

계피정유를 함유한 마이크로캡슐의 제조 및 방향·항균가공(제1보)

김혜림·송화순

숙명여자대학교 의류학과

The Production of Microcapsules containing Cinnamon, Antimicrobial Finishing(Part I)

Hye Rim Kim · Wha Soon Song

Dept. of Clothing and Textiles Sookmyung women's University
(2000. 10. 20 접수)

Abstract

The purpose of this study is to develop multifunctional fibers by sticking cinnamon microcapsules on cotton knit. The prepolymer was made from urea-formaldehyde for usage of wall materials of microcapsules. The parameters for adoptable condition are 5000rpm of agitation speed, 1% of dispersions concentration according to the observation with SEM and particle analyzer. The Antimicrobial activity of cotton knit treated with capsule was increased greatly and maintained on the laundering cycle.

Key words: microcapsule, cinnamon, aromatic, antimicrobial; 마이크로캡슐, 계피정유, 방향성, 항균성

I. 서론

최근 각종 기능성을 높이는 가공기술이 발전함에 따라 쾌적·감성 소재에 대한 소비자의 관심이 증가되고 있다¹⁻⁵⁾. 이러한 요구에 부응하여 의복소재의 위생가공⁶⁻⁸⁾, 방향가공^{9, 10)} 등에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 특히, 섬유에 방향물질을 이용한 연구는 의복소재에 방향물질을 부착시켜 건강·감성·쾌적에 대한 욕구를 충족시켜 주는 소재 개발에 대한 연구가 활발해짐에 따라 더욱 각광받고 있는 실정이다²⁻⁵⁾.

방향물질을 섬유에 부착시키는 방법으로는 후처리에 의한 방법, 섬유의 방사공정에 혼합시키는 방

법, 마이크로캡슐화하여 바인더에 의해 섬유에 부착시키는 방법 등이 있다¹⁾. 이들 중 후처리에 의한 방법은 가장 간단한 방법이지만 내구성이 없어 실용화되지 못하였고¹¹⁾, 섬유의 방사공정에 혼합시키는 방법은 폴리에스터 증공섬유의 제조시 처음 시도된 방법으로, 내구성은 현저히 증가되었으나, 사용할 수 있는 섬유의 종류 및 방향물질의 종류와 농도 등이 제한되어 있어 그 응용범위가 적은 결점을 가지고 있다¹⁰⁾. 이에 반하여 마이크로캡슐화한 후 바인더에 의해 섬유에 부착시키는 방법은 방향물질이 캡슐에 의해 외부환경으로부터 보호되어 변질의 위험이 적고, 착용시 압력과 마찰에 의해 파괴되어 방향되므로 방향물질의 방출시기 및 농도의 조절이 가능할 뿐 아니라 마이크로캡슐 벽물질(wall material)

의 소재, 마이크로캡슐의 제조방법 및 크기 등에 변화를 줌으로써 다양한 용도의 마이크로캡슐 제조가 가능하기 때문에 응용 범위가 매우 광범위한 장점을 가지고 있어, 현재 이 방법에 의한 방향가공이 가장 많이 이루어지고 있다.¹⁰⁾

마이크로캡슐 제조 및 마이크로캡슐에 의한 방향·향균·소취 등 기능성 소재 개발에 관한 연구를 살펴보면, 마이크로캡슐을 이용한 방향가공에 대한 연구¹¹⁻¹³⁾, 마이크로캡슐을 이용한 향균 및 소취가공에 대한 연구¹⁴⁻¹⁷⁾, 마이크로캡슐을 이용한 감광변색소재의 개발에 대한 연구¹⁸⁻²⁰⁾, 기능성 물질을 함유하는 마이크로캡슐의 제조²¹⁾ 등 방향소재, 향균소재, 감광변색소재 등 각각의 기능성 소재개발에 대한 연구가 대부분으로 여러 가지 기능성과 감성을 동시에 갖춘 감성·다기능 소재개발에 관한 연구는 극소수이다.

