

우루시올과 카다놀을 이용한 항균성 폴리우레탄 폼의 합성에 관한 연구

강 성 구 · 조 일 성 · 김 상 범[†]

경기대학교 화학공학과

(2008년 5월 14일 접수, 2008년 6월 10일 수정 및 채택)

Preparation and Characterization of Antimicrobial Polyurethane Foam Modified by Urushiol and Cardanol

S. K. Kang, I. S. Cho, and S. B. Kim[†]

Department of Chemical Engineering, Kyonggi University, Suwon 443-760, Korea

(Received May 14, 2008, Revised & Accepted June 10, 2008)

요약 : 항균 기능이 있는 것으로 알려진 우루시올과 카다놀을 폴리우레탄 제조시 첨가하여 항균 기능을 갖는 폴리우레탄 폼을 제조하였다. 이 항균 첨가물이 MDI와 화학 반응하여 폴리우레탄 합성에 참여한다는 것을 FT-IR을 사용하여 확인하였다. 우루시올과 카다놀을 첨가하여 제조된 폴리우레탄 폼의 물성 변화는 없었으며 우루시올과 카다놀로 각각 공중합된 폴리우레탄 폼의 열적 안정성이 항균물질 미처리된 폼 보다 향상된 것을 TGA를 이용하여 확인 할 수 있었다. 또한 대장균을 균주로 이용하여 항균테스트를 실시한 결과 균 감소율이 99%까지 나타났으며 이러한 항균성이 지속적임을 알 수 있었다.

ABSTRACT : Thermal and mechanical properties of flexible polyurethane foam modified by urushiol and cardanol which have been known to be antibiotic were investigated. It was observed from FT-IR spectra analysis that the urushiol reacted with isocyanate was participated in synthesis of polyurethane. It was also seen that the modification using urushiol and cardanol made the PU more thermally stable without deterioration of mechanical properties. The modified PU foams showed increased antibacterial properties compared with neat PU foam.

Keywords : Urushiol, Cardanol, Antibacterial, Polyurethane foam

I. 서 론

폴리우레탄은 폴리올과 다가 이소시아네이트의 첨가반응으로 합성되어지는 고분자 재료로 폼, 고무, 섬유, 접착제, 도료 등 다양한 분야에서 사용되어지고 있는 고분자재료이다. 특히 폼의 소재인 연질 폴리우레탄 폼의 경우 침대시트나 가구, 자동차의 시트쿠션으로 많이 사용되고 있는데, 독특한 기

공 구조 때문에 세균의 번식이 용이하다는 단점이 있다. 여러 가지 항균물질을 폴리우레탄 폼에 단순 첨가하여 제조한 경우 폴리우레탄 폼의 기계적 물성을 저하시킬 뿐 만 아니라 시간이 경과함에 따라 항균물질이 소멸되어 그 기능이 떨어지는 것으로 나타났다.

그러므로 항균작용을 가진 기능성 폴리우레탄을 성공적으로 제조하기 위해서는 폴리우레탄 고분자 사슬 내에 항균물질이 공유결합으로 연결되어 고분자 사슬을 형성해야 영구적인 항균 기능을 발현

[†] 대표저자(e-mail : ksb@kgu.ac.kr)

할 수 있을 것이다.

옷나무는 아시아 전역의 많은 나라에서 대략 600여종이 널리 분포되어 있다. 한국, 중국, 일본 등에서 생산되는 옷나무는 *Rhus vernicifera*, 베트남, 대만에서 생산되는 옷나무는 *Rhus succedanea*, 그리고 미얀마와 태국에서 생산되는 옷나무는 *Melanorrhoea usitate*라고 대략적으로 분류할 수 있다.¹ 옷 수액은 60-65%의 urushiol 또는 cardanol, 20-25%의 water, 5-6%의 Plant gum, 2-5%의 glyco-protein, 1%의 laccase로 구성되어 있다.^{2,3} 생산지역에 따라 옷 수액 주성분의 화학 구조가 약간의 차이를 보이지만 이들 모두 공통적인 특성은 방수, 방부, 방충 효과가 뛰어난 물질로 다양한 용도에 적용되고 있다.

