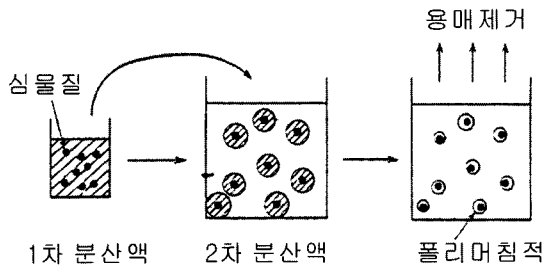


Figure 8. 액중건조법의 모식도.

빈용매를 증가시켜서 세척하여 이후 완전히 빈용매를 제거하는 것에 의해서 피막을 경화시킨다. 물론 이 경우 심물질인 데오피린이 석유에테르에 녹지 않는 것이 조건이다. 조제시의 온도, 분류온도 차가 있는 석유에테르의 차이, 석유에테르의 첨가속도 등이 코아세르베이트의 생성과정에 용이함 및 캡슐입경에 영향을 미친다고 알려져 있으며 생성된 마이크로캡슐의 크기는 20~500 μm 정도이고 제조온도가 높을수록 캡슐의 입경은 커진다고 알려져 있다.

3.2.5. 액중 건조법

벽물질이 될 고분자를 용해시킨 용매 중에 심물질이 될 용액이나 고체를 분산시켜 이들 용액을 혼합되지 않는 용매에 분산시킨다. 그 후에 최초의 용매를 서서히 제거하여 고분자를 심물질의 계면에서 석출시키는 방법으로 개면침전법이라고도 한다. Figure 8에 이 방법의 모식도를 나타내었다. 1차 분

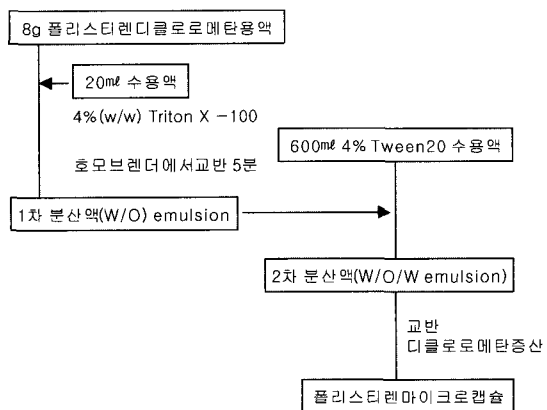


Figure 9. 폴리스티렌 마이크로캡슐의 조제 예.

산액인 에멀전 또는 서스펜전의 안정성이 캡슐의 수율에 큰 영향을 미치며 안정성이 나쁘면 생성율이 저하한다. 또한 일반적으로 단핵의 캡슐은 수율이 낮지만 이 방법은 대부분의 고분자에 이용이 가능하고 제조도 비교적 용이하므로 응용 예가 많다.

폴리스티렌을 벽재로 실시 예를 Figure 9에 나타내었다. 이 경우 용액의 제거는 비점이 낮은 디클로로메탄의 증량에 의한다. 디클로로메탄이 증량되면서 용해되어 있는 폴리스티렌이 심물질의 주변에 석출되는 과정에 W/O/W 에멀전은 안정해야 한다. 즉 1차 분산액을 분산해서 W/O/W 타입의 에멀전을 제조할 때에 강력한 활성제를 이용하면 에멀전이 파괴되어 O/W형의 에멀전이 되고 이 결과로 폴리스티렌 비드가 만들어질 단점이 있다. 여기서 2차 분산시에는 활성제 없이 젤라틴, 폴리비닐알콜의 보호콜로이드 작용을 이용하는 경우가 많지만 입경이 작은 것의 제조가 어렵다는 단점이 있다. 이 예에서는 캡슐입경은 평균 8.31 μm 이었으며, 활성제(Tween 20)를 이용하였으므로 입경은 작지만 수율이 낮을 가능성이 있다.

3.2.6. 용해분산냉각법

가열하면 용해하고 냉각시키면 고화하는 왁스의 성질을 이용한 방법으로 왁스에 한정하지 않고 소수성이면서 뚜렷한 용점을 가지는 물질은 이용이 가능하다. 제조는 일반적으로 Figure 10에 표시한 바와 같이 행한다. 즉 왁스와 섞이지 않는 용제 중에 왁스를 분산시키고 왁스의 용점 이상으로 가열

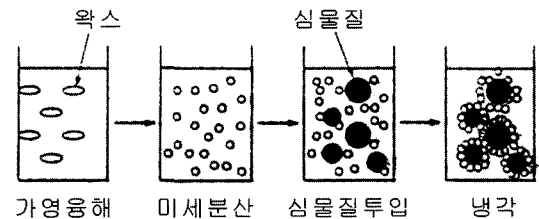


Figure 10. 용해분산냉각법에 의한 마이크로캡슐화의 모식도.

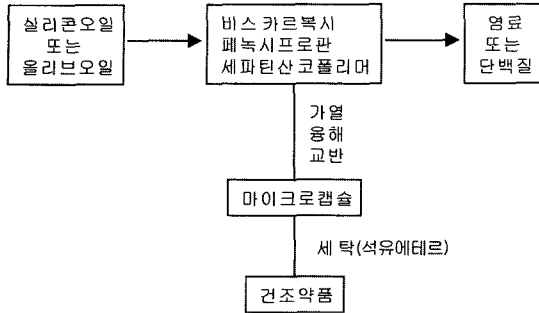


Figure 11. 용해분산냉각법에 의한 실시 예.