따라서 본 연구에서는 계피정유(cinnamon)를 마이크로캡슐화하여 면편성물에 부착시킴으로써 감성·다기능소재를 개발하고자 한다. 계피정유는 살균, 소독, 통경 등 치료특성을 갖고 있으며, 우울증 해소 효과 및 소독제로서 호흡기에 대하여 강장효과, 체온조절 및 피부에 대한 수렴효과도 탁월하다고 전해지고 있다²²⁾. 따라서 그동안 의복소재의 방향가공에 사용된 바 없는 다양한 특성을 지닌 계피정유를 마이크로캡슐화하여 면 편성물에 부착시킴으로써 방향성과 향균성을 동시에 부여하여 고부가가치 감성·다기능 의복소재를 개발하여, 보다 건강하고 쾌적한 의생활 환경조성에 기여하고자 한다.

II. 실험 방법

1. 시료 및 시약

1) 시료

본 연구에 사용된 시험포는 시판 면(100%)편성물을 호발 후 사용하였으며, 시험포의 특성은 Table 1

과 같다.

2) 시약

본 연구의 방향물질은 시판 계피정유(Cinnamon, Samchun pure chemical Co.)를 사용하였으며, 마이크로캡슐 제조에 요소(Duksan pure chemical Co.), 37% 포름알데히드(Duksan pure chemical Co.), 아라비아 고무(Samchun pure chemical Co.), 구연산(Duksan pure chemical Co.), 트리에탄올아민(Samchun pure chemical Co.)을 사용하였다. 아크릴계 바인더는 koplex TF-125(Korea polymer Co.)를 사용하였다.

향균성 시험에 사용된 균주는 Staphylococcus aureus(ATCC 6538)를 사용하였으며, Nutrient agar(DIFCO Lab.), Nutrient broth(DIFCO Lab.), Brain heart infusion agar (DIFCO Lab.), Tryptone glucose extract agar(DIFCO Lab.), 인산칼륨(Duksan pure chemical Co.), 수산화나트륨(Duksan pure chemical Co.)을 사용하였다.

이상의 시약은 모두 1급을 사용하였으며, 세제는 KS M 2704에 준한 세탁비누를 사용하였다.

2. 실험방법

1) Prepolymer 제조

포름알데히드 수용액(37%)에 요소를 용해 후, 트리에탄올아민을 사용하여 pH 조정후 prepolymer를 제조하였다. 제조된 prepolymer는 1:1 증류수로 희석하여 마이크로캡슐의 벽물질로 사용하였다.

2) 마이크로캡슐 제조

계피정유를 함유한 마이크로캡슐의 제조는, 제조한 prepolymer에 분산제의 농도를 변화시켜 구연산으로 pH 조정 후, 계피정유를 첨가하여 저속으로 유화 분산한 후, 교반속도를 변화시켜 반응시킨 후, 온수를 가하여 3시간 동안 반응을 진행시켜 요소와 포름알

Table 1. Characteristics of knitted fabric

Fiber(%)	Stitch	Yarn count('s)	Geigy	Weight(g/m ²)	Thickness(mm)
cotton(100)	plain	40	28	450	0.62

데히드 벽물질을 가지는 마이크로캡슐을 제조하였다. 제조된 마이크로캡슐은 증류수로 여러번 수세하여 미 반응 포름알데히드를 충분히 제거한 후 사용하였다.

3) FT-IR 분석

요소와 포름알데히드 고분자의 중합반응은 푸리어 적외선 분광기(Perkin Elmer 2000 FT-IR, USA, 이하 FT-IR로 함)를 사용하여 측정하였다.

4) 마이크로캡슐 입자크기 측정

마이크로캡슐 제조시 교반속도 변화에 따른 평균 입자크기 및 분산제 농도 변화에 따른 평균 입자크기 변화는 입도분석기(Malvern Micro-P, UK)를 사용하여 비교, 분석하였다.

5) 주사전자 현미경에 의한 표면형태

마이크로캡슐 제조시 교반속도 변화에 따른 캡슐의 형태변화는 주사전자현미경(Jeol JSM-5410, Korea, 이하 SEM으로 함)을 사용하여 관찰하였다.

