

## 계면중합에 의한 로즈우드 마이크로캡슐 제조 및 방향·향균가공

김현진 · 송화순

숙명여자대학교 의류학과

### The Preparation of Rosewood Microcapsules by Interfacial Polymerization and Aromatic, Antimicrobial Finishing of Wool Fabric

Hyun Jin Kim · Wha Soon Song

Dept. of Clothing & Textiles Sookmyung women's University

(2002. 7. 2. 접수)

#### Abstract

The purpose of this study is to propose scientific data and to develop complex · multifunctional fibers by applying microcapsules containing rosewood oil on wool fabric. Polyurea was used as wall material of microcapsules. The parameters for adoptable condition are 20min of agitation time, 5000rpm of agitation speed, 4% of emulsifier concentration according to the observation with SEM and particle analyzer. The melting peak of microcapsules was shown to be 280°C. The amount of released rosewood from microcapsules at 25°C was below 1% and at 40°C was below 3%. Therefore, polyurea microcapsules is capable of preserving rosewood oil for long self-life at normal temperature. Antimicrobial activity to dry cleaning and ironing cycle of wool fabric treated with microcapsules were maintained.

**Key word :** Microcapsules, Rosewood, Polyurea, Aromatic, Antimicrobial; 마이크로캡슐, 로즈우드, 폴리우레아, 방향성, 향균성

#### I. 서 론

마이크로캡슐의 제조 방법은 계면중합법(김문식, 1998; 최길영, 1991; 최길영, 1990; M.J.Hsu, 1997), in-situ 중합법(김혜림, 송화순, 2001; 전종갑, 1998) 등을 포함하는 화학적 방법, 상분리법(C.Amiet-Charpentier, 1998), 계면침전법 등의 물리·화학적 방법, 분무건조법(A. Kondo, 1979) 등의 기계·물리적 방법의 3가지로 분류되며, 이 중 방향가공에 주로 이용되는 마이크로캡슐의 제조 방법으로는 반응시간이 짧고, 방법이 간단한 계면중합법과 in-situ 중합법이 가장 많이 사용되고 있다.(최창남, 2001)

마이크로캡슐 제조 및 마이크로캡슐에 의한 소재 개발은 방향소재, 향균소재, 감광·감온 변색소재와

같이 각각의 기능성에 대한 연구가 대부분으로 기능성과 감성을 동시에 갖춘 감성·다기능 소재에 관한 연구는 미비한 실정이며, 방향소재 제조시 심물질로 사용되는 방향물질은 기존의 자스민, 레몬, 박하, 미그린, 라일락 등으로 한정되어 있어 다양성을 추구하는 소비자의 요구에 따라 새로운 방향 물질의 제안이 필요하다. 또한 본 연구에서 사용하고자 하는 계면중합법의 경우 폴리우레아 마이크로캡슐 제조시의 특성 변화에 관한 선행 연구가 미비하고, 실질적인 응용 방법인 마이크로캡슐을 섬유에 부착시킨 캡슐 처리포의 제작 및 그 특성 변화에 관한 연구가 전무한 실정이다. 이외에도 캡슐처리포가 면직물이나 면 편성물 위주이며, 그 특성 변화는 세탁 내구성에 국한되어 실제 의복 관리시 예상되는 과정인 다림질시 내

Table 1. Characteristics of wool fabric

Fiber(%)	Weave	Yarn count(s)	Fabric counts (inch)	Weight(g/m <sup>2</sup> )	Thickness(mm)
wool (100)	twill	2/72	75×66	171	0.33

구성에 관한 자료도 전혀 제시되지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 계면중합법을 사용하여 그 동안 의복 소재의 방향가공에 사용된 바 없는 천연식물 중에서 약리 효과가 있고, 인체에 안전한 로즈우드(rosewood) 정유를 캡슐화하여, 모직물에 부착시켜 방향성과 향균성을 동시에 부여함으로써 복합·다기능 소재를 개발하고자 한다.

## II. 실험

### 1. 시료 및 시약

#### 1) 시료

본 연구에 사용된 시험포는 시판 모직물(100%)을 사용하였으며, 시험포의 특성은 Table 1과 같다.

#### 2) 시약

본 연구에 사용된 방향물질은 로즈우드 정유(Rosewood, Applewood Co., England)를 사용하였다. 마이크로캡슐 제조시 수용성 단량체는 1,6-hexamethylene diamine(Junsei Chemical Co., Ltd, Japan), 유용성 단량체는 1-6 Diisocyanatohexane(Across Organics, USA), 유화제는 Polyvinyl alcohol(Junsei Chemical Co., Ltd, 이하 PVA로 함)을 사용하였으며, 아크릴계 바인더는 Koplex TF-125(Korea Polymer Co.)를 사용하였다.