옷 수액의 주성분인 우루시올의 화학적 구조는 카테콜에 탄소 15개로 이루어진 사슬이 벤젠고리의 3번 위치에 치환된 구조를 갖는 물질로 꼬리에 해당하는 탄소사슬에 불포화도가 다양하게 존재하므로 이성질체들의 구조의 구성비를 Figure 1에 나타내었다.^{4,5} 반면에 옷나무과인 늘푸른작은큰키나무(*Anacardium Occidentale*)에 열리는 카슈넛트(Cashew nut) 추출물인 카다놀은 Figure 2와같이 페놀의 메타 위치에 탄소수가 15개인 곁가지를 가지고 있으며 곁가지의 각기 다른 위치에 mono-, dien-, trien-의 탄소이중결합을 가지는 복잡한 구조로 되어 있다.

이러한 옷 수액은 기원전부터 코팅 물질로서 직접 사용이 되어온 것으로 알려져 있으며 현재에도 많은 분야에 응용이 되고 있다.^{1,6} 졸-겔 공정에서 우루시올을 도입하여 유기 실리콘과 하이브리드화시켜 자외선에 강한 옷 필름을 제조하는 연구가 대표적이다.⁷⁻⁹ 최근 합성 고분자나 코팅제들이 다루기 쉽고 가격이 저렴하기 때문에 많이 사용되고 있지만 유기 용매의 사용으로 인해 환경에 해로운 영향을 미치는 문제가 제기 되어 천연 옷과 같은 수성 코팅제를 이용하여 친환경적인 코팅물질과 필름 개발이 활발히 이루어지고 있다.^{1,2,10-14} 이처럼 옷 수액 물질은 대부분 코팅관련 또는 필름관련 응용 분야에 연구가 진행되고 있고, 다른 다양한 고분자 소재로 응용되어지는 연구는 아직 미흡하며 옷 추출물의 화학적 구조에 따른 기계적 물성

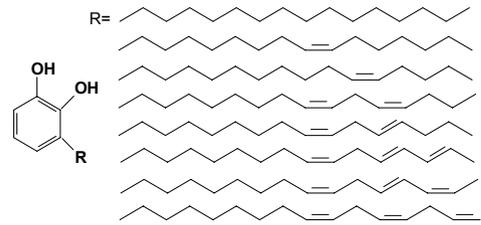


Figure 1. Chemical structure of urushiol.

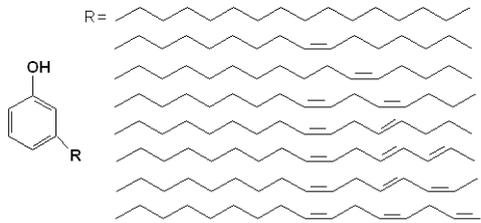


Figure 2. Chemical structure of cardanol.

변화와 항균 기능성의 차이에 대해서는 알려진 바가 적다.

본 연구에서는 영구적으로 항균성을 보유하는 폴리우레탄 발포체를 개발하기 위하여 항균 작용이 있는 것으로 알려진 우루시올과 카다놀을 옷에서 추출하여 폴리우레탄 발포 시스템에 도입하고자 하였다. 산지가 다른 옷수액을 다양한 용매를 이용하여 추출한 후 수율을 비교하고 FT-IR을 통해 화학적 구조를 확인 하였다. 카테콜 구조를 가지는 우루시올과 페놀 구조를 가지는 카다놀의 히드록시기가 이소시아네이트와 반응하여 각각 폴리우레탄 합성에 참여하여 폴리우레탄 공중합체를 이루는 반응성을 비교하였다. 또한 우루시올과 카다놀의 함량을 달리하여 폴리우레탄 발포체의 항균성, 기계적 물성 그리고 열적 안정성에 미치는 영향을 고찰하였다.