6) 마이크로캡슐의 열적특성

제조된 마이크로캡슐의 열적성질은 시차주사열량계(Differential scanning calorimeter, Perkin Elmer DSC 7, USA, 이하 DSC로 함), 열중량 분석장치(Thermo gravimetric analysis, Perkin Elmer TGA 7, USA, 이하 TGA로 함)를 사용하여 측정하였다.

7) 마이크로캡슐의 방출거동 측정

마이크로캡슐의 방출거동은 건조된 마이크로캡슐 1g을 열풍건조기(Sanyo MOV-212, Japan)를 사용하여, 온도 및 시간변화에 따른 무게 감소를 측정한 후 다음 식에 의하여 방출율(%)을 계산하였다.

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

A : 건조 전 마이크로캡슐의 무게(g)

B : 건조 후 마이크로캡슐의 무게(g)

8) 마이크로캡슐에 의한 섬유가공

마이크로캡슐에 의한 섬유가공은 마이크로캡슐(3% soln), 바인더(3% soln), 욱비 20:1로 상온에서

미처리포를 10분간 침지 후, pick up률 100%로, 80°C에서 5분간 건조, 130°C에서 3분간 열처리한 후, 수세, 건조하여 마이크로캡슐 처리포(이하 캡슐처리포)를 제조하였다.

세탁횟수에 따른 캡슐의 부착상태를 확인하기 위하여 캡슐처리포를 1, 5, 10, 20회 Launder-o-meter(KOASHOKAI Ltd., Japan)를 사용하여 KS K 0430 A-1법에 준하여 세탁한 후, SEM을 사용하여 관찰하였다.

9) 항균성 측정

(1) 계피정유의 항균성 측정

계피정유의 항균성은 paper disk(8mm)를 사용하여 한천확산법에 의하여 확인하였다.

(2) 마이크로캡슐 처리포의 항균성 측정

미처리포, 캡슐처리포의 항균성 및 세탁횟수에 따른 항균성은 캡슐처리포를 1, 5, 10, 20회 Launder-o-meter(KOASHOKAI Ltd., Japan)를 사용하여 KS K 0430 A-1법에 준하여 세탁 한 후 shake flask법으로 측정하여 균감소율을 계산하였다.

III. 결과 및 고찰

1. Prepolymer 중합체의 확인

Fig. 1은 요소와 포름알데히드 prepolymer의 FT-IR spectrum을 나타낸 것으로, 3344cm⁻¹에서 NH 피크가 나타나고, 1667cm⁻¹에서 -C=O의 신축진동피크, 2958cm⁻¹에서 CH 신축진동에 의한 피크가 나타났다. 그리고 1557cm⁻¹에서 -NH-CO-NH-의 반복단위에 의한 피크가 나타나는 것으로 보아 요소와 포름알데히드의 중합체임을 확인할 수 있다.

2. 마이크로캡슐 제조

본 연구에서 마이크로캡슐 제조시 적정 교반속도 및 분산제 농도를 설정하기 위하여 교반속도와 분산제 농도 변화에 따른 마이크로캡슐의 입자크기 및 형태변화를 분석한 결과는 다음과 같다.

1) 교반속도에 따른 입자크기의 변화

Fig. 2는 마이크로캡슐 제조시 교반속도에 따른

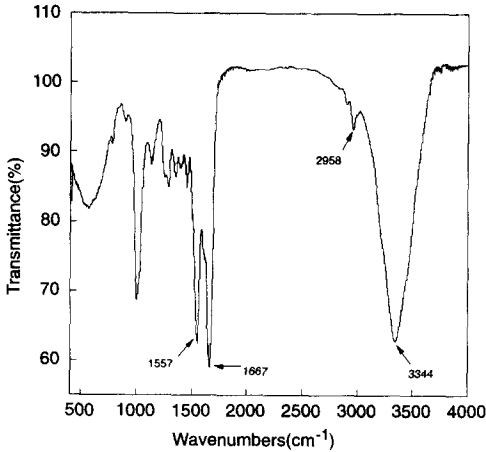


Fig. 1. FT-IR spectrum of urea-formaldehyde prepolymer

캡슐 평균입자크기를 측정된 결과이다. Fig. 2에 나타난 바와 같이 마이크로캡슐 제조시 교반속도가 증가함에 따라 운동에너지가 증가되어 미세방울의 파괴율을 높임으로써 보다 작은 캡슐을 생성하게 된다.