한다. 이 과정에 잘 교반하여 수 μm 의 왁스에멀전을 만든다. 여기에 심물질을 투입해서 용해한 왁스를 모으고 서서히 냉각시키면 심물질의 주변에 왁스가 침적해서 캡슐이 제조된다. 원리적으로는 앞서 말한 액중건조법과 큰 차이가 없고 비용도 낮고 가열에 의해 캡슐이 붕괴되어 심물질을 방출하는 점에서 복사기의 토너캡슐로 이용되고 있다. 조건으로서는 심물질이 열에 안정하고 또한 왁스에 잘 젖을 필요가 있다. 또한 안료 등의 건조분말 캡슐에 이용가능하고 수용액은 캡슐화가 어렵다. 이 방법을 이용해서 안료와 단백질을 캡슐화하는 예를 Figure 11에 나타내었다.

3.2.7. 내포물교환법

일반적인 캡슐화법으로 내장된 심물질을 캡슐피막의 팽윤성이 있는 단계에 방출시키고 그 대신에 친화성이 있는 심물질을 캡슐내에 넣는 방법이다. 이 과정은 평행상태로 진행되므로 동시교환이라고도 한다. 따라서 이 방법은 엄밀한 의미에서는 마이크로캡슐화의 제법이 아니라고도 볼 수 있다.

3.2.8. 분상(粉床)법

심물질의 표면에 피막물질을 공기 중에서 부착시키는 방법이다. 액적이 미세한 흙먼지 위에 떨어지면 퍼지지 않고 먼지를 부착하여 그대로 있는 일반적인 현상이 분말법의 원리이다. 미세하게 분쇄한 분말상의 막물질위에 심물질인 액적을 적하시키

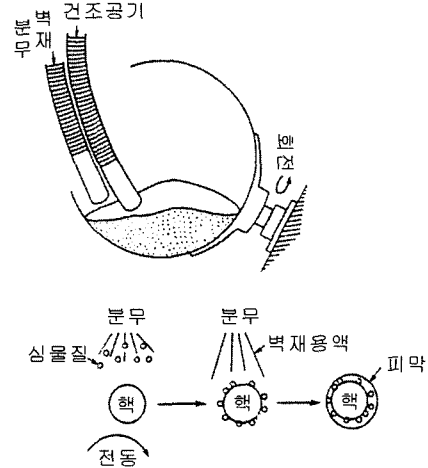


Figure 12. Pan-coating법의 장치 및 원리도.

로 이런 이름이 붙여졌다. 막물질로서는 젤라틴, 텍스트린, 젓당 등 분말상은 어느 것도 좋다. 또한 특히 실리카 같은 무기분체를 이용한 것도 있다.

3.2.9. Pan-coating법

Pan-coating법은 장치(Figure 12)가 비교적 간단하고 비용도 적어서 대부분의 제약회사에서는 정제의 코팅용으로 장치를 소지하고 있으므로 주로 의약품의 마이크로캡슐화에 이용되고 있다. 팬을 회전하는 것에 의해 입자가 혼합되어 내부의 입자가 표면으로 나오고, 회전시키는 상부에서 벽재물질을 분무하면 입자의 주변에 균질하게 벽재물질이 도포되는데 이것을 건조하는 것에 의해 캡슐화된다.

이 장치에 의해 높은 효율로 캡슐화하기 위해서는 심물질이 구형의 고체로 내마모성이 있고 입자의 크기가 $500 \mu\text{m}$ 이상인 것이 좋다.

3.2.10. 기중현탁피복법(Wurster법)

상기의 pan-coating법을 개량해서 보다 효율 좋은 코팅을 위해 고안된 것이 기중현탁피복법으로 일명 Wurster법이라고도 하며 이 장치의 원리도는 Figure 13과 같다.

하부로부터 송풍된 공기의 유속은 상부의 넓은

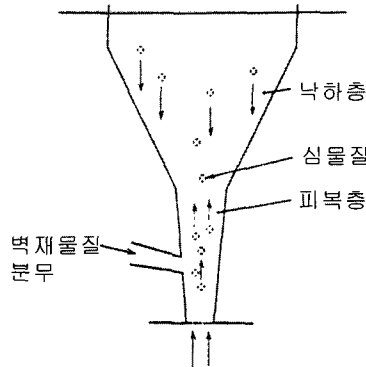


Figure 13. 기중현탁피복법 (Wurster법)의 장치도.

부분에서 급속히 저하한다. 따라서 공기에 의해서 상승된 고체상의 심물질은 다시 하부로 향해서 떨어진다. 이 과정에 순환하고 있는 심물질의 표면에 벽재용액을 분무하면 코팅이 이뤄진다. 어느 정도 코팅되면 무게가 있으므로 송풍에 의해서 상승하는 것 없이 하부에 모인다. 효율성을 위하여 기류의 발생방법, 속도, 분무노즐의 형, 위치 등이 검토되고 있다. 피복된 입자의 크기는 500 μm 이상이 목적이며 젓당 같이 형태가 균일하지 않은 것을 핵으로 이용하는 경우가 많다.