마이크로캡슐의 세척에는 Ethyl alcohol(Daejung Chemicals & Metals Co., Ltd)을 사용하였다.

향균성 시험에 사용된 균주는 Staphylococcus aureus(ATCC 6538)이며, 시약으로는 Nutrient agar(DIFCO Lab.), Brain heart infusion agar(DIFCO Lab.), Tryptone glucose extract agar(DIFCO Lab.)를 사용하였고, Shake flask법의 working solution 제조를 위해 인산칼륨(Duksan Pure Chemical Co.)과 수산화나트륨(Duksan Pure Chemical Co.)을 사용하였다.

이상의 시약은 모두 1급을 사용하였으며, 드라이클리닝에는 KS K 0644에 준한 용제를 사용하였다.

### 2. 실험방법

#### 1) 마이크로캡슐의 제조

심물질인 로즈우드 정유와 유용성 단량체의 중량비를 5:1로 하여 유기상을 만들고, 유화제 농도 1, 2, 3, 4, 5%를 각각 가하여 고속으로 교반하였다. 이때, 교반시간을 10, 20, 30분, 교반속도를 3000, 4000, 5000, 6000 rpm으로 각각 변화시켜 O/W형 유화액을 제조한 후, 이를 40°C, 질소 기류 하에서 저속으로 교반하면서, 5% 수용성 단량체를 서서히 첨가하여 로즈우드를 함유한 마이크로캡슐을 제조하였다. 제조된 마이크로캡슐은 증류수와 에틸 알코올로 세척하여 미반응 물질을 충분히 제거한 후 사용하였다.

#### 2) 적외선 분광 분석

제조된 마이크로캡슐의 폴리우레아 중합 반응 및 로즈우드 함유 여부는 퓨리어 적외선 분광기(Perkin Elmer 2000 FT-IR, U.S.A., 이하 FT-IR로 함)를 사용하여 측정하였다.

#### 3) 마이크로캡슐 입자크기 및 표면형태

마이크로캡슐 제조시 교반시간, 교반속도, 유화제 농도에 따른 평균 입자 크기 및 입도분포 변화는 입도분석기(Malvern Micro-P, U.K.)를 사용하였으며, 표면형태는 주사전자현미경(Jeol JSM-5410, Korea, 이하 SEM으로 함)을 사용하여 관찰하였다.

#### 4) 마이크로캡슐의 열적 특성

마이크로캡슐의 열적 특성은 시차주사열량계(Differential Scanning Calorimeter, TA instrument Ltd., U.S.A., 이하 DSC로 함)를 사용하여 30~340°C 범위, 질소기류 하에서 20°C/min의 승온 속도로 측정하였다.

#### 5) 마이크로캡슐의 방출거동

마이크로캡슐의 방출거동은 건조된 마이크로캡슐 1g을 열풍건조기(Jeio Tech NO-600M, Korea)를 사용하여 온도 25, 40°C에서 시간 변화에 따른 무게 감소를 측정한 후, 다음 식에 의하여 방출율(%)을 계산하였다.

$$\text{방출율}(\%) = \frac{A-B}{A} \times 100$$

- A: 열풍건조 전, 마이크로캡슐의 무게 (g)  
 B: 열풍건조 후, 마이크로캡슐의 무게 (g)

6) 마이크로캡슐에 의한 섬유가공 및 내구성 측정  
 마이크로캡슐에 의한 섬유가공은 마이크로캡슐 5% (soln), 바인더 4%(soln), 욱비 1:20으로 상온에서 모직물을 20분간 침지시켜, pick up를 100%가 되도록 균일하게 짜준 후, 80°C에서 20분간 건조, 130°C에서 3분간 큐어링하였다. 미부착 마이크로캡슐과 바인더 제거를 위해 Terg-o-Tometer(Asia Testing Machines ASA-912)를 사용하여 28°C에서 10분간 세탁 후, 상온에서 건조하였다.

마이크로캡슐 처리포의 내구성 측정은 드라이 클리닝과 다림질 횟수를 1, 5, 10, 15회 반복한 후, SEM을 사용하여 캡슐의 부착 상태를 관찰하였다. 드라이 클리닝은 KS K 0644법에 준한 Dry Cleaning Tester(Sung Shin Testing Co., Korea)를 사용하였으며, 다림질은 KS K 0637법에 준하여 140°C, 20~30g/cm<sup>3</sup>의 압력이 걸리는 전기 다리미(Sung Shin Testing M.C Co., Korea)를 사용하였다.

- 7) 로즈우드 정유 및 마이크로캡슐 처리포의 항균성 측정

로즈우드 정유의 항균성은 *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538) 균주를 사용하여 한천확산법(김혜림, 송화순, 2001; 최길영, 1991)에 의하여 확인하였다.