따라서 교반속도가 증가함에 따라 마이크로캡슐의 평균입자크기는 점차 감소하여 5000rpm에서 최소크기를 나타냈고, 그 후 다소 증가하였다. 이는 마이크로캡슐 제조시 교반속도가 증가할수록 생성되

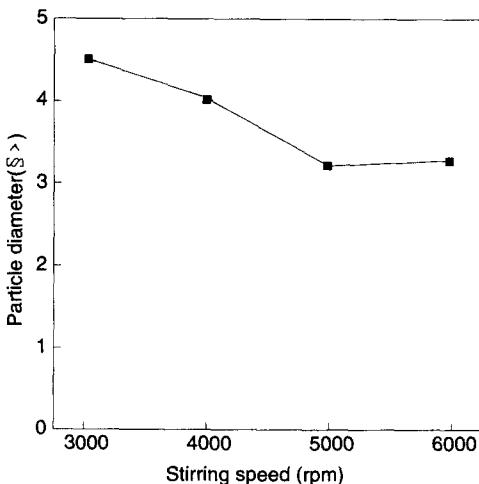


Fig. 2. Effect of agitation speed on mean diameter of microcapsule (dispersions 1%)

는 캡슐의 크기는 작아지지만, 교반속도가 어느 임계값(Critical value)을 지나면 오히려 캡슐의 형성보다 파괴가 빨라져서 생성효율이 감소하여 캡슐의 크기가 커진다는 선행연구⁷⁾와 일치하는 결과로 마이크로캡슐 제조시 교반속도는 5000rpm이 바람직한 것으로 생각된다.

2) 분산제 농도에 따른 입자크기의 변화

일반적으로 분산제는 유기상 물질을 효과적으로 분산시키고 분산된 입자의 안정성을 높이기 위하여 사용되기 때문에 마이크로캡슐 제조시 안정된 분산액을 만드는 것은 필수적이다.

5000rpm에서 분산제 농도 1, 3, 5%에 따른 마이크로캡슐 평균입자크기를 측정된 결과, 분산제의 농도가 증가함에 따라 평균입자크기는 분산제 농도 1%에서 $3.21\mu\text{m}$, 3%에서 $3.19\mu\text{m}$, 5%에서는 $2.93\mu\text{m}$ 로 다소 감소하는 경향을 나타내고는 있으나 그 차이가 매우 작게 나타나 교반속도 변화에 의한 영향보다 적었다. 또한 마이크로캡슐은 크기가 작고 분포 상태가 균일할수록 섬유에 부착 상태가 양호하고, 세탁에 대한 내구성이 증가하지만, 캡슐의 크기가 지나치게 작으면 상대적으로 함유한 심물질의 양이 적어진다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 마이크로캡슐 제조시 효과적인 분산과 분산된 입자의 안정성을 부여, 심물질의 양 및 경제적 효율성을 고려할 때 분산제 농도는 1%가 바람직한 것으로 생각된다.

3) 주사전자현미경에 의한 표면형태

Fig. 3은 마이크로캡슐 제조시 교반속도에 따른 캡슐의 형태변화를 주사전자현미경으로 관찰한 결과이다.

Fig. 3에 나타난 바와 같이 교반속도 3000rpm에서 제조된 마이크로캡슐은 뭉쳐있는 형태를 보였고, 4000rpm에서는 구형의 마이크로캡슐을 관찰할 수는 있으나 전체적으로 입자의 크기가 불균일하였다. 5000rpm에서 마이크로캡슐은 입자의 크기가 작고 균일하게 형성된 형태로 나타나는데 비하여 6000rpm에서는 다시 파괴되거나 뭉쳐있는 형태를 볼 수 있다. 따라서 마이크로캡슐 제조시 교반속도