3.2.11. Spray-drying법

액적을 미세하게 분산시켜 열풍 중에 불어 넣으면 눈깜박할 사이에 건조된다. 세분화에 의해 비표면적이 증대함으로써 용매의 증발이 용이하기 때문이다. 이것이 spray-drying법의 원리이고 벽재용액 중의 심물질 서스펜전을 spray-drying하는 것에 의해 벽재를 침적시키는 것으로 앞서 말한 액중건조법과 유사하여 기중건조법이라고 하는 사람도 있다. 이 기술은 분유와 합성세제 등의 건조에 폭넓게 이용되고 있고 직접 캡슐화에 이용하는 이외에 상분리법과 계면중합법으로 제조한 캡슐 슬러리의 건조에도 많이 이용된다. 상당히 고온의 열풍에 불어넣는 것으로 원칙적으로는 열에 불안정한 물질의 캡슐화에는 적합하지 않지만 접촉시간이 몇 초로 짧고 용매의 증발에 의한 냉각효과 등에 의해 산소

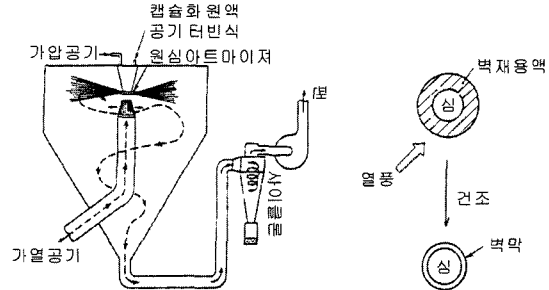


Figure 14. Spray-drying법의 모식도와 제조원리.

등의 캡슐화도 가능하다고 알려져 있다.

건조속도는 여러 요소에 따라 변화해서 액적을 불어넣는 속도, 그 크기, 분포, 온도, 습도, 열풍의 풍속 등을 조절할 필요가 있지만 캡슐화의 효율은 대부분 사용하는 장치에 의존하여 장치메이커의 연구과제가 되어 있다. Figure 14에 전형적인 장치도를 제시하였다. 상부의 원심식 아트마이저에서 가열공기로 캡슐화 원액이 챔버내에 흡입되고 여기서 가열된 공기와 접촉하여 순간적으로 건조되어 포집된다.

3.2.12. 진공증착피복법

진공증착법을 활용하여 진공계중에서 피막물질의 증기화와 심물질에의 균일한 증착이 문제이다. 즉 이 방법은 미국 NCR사가 자체의 금속진공증착 기술을 마이크로캡슐화에 이용한 것이다. 심물질은 고체분자이며 피막물질은 금속, 금속의 산화물, 할로겐화물, 왁스, 파라핀 등이 이용된다.

3.2.13. 정전적합체법

아토마이저에 의해 심물질과 피막물질의 입자에 각각 반대의 전하를 부여하고 공기중에서 정전 인력에 의해 합체시켜 캡슐화하는 방법이다.

3.3. 마이크로캡슐화를 위한 고려 사항

마이크로캡슐화의 과정에 다음의 사항에 주의하여 벽막을 선택하고 적절한 제조법에 의해 만들어야 한다.

- ① 심물질이 액체인가 고체인가, 친수성인가 소

- 수성인가, pH나 열에 대한 안정성은 어떠한가.
- ② 캡슐의 벽재물질은 처음부터 완성된 폴리머를 이용하는가, 모노머에서 출발하여 심물질 주변에서 중합이나 경화반응을 이용하는가.
- ③ 캡슐화 형성장소가 기체중, 수중, 유기용제중 인가.
- ④ 캡슐형성이 1 단계인가, 정형, 불용화 수단을 필요로 하는가.
- ⑤ 형성된 캡슐벽이 접착성인가.
- ⑥ 단캡슐인가, 다중캡슐인가.
- ⑦ 제조된 캡슐을 wet 또는 dry로 할 것인가.
- ⑧ 캡슐형성 원리가 물리화학적인가, 화학적인가 또는 장치적인가.

4. 마이크로캡슐의 기능화와 효능

4.1. 마이크로캡슐의 기능화

마이크로캡슐의 주요한 기능은 심물질을 외부의 환경으로부터 보호하는 것과 외부환경으로 방출하는 속도를 조절하는 것이다. 마이크로캡슐 벽막은 벽재료 실질부분과 세공부분으로 이뤄져있고 양자의 비율은 벽막재료의 종류, 마이크로캡슐의 제법과 그 조건, 마이크로캡슐 직경 등에 의해서 달라지는 것으로 이들의 원인을 변화시키면 심물질의 외부환경에 대한 안정성 또는 심물질의 외부 환경에의 방출속도를 임의로 조절할 수 있다.

지금까지 마이크로캡슐은 캡슐내에 봉입한 내포물질의 서방성이 주목되어 왔다. 그래서 한층 더 고도화된 기능을 가진 마이크로캡슐의 개발이 가능하다면, 각종 분야에 응용은 비례적으로 향상될 것으로 생각되어 진다.

마이크로캡슐의 고기능화, 부가가치를 높이기 위하여서는 외부자극에 응답 기능을 가진 마이크로캡슐의 개발이 고려된다. 예를 들자면, pH, 광, 온도, 전장, 자장 등의 변화에 응답하고, 내포물질의 방출을 제어할 수 있는 마이크로캡슐이 있다. 이 방법들을 Table 3에 나타내었다. 캡슐막, 막세공, 막의