마이크로캡슐 처리포의 드라이 클리닝 및 다림질 횟수에 따른 항균성은 각각 1, 5, 10, 15회 처리한 후, Shake flask법으로 측정된 후, 다음 식에 의하여 균감소율(%)을 산출하였다.

$$\text{균감소율}(\%) = \frac{A-B}{A} \times 100$$

A : 미처리포의 균수

B : 처리포의 균수

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 폴리우레아 중합 및 로즈우드 함유 여부 확인

Fig. 1은 제조된 마이크로캡슐의 벽물질인 폴리우레아의 중합과 심물질인 로즈우드 함유 여부를 확인하기 위한 FT-IR spectra이다.

3300cm<sup>-1</sup>에서 NH 피크, 3000cm<sup>-1</sup> 부근에서 CH<sub>2</sub>의 신축진동 피크, 1650cm<sup>-1</sup> 부근에서 CO 피크, 1550cm<sup>-1</sup>

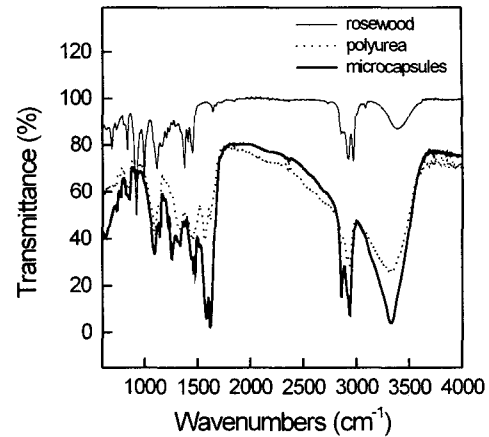


Fig. 1. FT-IR Spectra of rosewood, polyurea and microcapsules.

부근에서 NH 신축진동에 의한 피크를 보여 벽물질로 사용된 폴리우레아가 중합되었음을 알 수 있었다.

또한 심물질로 사용된 로즈우드의 피크가 마이크로캡슐에서도 나타나고 있으므로, 제조된 폴리우레아 마이크로캡슐은 로즈우드를 함유하고 있음을 확인하였다.

#### 2. 마이크로캡슐의 제조조건 변화

##### 1) 교반시간에 따른 입도분석 및 표면형태

Fig. 2는 마이크로캡슐 제조시 교반시간에 따른 입도분포 결과로, 교반시간 10, 30, 20분의 순서로 입도

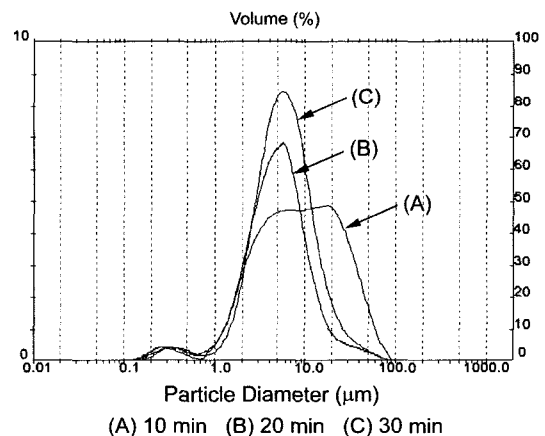


Fig. 2. Effect of agitation time on particle distribution of microcapsules (5000rpm, emulsifier 4%).

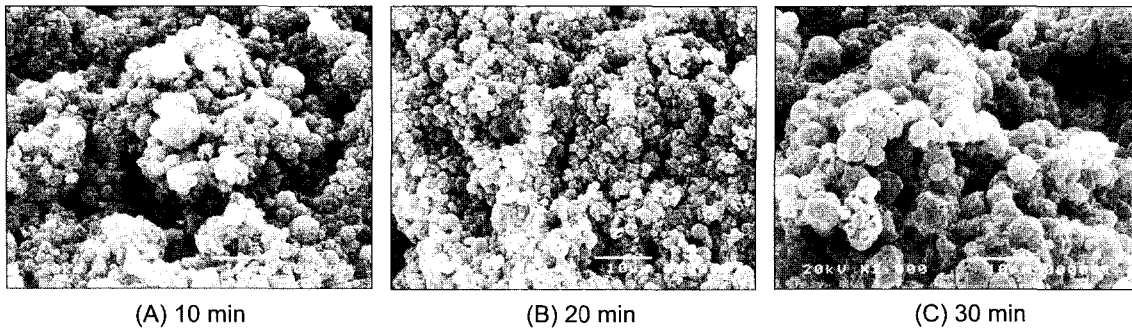


Fig. 3. Surface morphology with SEM micrographs of microcapsules on agitation time (5000rpm, emulsifier 4%).