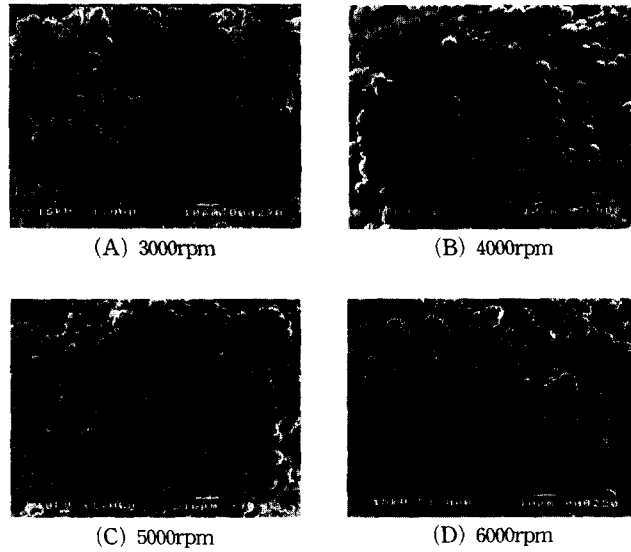


Fig. 3. Surface morphology with SEM micrographs of microcapsule on agitation speed(Dispersions 1%)

가 증가할수록 캡슐의 형태는 작고 균일하게 형성 되지만 교반속도가 임계값을 지나면 즉 6000rpm 이상에서는 생성되는 마이크로캡슐보다 파괴되는 마이크로캡슐이 더 증가하는 것을 알 수 있으며, 이 결과는 교반속도에 따른 마이크로캡슐의 입자크기를 분석한 결과와 일치한다.

이상 마이크로캡슐 입자 크기 분석 및 주사전자 현미경으로 표면형태를 관찰한 결과, 본 연구에서는 마이크로캡슐 제조시 교반속도 5000rpm, 분산제 농도 1%를 적정조건으로 설정하였다.

4) 마이크로캡슐의 열적특성

제조된 마이크로캡슐의 열적성질을 알아보기 위해 TGA, DSC를 측정하여 Fig. 4에 나타내었다.

Fig. 4에 나타난 바와 같이 TGA 및 DSC 모두 저온에서는 변화를 보이지 않았으나 TGA 곡선에서는 180°C 부근에서 무게감소가 서서히 일어나 260°C에서 급격한 변화를 나타내어 260~350°C 부근에서 약 70%의 중량감소가 나타나고 그 이상의 온도에서는 변화가 거의 일어나고 있지 않았다. DSC는 260°C에서 용점 또는 파괴점으로 보이는 흡열피크가 나타났다. 이는 260°C 부근에서 캡슐벽체의 파괴로 인하

여 심물질이 외부로 방출되는 것으로 생각된다.

따라서 제조된 마이크로캡슐은 중량감소가 시작되는 온도가 180°C 부근으로 열에 대한 우수한 내구성을 가지고 있는 것으로 생각된다.