Table 3. 고기능성 마이크로캡슐개발의 개발

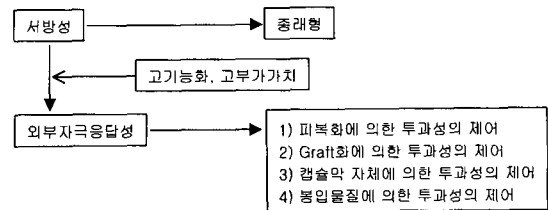


Table 4. 캡슐의 파괴조건과 효능

심물질	캡슐을 파괴하는 조건	효능
색소	열, 광, 압력, 물, 기압, 산, 알칼리, 산화, 환원, 시간	발색, 소색, 분해
유지	열처리 상온 → 고온, 상온 → 저온, 상압 - 가압(기압, 압착), 온냉 ↔ 건조, 산 ↔ 중성 ↔ 알칼리, 암실 - 명실 - 광조사	반응, 속효, 지효, 침투, 증발, 팽창
수지	촉매작용 - 잠재 - 작용, 시간 - 경화	가교, 접착, 경화시간

층, 캡슐내부의 영역을 고려하면, Table 3의 ①은 캡슐막의 세공 또는 외막층에, 제2성분을 함유시켜 피복시키거나, ②에서 제2성분을 그래프트화하고 내포물질을 제어하는 용도로 쓰는 것도 있는데 이 경우에는 막 자신의 투과성을 제어하는 기능은 없다. ③은 캡슐막의 투과성을 제어하는 것이고, ④는 캡슐 내부에 제2의 고분자를 봉입하고, 이 고분자와 내포하는 저분자와의 상호작용을 이용하여 저분자의 투과성을 제어하는 것이다.

4.2. 마이크로캡슐의 효능

캡슐화된 물질의 효능은 심물질이 약제로서의 효능을 나타낸다. 벽막이 파괴되면서 혹은 서서히 방출되면서 코어물질이 효능을 나타내는 현상을 이용한 것이다(Table 4).

5. 마이크로캡슐의 각 분야 응용

마이크로캡슐의 이용 예는 다중다양하지만 이용되고 있는 기능의 면에서 정리해보면 다음과 같다.

심물질을 외부환경으로부터 보호하는 기능을 이용한 것에는 감압형 복사지, 압력측정시트, 감압형 접착제, 액정표시재료 등이 있고 또한 심물질의 외부 환경에의 방출속도를 조절하는 기능을 이용한 것으로는 지속방출형 의약품, 지효성 농약 등이 있고, 게다가 인공세포, 인공장기 등에의 이용은 양쪽의 기능을 동시에 부여한 것이다. 광의로는 공업 분야 및 의학이나 약학 분야에 많이 이용되고 있고, 기타 농약, 식품, 인공사료 등에 응용이 고려되고 있다. 공업 분야에는 도료, 접착제, 잉크, 기록재료, 토목, 건축, 화장품·향료, 분리정제 분야에 응용되고 있다. 의학이나 약학 분야에는 의약품, 마이크로캡슐약제, 캡슐화 활성탄, 향료소 마이크로캡슐, 인공세포, 인공장기, 면역정량시약, 치과재료의 마이크로캡슐 등이 있다.

동식물의 세포는 천연의 마이크로캡슐이다. 그의 벽막, 즉 세포막과 세포벽은 인공마이크로캡슐 벽막에 비교하면 훨씬 복잡하고 조직화된 구조를 지니서 분자인식, 정보전달, 에너지 변환, 화학반응 등의 고차 기능을 발현한다. 현재의 인공 마이크로캡슐에도 일부 이들의 천연 마이크로캡슐의 기능을 가진 것이 있으며 현재에는 그 경향이 증대되어 많은 상품에 고도의 기능을 가진 인공 마이크로캡슐이 연구 개발되고 있다.

6. 섬유소재에 마이크로캡슐의 응용

색소와 향료의 캡슐화로 향냄새와 색을 연출할 수 있는 캡슐을 통한 섬유가공기술이 신소재개발 분야로서 널리 응용되고 있다. 섬유의 염색, 가공용 약제를 마이크로캡슐화함으로써 종래에 볼 수 없었던 새로운 효능, 감성을 나타내는 기능성의 부여가 가능하게 되었다.

6.1. 색소류의 마이크로캡슐화

색소류의 마이크로캡슐화의 예는 색소, 안료 및 색소중간체를 들 수 있다.

6.1.1. 감광 색소

어떤 물질이 빛에 의하여 가역적으로 색깔이 없던 것이 색상이 나타나거나, 또는 색상이 변화하는 현상을 감광(photochromism)이라 하며, 감광을 나타내는 물질을 감광 색소라 한다. 물질의 화학구조 변화에 따른 색상의 변화는 빛 이외에도 열 또는 전기, 산, 알칼리 등에 의해 일어날 수 있다. 감광 색소로는 spirocyan 화합물을 비롯하여, diarylethene 류, thioindigo류, azo 색소 등이 있으며, 섬유에 응용한 경우 카멜레온 색소라고 부르기도 한다. 미래에는 계절이나 주변의 색상과 조화를 이루며 스스로 색깔을 바뀌는 섬유가 개발될 전망이다. 그렇게 되면 위장에 신경쓰지 않아도 척척 알아서 색깔이 바뀌는 전투복이 나오는 등 특수복이나 패션에 대대적인 변화가 있을 것으로 보인다.

감광색소 마이크로캡슐에 관한 최근 국내외의 특허를 보면, 셀룰로오스 화합물인 에틸셀룰로오스를 벽재로하고 폴리비닐알코올을 보호콜로이드로 해서 캡슐을 제조하는 “감광 변색색소를 마이크로캡슐화하는 방법[KR 1997-0042853]”, 감광 양이온염료를 함유한 마이크로캡슐 층을 지닌 “캡슐에 봉입한 방사선 감광성 조성물을 사용한 화상 형성시스템 [JP 2002-505447]” 및 “감광 미디어 및 그 감광 미디어를 이용한 인쇄 방법 [JP 2003-215812]” 등을 볼 수 있으며 이외에도 감광기록재료에 감광 색소 마이크로캡슐을 이용한 시도들을 많이 볼 수 있다.