분포의 중심축이 왼쪽으로 이동되므로, 입자크기가 감소됨을 알 수 있다. 입도분포의 폭은 20분에서 가장 좁게 나타나 캡슐의 크기 분포가 균일하며, 30분에서는 오히려 폭이 넓어져 캡슐이 불균일하게 분포되었음을 알 수 있다.

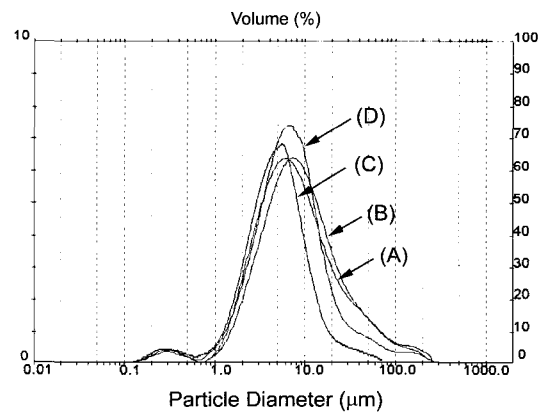
평균 입자크기는 교반시간 10분에서 13.59 $\mu$ m, 20분에서 6.74 $\mu$ m, 30분에서 7.84 $\mu$ m로 나타나, 20분에서 최소 크기를 나타냈다. 그러나 30분에서는 오히려 평균 입자크기가 증가하였는데, 이는 캡슐 제조시 일정 임계값(critical value)을 지나면 캡슐의 생성보다 파괴가 촉진되고, 서로 회합되기 때문이라는 선행연구(김혜림, 송화순, 2001)와 일치하는 결과이다.

Fig. 3은 교반시간에 따른 마이크로캡슐의 표면형태 변화 관찰 결과로, 교반시간 10분에서는 캡슐의 크기가 불균일하고 뭉쳐있는 형태를 보였는데, 이는 교반시간이 불충분하여 캡슐이 제대로 형성되지 않았기 때문으로 생각된다. 교반시간 20분에서는 마이크로캡슐의 크기가 작고, 균일한 형태를 보이지만, 30분에서는 캡슐이 뭉쳐있는 상태를 나타내, 교반시간에 따른 마이크로캡슐의 입도분포 및 크기와 일치하는 결과를 나타냈다.

따라서 적정 교반시간은 20분이 바람직할 것으로 생각된다.

2) 교반속도에 따른 입도분석 및 표면형태

Fig. 4는 마이크로캡슐 제조시 교반속도에 따른 캡슐의 입도분포 결과로, 교반속도 3000, 4000, 5000, 6000rpm의 순서로 입도분포의 중심축이 왼쪽으로 이동하였으며, 5000rpm에서는 폭이 매우 좁게 나타나 캡슐이 가장 균일하게 제조되었고, 6000rpm에서는 오히려 가장 넓은 분포를 나타내, 제조된 캡슐의 크



(A) 3000rpm (B) 4000rpm (C) 5000rpm (D) 6000rpm

Fig. 4. Effect of agitation speed on particle distribution of microcapsules (20min, emulsifier 4%).

가 불균일하였다.

교반속도에 따른 평균 입자크기는 교반속도 3000rpm에서 16.96 $\mu$ m, 4000rpm에서 16.39 $\mu$ m, 5000rpm에서 6.74 $\mu$ m, 6000rpm에서 12.62 $\mu$ m로 나타났다. 즉, 교반속도가 3000~5000rpm으로 증가됨에 따라 평균 입자크기가 감소되어 5000rpm에서 최소 평균 입자크기를 나타냈고, 6000rpm에서는 입도분포와 같은 결과로 오히려 캡슐의 크기가 증가하고 있다. 이는 교반속도가 증가함에 따라 캡슐 사이의 충돌 횟수가 많아져 형성보다 파괴가 촉진되고, 캡슐이 서로 회합하기 때문이다.

Fig. 5는 교반속도에 따른 마이크로캡슐의 표면형태 변화를 관찰한 결과로, 3000rpm에서는 캡슐이 크고 불균일하며 뭉친 형태를 보였고, 4000rpm에서는 캡슐의 크기가 다소 감소되었으나, 전체적으로 불균