II. 실험

1. 재 료

우루시올은 *Rhus vernicifera* 옷나무(한국, 중국)에서 채취한 옷수액에서 추출하여 사용하였다. 아세트산과 옷수액을 부피비 3:1 로 혼합하여 8시간 실온

에서 방치한 후 층 분리된 상층액을 분리하였다. 분리 후 남은 우수액을 아세톤과 혼합하여 위와 동일한 방법으로 3회에 걸쳐 상층액을 분리하였다. 분리된 상층액을 감압 증류시켜 아세톤을 제거하여 우루시올을 추출하였다. 카다놀은 JSI사의 EJ-C513을 사용하였다. 이소시아네이트는 NCO 함량이 35%인 modified methylene diphenylene isocyanate (MDI)를 사용하였다. 사용된 폴리올은 3관능기의 분자량 6500인 폴리에테르 폴리올로써 산화 프로필렌과 산화에틸렌의 공중합체이다. 발포제로 사용된 물은 증류한 후 Millipore 정수장치를 통한 탈이온수를 사용하였다. 가교제는 diethanolamine(DEOA, KPC, 98.5%), 발포 촉매는 triethylenediamine (TEDA, Dabco 33LV, Air Products), 실리콘 계면활성제는 polysiloxane polyoxyalkylene copolymer(L-3002, Air Products)를 사용하였다.

2. 연질 폴리우레탄 폼 제조

2L 플라스틱 반응용기에 폴리에테르 폴리올, 물, DEOA, Dabco 33LV, L-3002 등을 넣고 적정량의 우루시올 또는 카다놀을 첨가한후 기계식 교반기를 이용하여 3000 rpm으로 20초간 혼합한 프리믹스를 25℃의 온도로 유지한다. 여기에 이소시아네이트를 첨가하여 3000 rpm으로 5초간 혼합하고 이 혼합액을 순환 항온조를 이용하여 60℃로 조절한다.

Table 1. Formulation of Flexible Polyurethane Foams
Unit (g)

Composition	A*	U-0.3**	U-0.6	C-0.6***
Polyether Polyol	100	100	100	100
Cross Linker	0.8	0.8	0.8	0.8
Gel Catalyst	0.6	0.6	0.6	0.6
Silicon Surfactant	1.0	1.0	1.0	1.0
Water	3.6	3.6	3.6	3.6
Urushiol	0	0.3	0.6	-
Cardanol	-	-	-	0.6
NCO Index	100	100	100	100

*A: reference foam,

**U-X: flexible polyurethane foam with X wt% of urushiol,

***C-X: flexible polyurethane foam with X wt% of cardanol.

400 X 400 X 100 mm의 몰드를 사용하여 발포반응을 진행하였다. 발포반응은 반응액의 혼합시점부터 5분간 진행한 후 몰드를 열고 폴리우레탄 폼을 탈형하였다. 상세한 폼 성형 배합비는 Table 1과 같다.

3. 분석

3-1 폴리우레탄 폼의 기계적 물성

제조된 폴리우레탄 폼의 기계적 물성은 Instron사의 universal testing machine (UTM) Instron 4467 모델을 사용하여 ASTM 규격에 의거하여 인장강도와 압축강도를 측정하였다. 각 측정 시편 5개의 물성을 측정 후 그 평균값을 취하였다.

3-2 폴리우레탄 폼의 유리전이온도 및 열안정성

제조된 폴리우레탄 폼의 유리전이온도(T_g)는 DSC10 (Differential Scanning Calorimeter, TA instruments)를 이용하여 측정하였다. 측정 온도 범위는 -90℃에서 0℃로 10℃/min의 승온 속도로 측정하여 제조된 폴리우레탄 폼의 열적 거동을 고찰하였다. 열안정성은 TA Instruments사의 TGA2950을 이용하여 온도는 최대 800℃까지 승온 속도는 10℃/min로 40 ml/min의 질소 상태에서 측정하였다.

3-3 폴리우레탄 폼의 항균성 및 항균 지속성

항균 테스트는 균주 Escherichia coli ATCC 25922 (대장균)를 이용하여 한국 공업 규격 KS K 0693-2001 방법으로 측정하였다. KS K 0693-2001은 대조편과 가공시료를 살균한 후 시험균액을 접종한 대조편와 가공시료가 각 3개씩 담긴 유리 용기를 37±1℃에서 18±1시간 배양하여 각 시료의 생균수를 측정하고 평균값으로 정균 감소율을 계산하는 방법이다. 항균 지속성 테스트는 항균 테스트한 폼을 장기간 방치 후 동일한 방법(KS K 0693-2001)으로 실시하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 우루시올과 카다놀의 추출 및 화학구조 분석