6.1.2. 감온 색소

온도 변화에 따라 가역적으로 물질의 화학구조가 달라지고 따라서 색상이 변화하는 현상을 감온(thermochromism)이라 하며, 감온을 나타내는 물질을 감온 색소라 한다. 감온 색소 중에는 단일 물질인 것도 있지만, 효과를 증대시키기 위하여 복합물질을 사용하는 경우가 많다. 이 색소는 처음에는 온도변화를 알려주는 온도계를 대신하는 시온(示溫) 색소로 개발되었으며, 무기화합물과 유기화합물이

Table 5. 캡슐화와 이용분야

색소(심물질)	기능 및 효과	이용 분야
색소모체 Methyl Violet	색소와 현색제의 접촉 제어 감압기록지	Noncarbon지 (기록용지)
전자수용형 색소모체	색소와 현색제의 이행 분산방지	감온색소, 색변화 (완구, 섬유)
액정모체	액정의 고정화, 이행 분산방지	온도 sensor (온도계)
염료	반점, 상강(霜降)모양의 염색 색소의 혼합방지	1액다색상 강날염

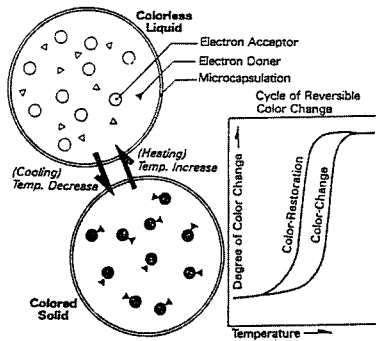


Figure 15. 감온 변색섬유의 원리.

있다. 무기화합물로서는 Ag_2HgI_4 , Cu_2HgI_4 등이 있으며 최근 액정기술의 발달과 함께 종류가 많은 유기 화합물들이 많이 이용되고 있다. 비가역적인 것은 감열기록지에 이용되며 최근 개발된 성능이 우수한 시온색소의 조성은 색을 결정하는 역할을 하는 전자공여성 유기화합물(electron donor), 농도를 결정해 주는 역할을 하는 전자수용성 화합물(electron acceptor) 및 변색온도를 결정해 주는 역할을 하는 알콜류로 구성되어있다.

전자 공여성 화합물에는 3,6-dimethoxyfluorane (yellow), rhodamine B lactame(red), crystal violet lactone(blue), 3-diethylamino-7-dibenzylaminofluorane (green), 3-diethylamino-6-methyl-7-aminofluorane (black) 등이 있고 전자 수용성 화합물은 propylgallate 가 이용된다. 그리고 알콜류는 변색온도 16 °C의 n-lauryl alcohol, 35 °C의 n-myristil alcohol, 45 °C의 n-cetyl alcohol, 53 °C의 n-stearyl alcohol 등이 있다

(Table 5). 이들 3종 물질의 공존하에, 즉 전자공여 성 물질과 전자수용성 물질이 알콜류의 유기성 물질 분위기 내에서 열적평형에 따라 전자를 주고 받음으로써 색소의 구조를 갖게 되어 발색하거나 또는 류코구조를 가지게 되어 무색으로 되는 것이다. 가역성을 위하여 알콜류가 중요한 역할을 하며 단 분자 감온 색소로는 spiroprane계, azomethyn계 등이 있다. 온도변화에 따라 색상이 변하는 감온섬유는 이들 감온색소를 마이크로캡슐화하여 섬유상에 부착시켜 놓은 것으로 그 원리를 Figure 15에 나타 내었다.

감온색소 마이크로캡슐에 관한 최근 국내외의 특허를 보면, 5~80 °C의 폭에서 감온변색하는 색채 기억성 마이크로캡슐안료를 이용하여 장식분야, 시온(示溫)분야, 완구분야 등에 폭넓게 이용 가능한 것으로 감온변색 외에도 색채를 호변적으로 기억할 수 있는 기능을 갖게 한 “감온변색성 색채기억성 마이크로캡슐안료 [JP 2001-152041]”, 하한 임계공용(共融) 온도를 경계로 투명이나 불투명으로 변화 하는 미가교 고분자재료나 액체가 마이크로캡슐에 내포된 “감온성 미립자조성물 및 감온성 미립자시트 [JP 2003-113249]” 그리고 가역 열변색성 조성 물을 함유한 입경이 약 0.5~50 μm의 마이크로캡슐 안료를 바인더 중에 분산시켜 기온변화가 다양한 지역에서 신발 표면의 색조나 농담이 연속적으로 변화하는 “감온다변색성 신발 [JP 1998-146204]” 등을 볼 수 있다.