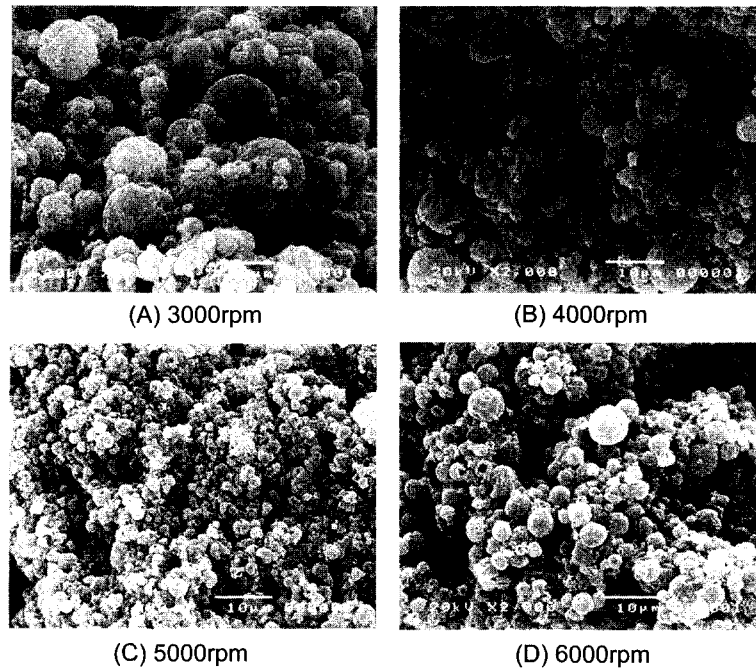


Fig. 5. Surface morphology with SEM micrographs of microcapsules on agitation speed (20min, emulsifier 4%).

일하고, 5000rpm에서는 구형의 미세한 입자가 균일하게 형성됨을 확인하였다. 그러나 6000rpm에서는 캡슐의 크기가 다시 증가되고 일부가 파괴된 형태로 나타났다.

따라서 적정 교반속도는 5000rpm이 바람직할 것으로 생각된다.

### 3) 유화제 농도에 따른 입도분포 및 표면형태

Fig. 6은 유화제 농도에 따른 입도분포 결과로, 유화제 농도가 1~5%로 증가됨에 따라 입도분포의 중심축이 왼쪽으로 이동되어, 입자크기가 감소됨을 알 수 있으며, 입도분포의 폭은 4%에서 가장 좁게 나타나, 캡슐의 크기가 균일하게 제조되었다. 그러나 5%에서 입도분포의 중심축은 가장 좌측에 위치하고 있지만 입도분포의 폭은 오히려 4%보다 넓게 나타나, 캡슐의 크기가 불균일한 것으로 생각된다.

유화제 농도에 따른 평균 입자크기는 유화제 농도 1%에서 41.68 $\mu\text{m}$ , 2%에서 23.94 $\mu\text{m}$ , 3%에서 17.84 $\mu\text{m}$ , 4%에서 6.74 $\mu\text{m}$ , 5%에서 8.60 $\mu\text{m}$ 로 나타났다. 유화제 농도가 1~4%로 증가됨에 따라 평균 입자크기는 현저하게 감소되는 경향을 나타냈으며, 5%에서

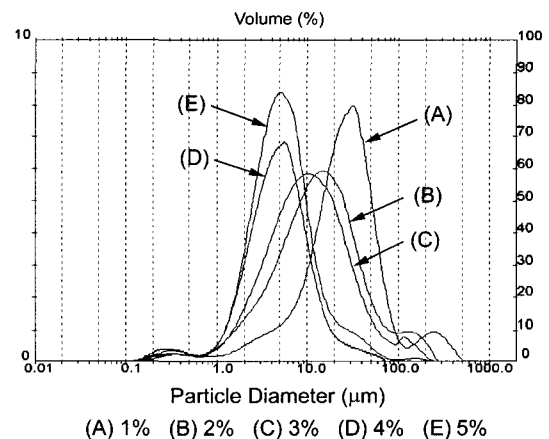


Fig. 6. Effect of emulsifier concentration on particle distribution of microcapsules (20min, 5000 rpm).

는 오히려 증가하는 경향을 나타냈다. 이는 입도분포와 같은 결과로써, 유화제 농도 상승에 의해 오히려 캡슐의 형성을 방해하기 때문으로 생각된다.

Fig. 7은 유화제 농도에 따른 마이크로캡슐의 표면형태 관찰 결과로, 유화제 농도 1~3%에서는 마이크로캡슐의 크기가 매우 크고 불균일하며, 4%에서는