우 수액에서 우루시올을 추출하기 위하여 아세톤, 메탄올 그리고 에탄올을 각각 이용하여 수율을

Table 2. Extraction ratio of urushiol Unit (%)

Component	solvent		
	Acetone	Ethanol	Methanol
Korea	65	47	62
China	46	39	36

비교하였다. 각 유기 용매에 의한 우루시올 추출 수율과 옷 수액의 원산지에 따른 수율 차이를 Table 2에 나타내었다. 옷 수액의 수율은 원산지에 상관없이 아세톤을 추출 용매로 사용했을 경우가 가장 효과적인 것을 알 수 있었고, 중국산 또는 한국산 옷 수액 추출물은 FT-IR을 이용하여 분석한 결과 동일한 화학구조를 갖는 우루시올임을 Figure 3

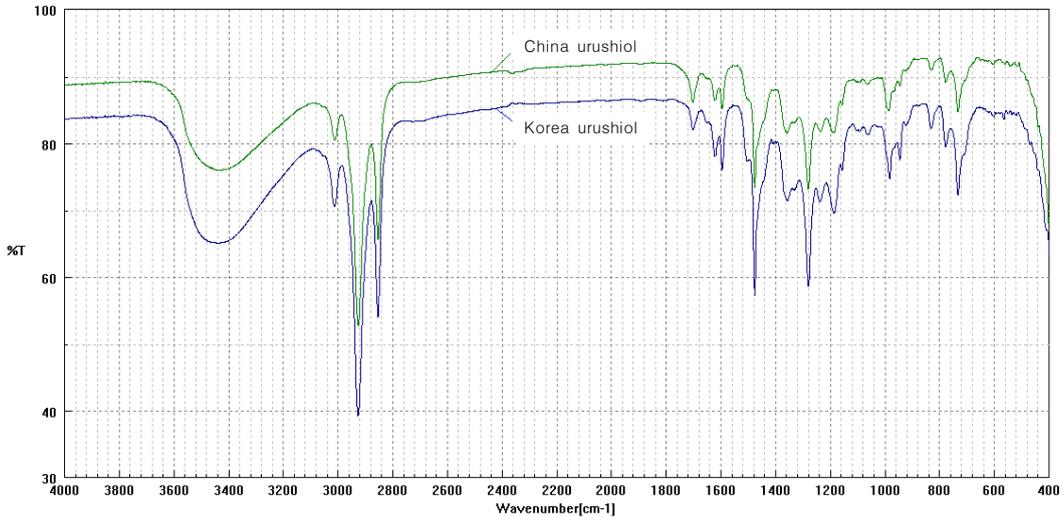


Figure 3. FT-IR spectra of Korea and China urushiol.

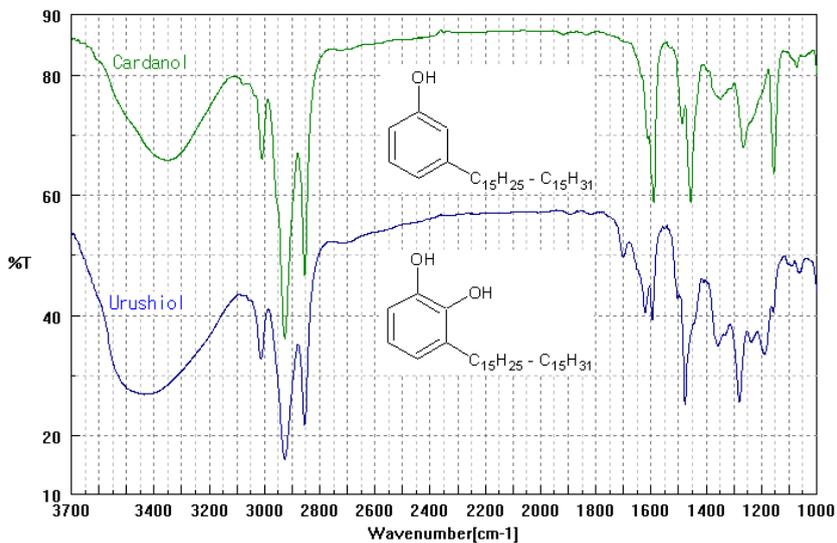


Figure 4. FT-IR Spectra of cardanol and urushiol.