이외에 섬유의 염색가공에 이용하고 있는 마이크로캡슐 실제 예로서 MCP color에 의한 다색날염법이 있다. 직접염료, 건염염료, 반응염료, 분산염료, 염기성 염료 등 각각의 캡슐화를 연구하고 상품화하였으나 시장개척이 어려워 일부 염료는 검토를 중단하고 있다. 현재는 분산염료의 캡슐과 반응염료 캡슐의 염색가공 기술이 검토되고 있다. MCP color의 염색기술은 10~100 μm 크기의 캡슐입자를 만들어 피염물인 섬유에 부착시키고, 이후에 캡슐을 통하여 염료를 섬유에 이행시키고 섬유에 흡수된 염료는 열,

Table 6. 잠열저장물질의 종류 및 특성

상전이 물질	용융온도(°C)	잠열(J/g)
n-paraffin	-5~110	180~220
Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	32	176
Na ₂ HPO ₄ · 12H ₂ O	36	281
Zn(NO ₃) ₂ · 6H ₂ O	36.4	155
Na ₂ S ₂ O ₃ · 5H ₂ O	48	201
NaCH ₃ COO · 3H ₂ O	50	134

증기에 의하여 염착(고착)하게 된다.

6.2. 상전이 물질의 캡슐화

어떤 물질의 상전이 온도 및 잠열량 등은 그 물질의 고유한 특성이어서 물질마다 다르며 상전이될 때 열을 흡수하거나 방출하게 되는데 이러한 열을 잠열이라 한다. 이 잠열은 현열, 즉 상전이가 일어나지 않은 상태에서 온도변화에 따라 흡수(또는 방출)하는 열보다 매우 크다. 이러한 잠열의 큰 열흡수/방출 효과를 이용하여 에너지를 저장하거나 온도를 일정하게 유지시키는 목적으로 사용한 것이 적극보온소재의 하나이다.

즉 잠열의 특성을 잘 이용할 경우 적은 부피에 많은 열을 저장할 수 있고 또한 각 물질마다 상전이 온도가 다르기 때문에(Table 6) 이를 이용하면 다양한 온도에서 열을 흡수 저장할 수 있는 것이다. 그러나 에너지 저장을 위해 잠열이 크고 일정한 온도에서 상전이가 되는 잠열저장물질을 이용할 경우에는 고체와 액체 상태를 오가기 때문에 액체의 경우에는 일정한 형태가 없으며 유동성을 갖게 되는 문제점이 있다. 이러한 문제점으로 인하여 잠열저장물질을 실생활 등에 사용하기 힘들었는데 이 문제

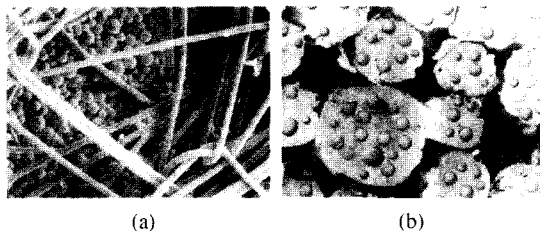


Figure 16. 직물의 내부구조(a) 및 섬유방사과정(b)에 투입된 PCM microcapsule.

점을 해결하기 위해 잠열저장물질을 코팅, 캡슐화하는 신기술(PCM microcapsule)이 개발되기 시작하였다. 잠열저장물질을 미세캡슐화할 경우 잠열저장물질을 쉽게 모듈화할 수 있으며 광범위하게 응용될 수 있고 열전달 면적을 넓혀주는 효과가 있어 효율적이다.

섬유에 미세 캡슐 형태의 PCM을 투입하여 활동시(운동)에 발생되는 열을 저장하였다가 휴식 시에 열을 방출하여 보온효과를 유지하는 원리이다. 의복에 적용된 PCM 마이크로캡슐은 피부온도나 환경온도의 변화에 따라 액체에서 고체로 혹은 고체에서 액체로 상변화를 일으키면서 외부에 열에너지를 방출하거나 외부로부터 흡수하게 된다. 즉 PCM의 열방출 혹은 열흡수 기능은 외부온도 및 마이크로캡슐 내 PCM의 상변화 온도와 잠열에 따라 달라진다고 볼 수 있다.

상전이 물질 마이크로캡슐에 관한 최근 국내외의 특허를 보면, 마이크로캡슐 안에 상전이물질을 함유시켜, 다양한 환경하에서도 온도제어가 가능하고 기계적 내구성 및 내연성이 향상된 “젤 피복 마이크로 캡슐 [JP 2002-521186]”, 온도 범위 -20~120 °C 안에서 고체/액체 상전이를 갖는 친유성 물질을 함유한 마이크로 캡슐의 제조 방법 및 이러한 마이크로 캡슐을 포함한 성형체 및 피복재료에 관한 “잠열 축열 재료로서의 마이크로 캡슐의 사용 [JP 2002-516913]” 이외에도 축열용이나 자기온도제어 및 열발전재료로서 다양한 분야에 상전이 물질 마이크로캡슐을 이용한 특허를 볼 수 있으며 또한 국내에서도 “에멀전법을 이용한 상전이물질의 마이크로캡슐화 방법 [KR 2003-0018155]”에 관한 특허 이외에도 상전이물질(PCM: phase change material) 캡슐형성과정에 캡슐외부가 경화되기 전에 은 나노입자의 부여한 “천연항균 및 치유기능을 갖는 축열 복합마이크로캡슐 및 그 제조 방법 [KR 2003-0041913]” 등이 있다.

6.3. 향료캡슐

Table 7. 향료캡슐(試作品)

향의 종류	레몬	바닐라	피렌	라벤더
심물질*	1주일	1개월	3일	1주일
향료 캡슐*	3개월	6개월	2개월	3개월
내열성(min)	5	10	5	5

* 날염물의 실온방치하에서 관찰.