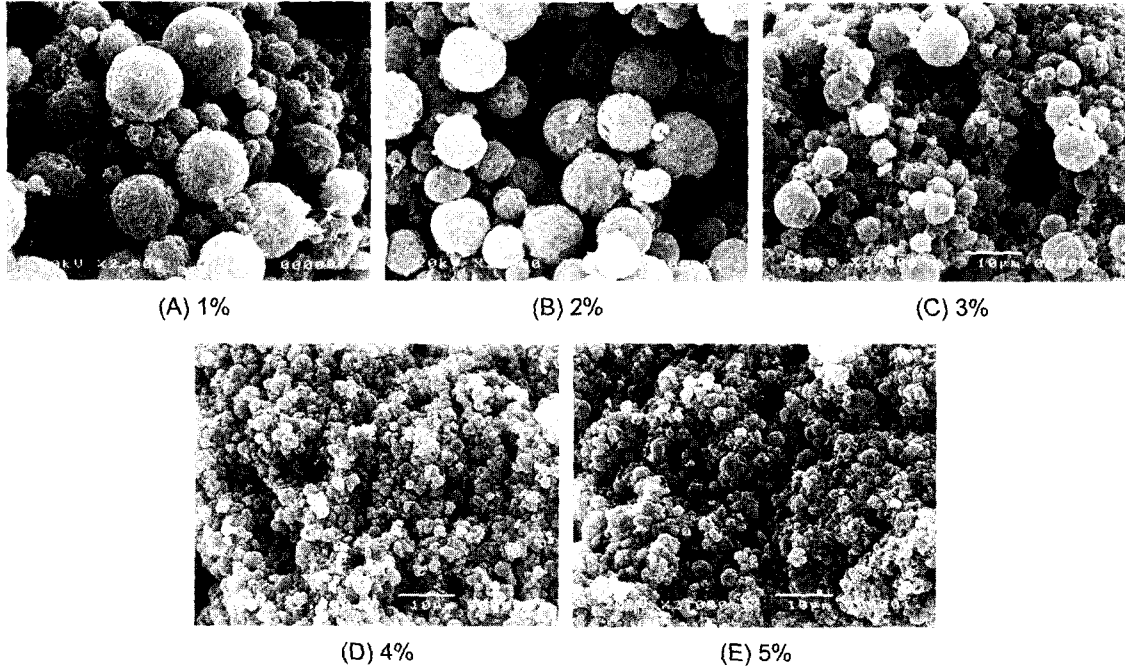


Fig. 7. Surface morphology with SEM micrographs of microcapsules on emulsifier concentration (20min, 5000rpm).

캡슐이 가장 미세하고 균일한 형태를 보였다. 그러나 5%에서는 캡슐의 크기가 미세하게 증가되는 것을 확인할 수 있었다.

따라서 적정 유화제 농도는 4%가 바람직할 것으로 생각된다. 이상의 결과를 종합하여, 본 연구에서는 계

면증합을 이용한 마이크로캡슐 제조시 적정조건은 교반시간 10분, 교반속도 5000rpm, 유화제 농도 4%로 설정하였다.

### 3. 마이크로캡슐의 열적 특성

Fig. 8은 DSC를 이용하여 마이크로캡슐의 열적 특성을 측정된 결과이다. 로즈우드 마이크로캡슐은 280°C 부근에서 캡슐의 파괴에 의한 흡열 피크가 나타났다. 이는 280°C 부근에서 캡슐 벽물질의 파괴가 일어나 심물질이 외부로 방출되었기 때문으로 생각된다.

따라서 로즈우드 마이크로캡슐의 벽물질로 사용된 폴리우레아는 열에 대한 내구성이 우수한 벽물질임을 확인할 수 있었으며, 제조된 마이크로캡슐은 섬유 처리시 안정적으로 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

### 4. 마이크로캡슐의 방출거동

Fig. 9는 제조된 마이크로캡슐의 방출거동을 측정된 결과이다. 72시간까지의 방출거동은 25°C에서 1% 미만, 40°C에서 3% 미만으로 나타나, 심물질의 방출

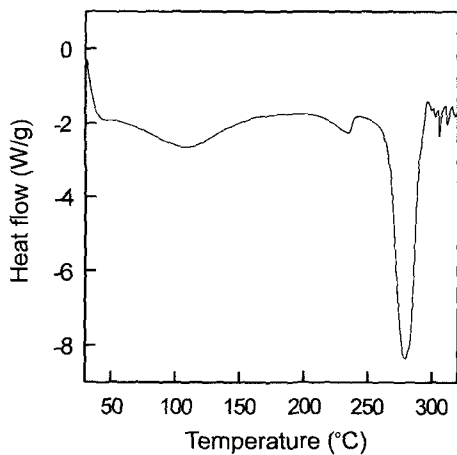


Fig. 8. DSC thermograms of microcapsules.

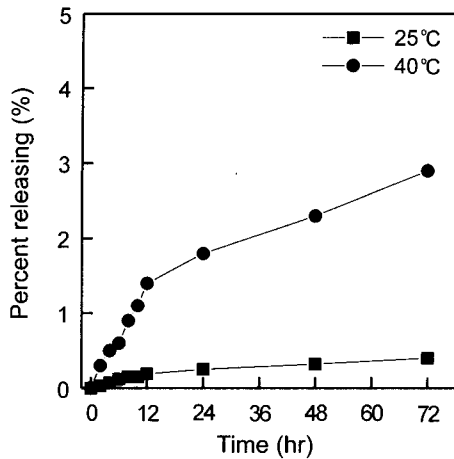


Fig. 9. Releasing behavior of microcapsules at various temperature and time.