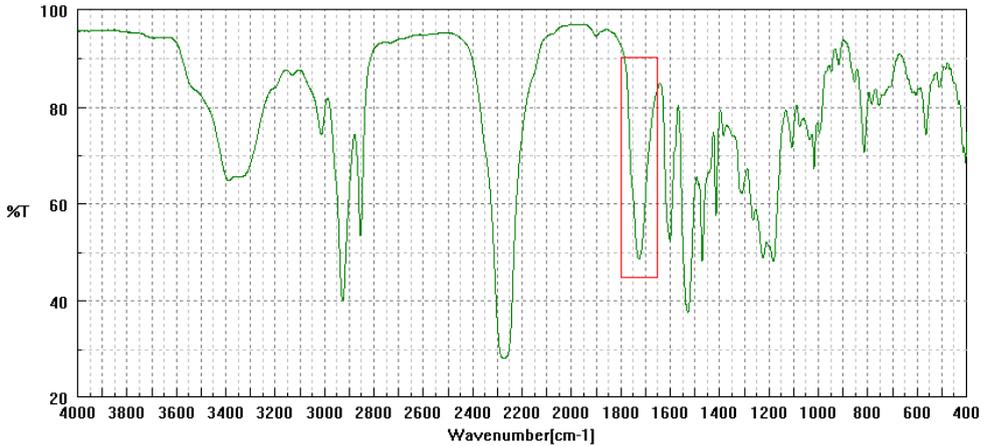


Figure 5. FT-IR spectrum of polyurethane prepared by MDI(methyl diisocyanate) and urushiol.

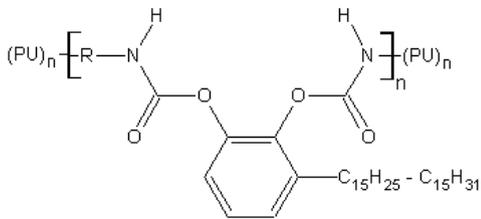


Figure 6. Proposed chemical structure of polyurethane copolymer synthesized with urushiol.

을 통해 알 수 있었다. 적외선 분광계를 이용하여 우루시올과 카다놀의 화학적 구조를 측정하여 Figure 4에 나타내었다.

2. 향균 기능성 폴리우레탄의 합성 반응

카테콜구조를 가진 우루시올이 이소시아네이트와 반응하여 우레탄 작용기를 형성하는지를 알아보기 위해서 우루시올과 MDI를 무게비 1:1로 반응시킨 후의 FT-IR을 측정하였다. Figure 5에서 보는

바와 같이 두 물질을 혼합한 후 우레탄(-NH-CO-)의 신축진동 피크 (1650-1720 cm^{-1})가 나타나는 것으로 우루시올이 우레탄 합성반응에 참여하는 것을 확인 할 수 있었다. 폴리올과 같이 다관능기를 가지는 우루시올은 이소시아네이트와 반응하여 Figure 6에서 제시한 구조식의 폴리우레탄을 형성한다. 즉, 이소시아네이트의 작용기(-N=C=O)와 우루시올의 히드록시기(-OH)가 반응하여 연결 폴리우레탄 폼 내에 공중합체의 형태로 향균 기능성 우루시올이 존재하게 된다. 또한 카다놀은 Figure 7에서 보는바와 같이 히드록시기(-OH)를 분자당 한 개 가지기 때문에 반응에 참여한 카다놀은 연결 폴리우레탄 사슬의 말단기를 형성한다. 우루시올과 카다놀은 연결 폴리우레탄 폼에 첨가되어 각각 고분자 사슬 내에 공유 결합 형태로 존재하게 된다. 그러나 카다놀은 작용기가 하나이므로 폴리우레탄 사슬의 성장을 방해하는 요인이 될 수 있어서 과량 첨가하면 물성이 크게 저하될 것으로 예측된다.

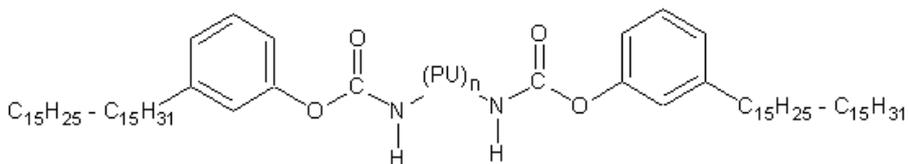


Figure 7. Proposed chemical structure of polyurethane copolymer synthesized with cardanol.