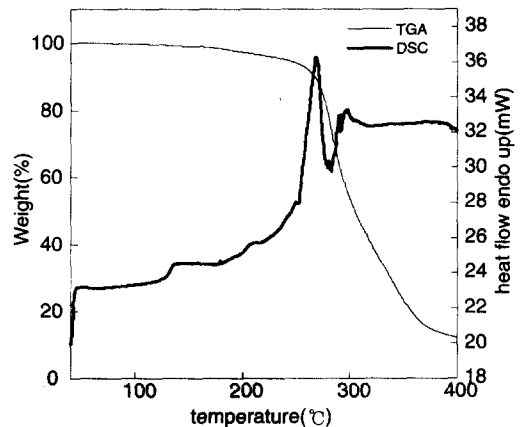


Fig. 4. DSC and TGA thermograms of microcapsule

5) 마이크로캡슐의 방출거동

마이크로캡슐은 사용·보관 중에 캡슐화된 향이 일정시간 이상 보존되어야 하기 때문에 특정 온도

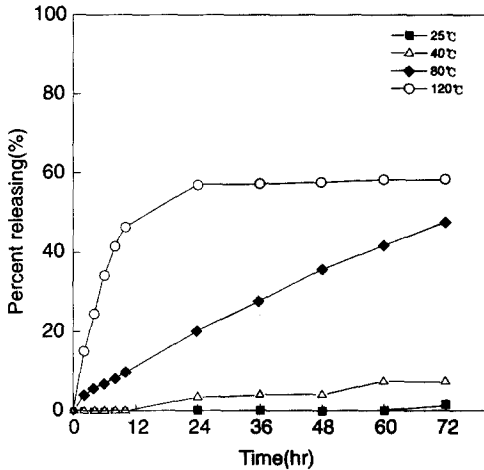


Fig. 5. Releasing behavior of microcapsule at various temperature and time

및 시간경과에 따른 방출거동은 중요한 인자 중의 하나이다.

Fig. 5는 마이크로캡슐의 심물질인 계피정유의 방출거동을 조사하기 위하여 온도 25, 40, 80, 120°C에서 시간변화에 따른 캡슐의 무게 감소를 측정하는 것이다. Fig. 5에 나타난 바와 같이 25°C에서는 72시간까지의 방출량이 약 1% 내외로 방출은 거의 일어나지 않았으며, 40°C에서 방출량은 24시간 이후에 4%, 72시간까지 7% 정도 방출되는 것으로 나타났다. 80°C에서의 방출량은 72시간까지 약 50% 방출되면서 계속 증가하고 있는 것으로 보아 이후에도 심물질 방출은 계속될 것으로 예상된다. 120°C에서의 방출량은 초기에 약 30% 정도로 급격하게 증가하여 72시간까지 58% 정도의 방출량을 나타내었다.

이상의 결과를 통해, 제조된 마이크로캡슐은 상온에서 약 1% 내외의 방출량을 나타내는 것으로 보아, 상온에서 사용하거나 보존시에 방출이 거의 일어나지 않을 것으로 예상되고, 방출에 의한 방향효과보다는 캡슐벽의 파괴에 의하여 방향효과를 나타낼 것으로 생각된다.

3. 마이크로캡슐 처리포의 표면관찰

Fig. 6은 마이크로캡슐 처리한 면편성물을 주사전자현미경으로 관찰한 결과이다. Fig. 6에 나타난 바와 같이 섬유표면에 마이크로캡슐이 부착되어있는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 7은 마이크로캡슐 처리포의 세탁에 대한 내구성을 1, 5, 10, 20회 세탁 후 주사전자현미경으로 관찰한 것이다. Fig. 7에 나타난 바와 같이 20회 세탁까지 마이크로캡슐이 표면에 부착된 것으로 보아 우수한 내구성을 지니고 있는 것으로 생각된다.

4. 항균성

1) 계피정유의 항균성

Fig. 8은 계피정유에 대한 Hallo Test 결과이다. Fig. 8에 나타난 바와 같이 무균지대의 폭이 10mm를 보여, 저지대의 폭이 1.5~2.0mm를 weakly positive, 3.0mm를 strong positive, 4.0mm 이상을 respectable로 판단한 보고³⁾를 통해볼 때, 본 연구에 사용된 계피정유는 항균효과가 우수하다는 사실이 확인되어졌다.