이 거의 없다는 것을 알 수 있다. 그러므로 제조된 마이크로캡슐은 상온에서 사용 및 보관이 가능하며, 40°C의 온도에서도 방출량이 미비한 것으로 보아, 의복 착용시에도 별다른 영향을 미치지 않을 것으로 생각된다.

따라서 로즈우드 마이크로캡슐은 상온에서 서방성에 의한 방향효과보다는 캡슐의 파괴에 의하여 방향효과를 나타내고, 착용시에도 캡슐 파괴에 의해 그 효과를 나타낼 것으로 생각된다.

### 5. 마이크로캡슐 처리포의 표면관찰

Fig. 10은 로즈우드 마이크로캡슐 처리포의 드라이클리닝과 다림질 내구성을 측정하기 위하여 1, 5, 10, 15회 드라이클리닝과 다림질 후, SEM으로 관찰한 결과로 드라이클리닝 15회, 다림질 15회까지 마이크로캡슐이 모직물 표면에 부착된 것을 관찰할 수 있었다.

따라서 마이크로캡슐 처리포는 드라이클리닝 및 다림질에 대한 우수한 내구성을 가진 것으로 생각된다.

### 6. 향균성 측정

#### 1) 로즈우드 정유의 향균성

Fig. 11은 로즈우드 정유에 대한 Hallo Test 결과로, paper disk 주변에 약 13mm의 무균 저지대가 형성되었다. 무균 저지대의 폭 1.5~2.0mm를 weakly posi-

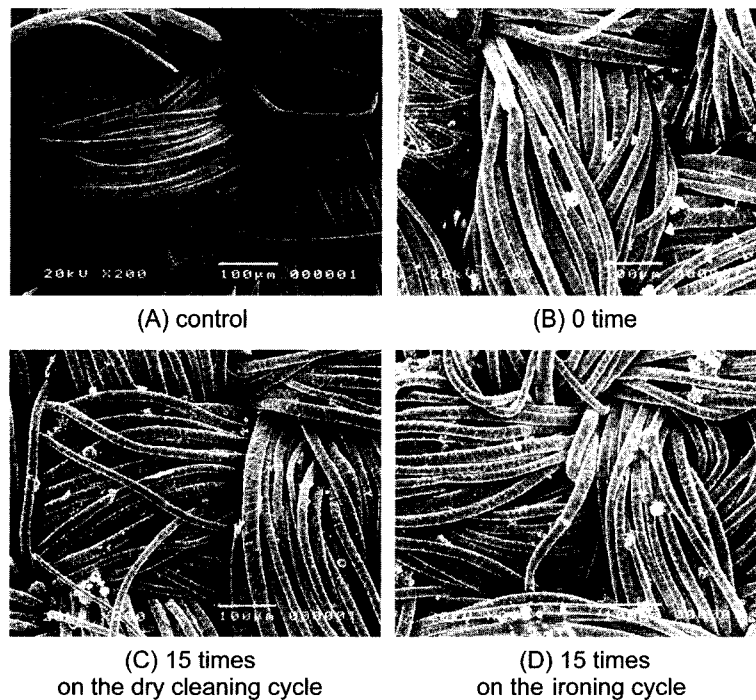


Fig. 10. SEM micrographs of wool fabric treated with microcapsules on the dry cleaning and ironing cycle.

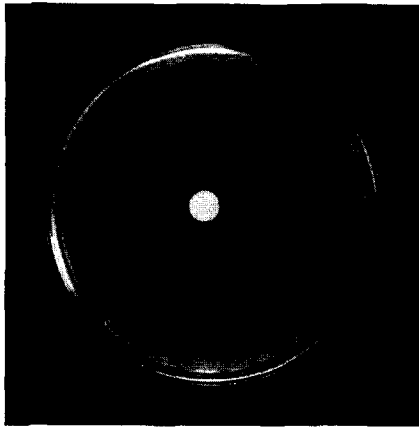


Fig. 11. Antimicrobial activity of rosewood.

Table 2. The effect of antimicrobial activity on the dry cleaning and ironing cycle

Cycle	Antimicrobial activity(%)	
	Dry cleaning	Ironing
0	94	94
1	88	94
5	72	93
10	65	92
15	32	92

tive, 3.0mm를 strong positive, 4.0mm 이상을 respectable로 판단한 보고에 따르면, 로즈우드 정유는 향균성이 매우 우수함을 확인할 수 있었다.

#### 2) 마이크로캡슐 처리포의 향균성

Table 2는 마이크로캡슐 처리포 및 드라이 클리닝과 다림질 횟수에 따른 향균성의 변화를 측정된 결과이다.