마이크로캡슐을 이용한 대표적인 것이 향료캡슐이며 섬유에 많이 이용되고 있다. 향료는 말할 것도 없고 액체나 고체상의 향료성분은 상온에서 휘발 또는 증발되어 향기가 된다. 다음에 서술할 열발포캡슐은 100~150 °C가 비점으로 용제를 내포하고 열처리 순간에 기화되어 체적이 팽창되는 성질을 이용한 것이지만 내열성이 있는 향료는 열발포캡슐과 특성에 차이가 있다. 향료의 캡슐화는 Table 7 등의 성분을 gas 투과성이 낮은 막으로 덮은 것이다.

향료 마이크로캡슐에 관한 최근 국내외의 특허를 보면, 아로마테라피를 이용한 침구[KR 2003-0051487], 비누[KR 2003-0030384], 벽지[KR 2003-0030314], 비타민 마이크로캡슐을 포함하는 섬유 유연제[KR 2003-0017903] 이외에도 향기나는 원단, 바닥재, 스티로폼, 선풍기, 플라스틱, 예금통장, 손목시계용 버클, 엽서, 담배, 분무제품 등에 향료 마이크로캡슐을 이용한 다양한 특허가 있다.

6.4. 발포캡슐

비점 98 °C의 인부탄을 염화비닐리덴수지로 마이크로캡슐화한 사란마이크로스피어가 발포날염 잉크에 이용되고 있다. 심물질에 함유된 휘발성 용제의 비점과 벽막수지의 연화온도를 조합하여 100 °C, 150 °C, 180 °C 발포액의 마이크로캡슐이 발표되었으며 이 발표제를 수지에 적당량 배합하여 열발포 수지 잉크를 만들었다. in situ 중합법을 이용한 캡슐로 열팽창성 마이크로캡슐이 합성되어 제조, 판매되고 있다. 이 캡슐은 휘발성 팽창제를 내포한 입경 10~30 μm의 구상으로 120 °C 전후에서 수분하에 가열하면 입경이 4~5배, 체적은 100배 전후로 팽창한다(Figure 17).

마이크로캡슐을 막고분자의 연화점 이상으로 가

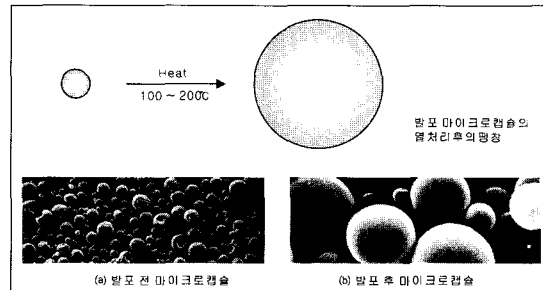


Figure 17. 발포마이크로캡슐의 작동.

열하면 막이 연화를 시작함과 동시에 내포제의 증기압에 의해 캡슐이 팽창한다. 이때, 내포제의 대부분은 막을 투과하여 마이크로캡슐의 외측으로 확산되며 가열온도가 높으면 투과되어 팽창배율은 저하된다. 또한 마찬가지로 가열시간이 길면 한번 팽창한 캡슐은 수축을 일으켜 팽창배율이 저하된다.

발포 마이크로캡슐에 관한 최근 국내외의 특허를 보면, 캡슐형 발포제에 통상의 착색제, 충전제, 에폭시용 경화제 및 경화촉진제를 첨가하여 차량구조물 보강제를 구성하여 자동차 조립라인의 전착 도장 건조 온도로 발포, 접착 및 경화되게 하는 것에 관한 “차량 구조물 보강제 및 그 사용 방법[KR 2002-0084037]”, 열수축성 필름에 다색의 인쇄층과 가열발포성 잉크층을 인쇄하여 용기의 의장성, 단열성, 완충성 등을 부여할 수 있는 열수축성 라벨에 관한 “열수축성 라벨 및 그것을 이용한 열수축성 라벨 부착용기 [JP 2003-022017]” 및 마이크로캡슐의 벽막내부에 열분해형 발포제 및 색재를 함유시켜 소정의 온도이상에서 파괴되는 “열 응답성 마이크로캡슐 [JP 2001-301334]”에 관한 것 등을 볼 수 있다.

6.5. 캡슐 접착제

섬유가공용 수지 중에 코아세르중합법, 또는 복합고분자 에멀전 등과 같은 에멀전수지가 실용단계에 있다. 한편 마이크로캡슐계의 단독 폴리머는 단단하고 조막온도가 높으며 수분 건조시에 막이 생기면서 입자상으로 접착성을 보이며 열처리 후에

경질막을 형성한다. 그러나 공중합체 및 폴리머 블렌드는 거의 원래의 물성을 나타내며 중간성능의 막이 된다. 코아세르중합수지의 경우는 수분건조시 벽막의 물성이 강하고 열처리 후에도 심물질의 특성이 강하게 나타난다. 구체적인 섬유가공체로서의 용도는 날염잉크, 코팅잉크, 함침수지가공 등에 이용하고 있다. 그 외에 2종 이상의 다른 폴리머를 성분으로 하는 고분자 다성분계를 이용한 것도 있는데 이것은 에멀전 중합과정에 특이하게 입자 내부에 성질이 다른 물질을 갖는 이상구조의 형태를 갖는다. 특히 아크릴계 유화중합을 이용한 것이 현재 도료분야를 중심으로 공업화되고 있다.