2) 마이크로캡슐 처리포의 항균성

Table 2는 마이크로캡슐 처리포의 항균성 및 세

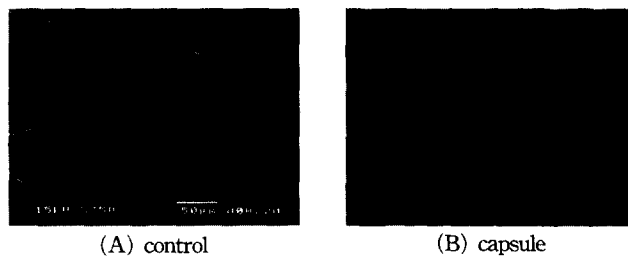


Fig. 6. SEM micrographs of cotton knit treated with capsule

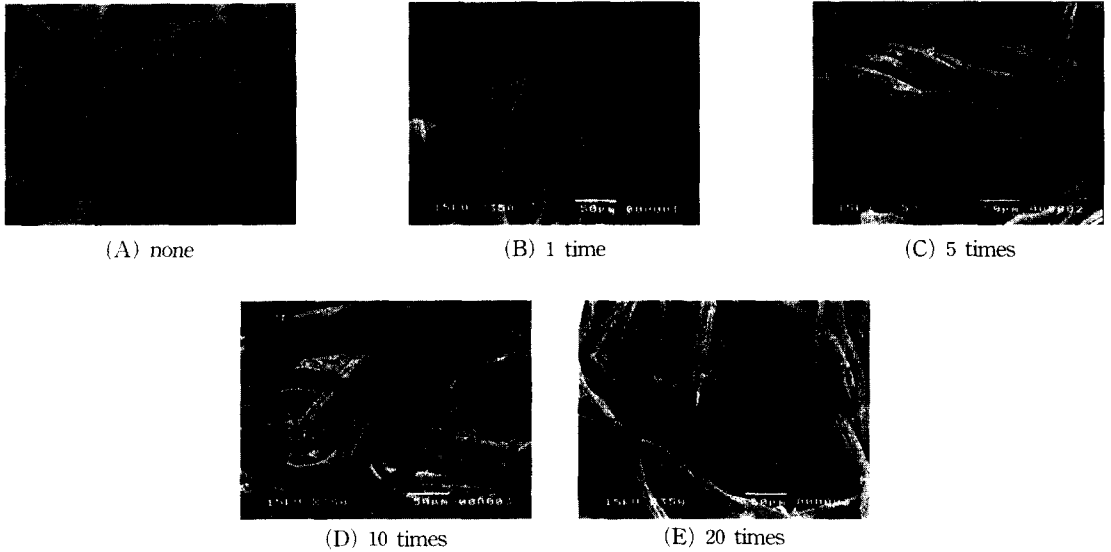


Fig. 7. SEM micrographs of cotton knit treated with capsule on the laundering cycle

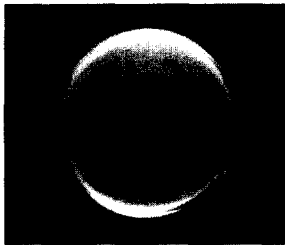


Fig. 8. Antimicrobial activity of cinnamon

Table 2. The effect of antimicrobial activity on the laundering cycle

Laundering cycle	antimicrobial activity(%)	
	Capsule	
none	94	
1	91	
5	75	
10	51	
20	32	

탁에 의한 항균성 변화를 측정한 결과이다. 일본 섬유제품위생가공 협의회는 균감소율이 26% 이상일 때 항균성이 있는 것으로 나타내고 있다.

Table 2에 나타난 바와 같이 캡슐처리포는 미처

리에 비해 94%이상의 항균성이 나타났으며, 세탁내구성이 우수하였다.

IV. 결 론

본 연구에서는 마이크로캡슐의 벽물질로 사용하기 위해 요소와 포름알데히드 prepolymer를 제조한 후, 방향물질로 계피정유를 사용하여 In-situ 중합법으로 마이크로캡슐 제조시 적정조건을 구하고, 열적특성 및 방출거동을 측정하였다. 또한 마이크로캡슐을 면편성물에 부착시 항균성, 세탁내구성에 대해 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 제조된 prepolymer는 FT-IR spectrum에서 요소와 포름알데히드의 중합체임을 확인할 수 있었다.

2. 교반속도에 따른 캡슐입자크기는 교반속도가 증가함에 따라 감소하여 5000rpm에서 크기가 작고 균일하게 형성되었으나, 6000rpm이상에서는 캡슐 생성보다 파괴가 촉진되어 캡슐의 형성이 저하되는 것으로 나타났다.

3. 분산제 농도에 따른 입자크기는 농도가 증가함에 따라 평균입자크기는 감소하나, 심물질의 양 및

경제적 효율성을 고려할 때 분산제 농도는 1%가 바람직한 것으로 나타났다.

4. 마이크로캡슐 표면형태는 교반속도 5000rpm에서 캡슐의 형태는 작고 균일하게 나타났으나 6000rpm 이상에서는 파괴되거나 뭉쳐있는 형태로 나타났다.