일본 섬유제품 위생가공 협회에서는 균감소율이 26% 이상일 때, 향균성이 있는 것으로 판정한다는 것에 비추어 볼 때, 마이크로캡슐 처리포는 미처리포에 비해 94%의 향균성을 나타내었으며, 드라이 클리닝과 다림질 횟수에 대한 내구성이 우수한 것을 확인할 수 있었다.

## IV. 결 론

본 연구에서는 계면중합법에 의해 로즈우드를 심물

질로, 폴리우레아를 벽물질로 하는 마이크로캡슐 제조의 적정 조건을 제시하고, 열적 특성 및 방출거동을 측정하였다. 또한 마이크로캡슐을 모직물에 처리하여 드라이 클리닝과 다림질 횟수에 따른 내구성과 향균성을 측정된 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. FT-IR 측정 결과, 제조된 마이크로캡슐의 폴리우레아 중합 및 로즈우드 함유 여부를 확인할 수 있었다.

2. 교반시간에 따른 입도분석 및 표면형태를 측정된 결과, 교반시간 20분에서 캡슐의 크기가 균일하고 평균 입자크기도 가장 작게 나타났다. 그러나 30분에서는 입도분포의 폭이 넓어져, 캡슐이 불균일하게 뭉쳐있는 형태를 보이므로, 20분 이후에는 캡슐의 파괴 및 회합이 촉진되는 것으로 나타났다.

3. 교반속도에 따른 입도분석 결과, 마이크로캡슐의 크기는 5000rpm에서 가장 균일하며, 최소 크기의 미세한 캡슐을 얻을 수 있었다. 그러나 6000rpm에서는 넓은 분포를 보이고, 평균 입자크기가 커져 캡슐의 생성보다 파괴가 촉진되는 것으로 나타났다.

4. 유화제 농도에 따른 입도분석 결과, 4%에서 마이크로캡슐이 가장 균일하게 제조되었고, 5%에서는 캡슐의 크기가 오히려 증가하여, 유화제 농도 상승에 의해 오히려 캡슐의 형성을 방해받는 것으로 나타났다.

5. 마이크로캡슐의 열적 특성은 280°C 부근에서 캡슐의 파괴에 의한 흡열 피크가 나타나, 열에 대한 내구성이 우수한 벽재임을 확인할 수 있었다.

6. 마이크로캡슐의 방출거동은 25°C에서 1% 미만, 40°C에서 3% 미만으로 나타나, 상온에서 의복 보관 및 착용시 서방성에 의한 방향효과보다는 캡슐의 파괴에 의하여 방향효과를 나타낼 것으로 생각된다.

7. 마이크로캡슐 처리포는 드라이 클리닝과 다림질에 대한 우수한 내구성을 가지고 있는 것으로 나타났다.

8. 로즈우드 정유와 마이크로캡슐 처리포의 향균성은 우수한 것으로 나타났으며, 드라이 클리닝과 다림질에 따른 향균성도 우수하였다.

## 참고문헌

- 김문식. (1998). *마이크로캡슐화에 의한 변색 기능섬유의 제조에 관한 연구*, 부산대학교 대학원 박사학위논문.  
 김혜림, 송화순. (2001). *계피정유를 함유한 마이크로캡슐의 제조 및 방향·향균가공(제1보)*, *한국의류학회지*, 25(3).  
 최길영, 민경석, 장태현. (1991). *계면중합을 이용한 살충제*



- 의 마이크로캡슐화에 관한 연구, *Polymer(Korea)*, 15(5), 548-555.
- 최길영, 민경석, 박인환, 김광수, 장태현. (1990). 계면증합을 이용한 살충제의 마이크로 캡슐화에 관한 연구, *Polymer(Korea)*, 14(4), 392-400.
- 최창남, 김종배, 황태연, 이무성, 김 용, 정인배. (2001). 폴리우레탄계 마이크로캡슐의 제조 및 섬유가공에의 응용, *한국섬유공학회지*, 38(4), 174-181.
- Amiet-Charpentier, C. Benoit, J. P. Gadille, P. & Richard. J. (1998). Preparation of Rhizobacteria-containing Polymer Microparticles using a Complex coacervation method, *Colloid Surfaces A : Physicochem*, 144, 179-190.
- Hsu, M. J. Chen, B. J. Chen, C. Y. & Lu, W. F. (1997). An Investigation of making perfume-containing microcapsules, *Proceeding of 4th Asian Textile Conference*, 24-26.
- Juhn Jong-Ghap. (1998). Microencapsulation as an Effective Release Method for Pheromone, *Polymer(Korea)*, 12(2), 161-165.
- Kondo. A. (1979). *Microencapsulation by Spray-Drying Process in Microcapsule Processing and Technology*. Dekker, N.Y., 154.