캡슐접착제에 관한 최근 국내외의 특허를 보면, 에폭시수지 내포 마이크로 캡슐을 경화제, 촉매 등이 용해된 용매에 분산시키는 단계로 이루어진 일액형 에폭시계 접착제 제조 방법인 “에폭시계 접착제 제조 [KR 2002-0071793]”, 가교결합 가능한 반응성 잔기와 가교성 골격을 갖는 중합체(a)와 캡슐화제 속에서 캡슐화된 활성화제를 포함하는 입자(b)를 포함시키는 접착제 조성물로, 활성화제가 반응성 잔기의 가교결합용 촉매, 반응성 잔기용 경화제, 경화 촉진제 또는 이들의 혼합물을 포함하고, 캡슐화제가 촉매상의 결정성 중합체를 포함한 “경화성 접착제 및 이를 갖는 창 모듈 [US 1998-083125]” 이외에도 “에폭시 수지계 액상접착제 조성물 및 그것을 이용한 리페어 방법 [JP 2002-030266]” 및 “에폭시 실록산 및 폴리에폭시 수지의 다이스 접착제 또는 캡슐제 [JP 2001-519838]”에 관한 것 등이 있다.

7. 결론 : 마이크로캡슐화의 미래

마이크로캡슐을 이용한 섬유가공에서 최종적인 목표는 적용이 용이한 시스템, 처리 후 섬유 및 제품 자체의 성질이 변함없이 기능성이 유지될 것과 일반적인 직물의 lifetime에 마이크로캡슐도 처리 직물과 함께 “self-life”를 갖는 것이다. 현재의 기술상

에서는 직물에 처리된 캡슐의 수명이 세탁 25~30회에 불과하고 다림질이나 텀블건조기 등과 같은 열처리 과정에 마이크로캡슐의 성능이 급격히 저하되는 것이 실상이다. 따라서 마이크로캡슐화 연구 개발업체는 직물 적용면에서의 충분한 가능성을 인식하고 이들 문제의 극복을 위해 끊임없이 연구해야 할 것이다. 또한 새롭고 독특하고 또한 기능성을 동시에 추구하는 소비자의 욕구를 충족시킬 수 있어야 새로운 경쟁의 시대에 자리를 잡을 수 있을 것이다.

참고문헌

1. D. Aiken, S. M. Burkinshaw, J. Griffiths, and A. D. Towns, *Rev. Prog. Color*, **26**, pp.1-8(1996).
2. J. R. P. Bishop, G. Nelson, and J. Lamb, *J. Microencapsulation*, **15**(6), pp.761-773(1998).
3. L. Coderch, A. M. Manich, M. Marti, J. L. Parra, and S. Serra, *Text. Res. J.*, **69**(10), pp.789-790(1999).
4. L. Coderch, M. Marti, A. Maza, A. M. Manich, J. L. Parra, and S. Serra, *Wool Record*(Dec), p.26(1999).
5. D. P. Colvin and G. Y. Bryant, *Advances in Heat and Mass Transfer in Biotechnology (HTD)* New York; *ASME*, **362**, pp.123-132(1998).
6. R. Cox, *Chem. Fibers Int.*, **48**, pp.475-479(1998).
7. S. A. Dim, *French Patent*, FP 2,780,073A1(1999).
8. K. Hong and S. Park, *Mat. Chem. Phys.*, **58**, pp.128-131(1999).
9. R. F. Kover, B. Farrel, T. Tian, R. Levi, and J. W. H. Harpel, *Proceedings of Eighth Annual BCC Conference on Flame Retardancy*, **8**, pp.88-97(1997).
10. A. Maza, L. Coderch, A. M. Manich, M. Marti and J. L. Parra, *Text. Res. J.*, **68**(9), pp.635-642(1998).
11. G. Nelson, D. S. Wales, and B. S. Sagar, *European Patent*, EP 0511,258B1(1991).
12. G. Nelson, *Rev. Prog. Color*, **21**, pp.72-85(1991).
13. B. Pause, *Tech. Text. Int.*, **9**(3), pp.20-21(2000).
14. N. A. Pannell, *European Patent*, EP 0242,135B1(1990).
15. J. R. Gomes, M. C. Genovez, and R. Hrdina, *Text. Res. J.*, **67**(7), pp.537-541(1997).
16. L. D. Small and G. Highberger, “Cgies”, *United States Patent*, USP 59978495(1999).
17. Y. Yokato, *Japanese Patent*, 98(140), 454(1998).
18. K. Yamada and Y. Yamada, *Japanese Patent*, JP 96 53 319 A2. 6(1997).

19. K. Yamada and Y. Yamada, *Int. Dyer.*, (Dec), 10(1990).
20. K. Yamada and Y. Yamada, *Int. Dyer.*, (June), 26(2000).
21. N. S. Zubkova, *Knit. Int.*, **102**(1216), p.50(1995).
22. N. S. Zubkova, *Tech. Text. Int.*, **4**(7), pp.28-29(1995).
23. N. S. Zubkova, *Fiber Chem.*, **29**(2), pp.126-129(1997).

약 력



박 수 민

1979. 부산대학교 섬유공학과(석사)
1982. 부산대학교 섬유공학과(박사)
1982-1984. 일본 동경공대 고분자공학과
연구원
1991-1992. 일본 동경대학 첨단과학기술
센터 연구원
1986-현재. 부산대학교 응용화학공학부
교수
(609-735) 부산 금정구 장전동 30
전화 : 051)50-2412, Fax : 051)512-8175
e-mail : soominpark@pusan.ac.kr



김 혜 인

1989. 동아대학교 의류학과(학사)
1992. 동아대학교 의류학과(석사)
2002. 부산대학교 섬유공학과(박사)
2000-2002. 부산대학교 생산기술연구소
전임연구원
2002-현재. 부산대학교 응용화학공학부
강사