5. 마이크로캡슐의 열적특성은 260°C 부근에서 흡열피크가 나타났고, 중량감소가 시작되는 온도가 180°C 부근으로 열에 대한 우수한 내구성을 가지고 있는 것으로 나타났다.

6. 마이크로캡슐의 방출량은 상온에서 보존·사용시 약 1% 내외로 나타났다.

7. 캡슐처리포는 우수한 세탁내구성을 지니고 있는 것으로 나타났다.

8. 캡슐처리포의 항균성은 미처리에 비해 94%이상으로 나타났으며, 세탁횟수에 따른 항균성도 우수하였다.

참 고 문 헌

- 송화순 역, 新纖維材料入門, 178-181, 경춘사, 1996.
- 박선주·김은영·김문식·박수민, 감성 기능성가공 소재의 최근의 진보(I), 한국염색가공학회지, 7(1), 85-98, 1995.
- 菊池安行, 感性とは, SEN-I GAKKAISHI, 51(6), 223-226, 1995.
- 森典彦, 感性工學のデザインへの應用, SEN-I GAKKAISHI, 51(6), 227-232, 1995.
- 松丸武, 新時代のデザインと感性開發, SEN-I GAKKAISHI, 51(8), 321-325, 1995.
- 赤坂昌紀, 抗菌防臭アクリル纖維, SEN-I GAKKAISHI, 51(10), 419-421, 1995.
- 奥章祐, 抗菌防臭素材「バクテキラ」, SEN-I GAKKAISHI, 49(11), 405-410, 1993.
- 藤村明子, 大野静枝, 香り濃度測定装置による各種纖維の臭氣に関する一考察, 日本家政學會誌, 42(8), 723-728, 1991.
- 折居一憲, 森林浴効果のある纖維, SEN-I GAKKAISHI, 50(8), 492-495, 1994.
- 阪上末治, 人にやさしい纖維と加工, 390-440, 纖維社, 1995.
- 김문식·박수민, 감성물질의 마이크로캡슐화에 의한 감성기능섬유의 개발(Ⅲ), 한국염색가공학회지, 8(4), 11-18, 1996.
- 홍기정·박수민, 감성기능 섬유신소재의 개발(I), 한국염색가공학회지, 8(5), 76-83, 1996.
- 정규상, 계면증합을 이용한 향료의 Microencapsulation, 충북대학교 대학원, 석사학위논문, 1998.
- 김호정·박차철·김한도, 향균제 및 향료의 마이크로캡슐을 이용한 향균·방향섬유에 관한 연구(1), 한국의류학회지, 20(3), 512-518, 1996.
- 김호정·박차철·김한도, 향균제 및 향료의 마이크로캡슐을 이용한 향균·방향섬유에 관한 연구(2), 한국의류학회지, 20(5), 870-876, 1996.
- 고동준, Microcapsule을 이용한 면직물의 향균·소취 가공, 성균관대학교 대학원, 석사학위논문, 1996.
- 이성귀, 석류추출물을 함유한 Microcapsule의 제조 및 면직물의 향균·소취 가공, 성균관대학교 대학원, 석사학위논문, 1997.
- 김문식, 마이크로캡슐화에 의한 변색기능섬유의 제조에 관한 연구, 부산대학교 대학원 박사학위논문, 1998.
- 김문식·박선주·이신희·박수민, 감성물질의 마이크로캡슐화에 의한 감성기능 섬유 개발(Ⅱ), 한국염색가공학회지, 8(1), 73-82, 1996.
- 김문식·박수민, 감성물질의 마이크로캡슐화에 의한 감성기능 섬유 개발(Ⅳ), 한국염색가공학회지, 9(6), 79-86, 1997.
- 홍기정·박수민, 마이크로캡슐의 제조와 그 응용, 한국염색가공학회지, 10(2), 29-36, 1998.
- 이세희, 아로마테라피, 122-125, 홍익재, 1995.
- 北野佐久子, Encyclopedia of Herbs, 한국원예기술정보센터, 1996.
- 최석철·정진순, 봉선화 추출물의 향균성에 관한 연구(I), 한국섬유공학회지, 34(6), 393-399, 1997.