3. 우루시올 첨가에 따른 PU 중합속도의 변화

크림타임(CT)는 발포 조성물들의 혼합시작부터 이틀 반응 혼합물의 부피와 점도의 변화가 시각적으로 관찰되는 시점까지의 시간간격을 나타내며, 라이징 타임(RT)는 발포 조성물의 혼합부터 발포체가 부풀어 오르는 현상이 끝나는 시점까지의 시간을 뜻하는데 이는 우레탄과 우레아 작용기가 형성된 후 주사슬 간에 allophanate나 biuret과 같은 가교 결합을 형성하는 시기를 의미하기도 한다. Table 3에 나타난 것처럼 우루시올의 첨가량은 CT에 거의 영향을 미치지 못하였다. 반면에 RT는 우루시올을 0.6 wt% 첨가한 연질 폴리우레탄 폼에서 우루시올을 첨가하지 않은 연질 폴리우레탄 폼과 비교하여 우루시올의 첨가량이 적음에도 불구하고 반응시간이 4%정도 증가하였다. 우루시올이 첨가된 폴리우레탄 폼의 경우 우루시올을 첨가하지 않은 폼에 비하여 RT가 증가한 것은 우루시올 첨가에 따라 반응성 즉 경화 반응의 속도가 느려지기 때문이다. 이는 우루시올의 방향족 구조 및 긴 알킬사슬을 결가지로 가지고 있는 분자 구조적 특성

Table 3. Mechanical properties of flexible polyurethane foams

Component	A*	U-0.3**	U-0.6	C-0.6***
Cream Time / Rising Time (sec)	8/95	8/98	8/99	8/91
Core Density (kg/m ³)	47.1	47.9	49.8	47.9
25% ILD ^a (kg/cm ²)	25	25.1	26	25.3
Ball Rebound(%)	66	66	66	66
Tensile Strength (kg/cm ²)	1.78	1.73	1.81	1.69
Compression Set (%) ^b	9.5	8.9	10.0	-
Curing	Good	Good	Good	Good

^a Indentation load deflection. ^b 70°C, 22 hours, 50% deflection

*A: A is neat PU foam,

**U-X: U-X is flexible polyurethane foam with X wt% of urushiol,

***C-X: C-X is flexible polyurethane foam with X wt% of cardanol.

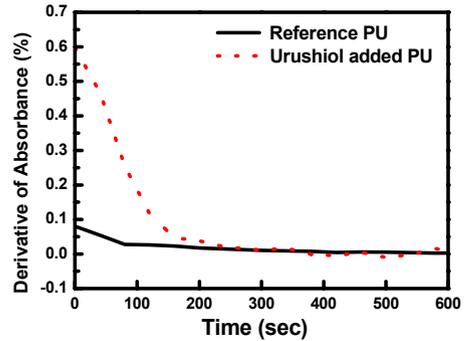


Figure 8. Variation of absorbance derivatives (1720 cm⁻¹ peak; urethane) for reference PU and urushiol added PU with time.

에서 기인되는 점도상승으로 인해 주사슬 간의 경화 반응을 지연시킨 것으로 보인다. 우루시올의 첨가에 의해 폴리우레탄 합성 반응 속도가 느려지는 것을 확인하기 위해 적외선 분광계를 이용하여 폴리올, 이소시아네이트를 반응시켜 시간에 따른 우레탄 피크의 변화를 측정하였다. 5%의 우루시올을 첨가한 폴리우레탄과 우루시올을 첨가하지 않은 폴리우레탄의 적외선 스펙트럼을 측정 후 우레탄 피크(1720 cm⁻¹)의 변화를 미분하여 Figure 8에 나타내었다. Figure 8을 보면 우루시올을 첨가한 폴리우레탄의 미분 곡선이 250초까지 변화를 나타내는 것을 볼 수 있는데 이는 우루시올을 첨가하지 않은 폴리우레탄의 우레탄 생성시간이 70초 정도인 것과 비교할 때 우레탄의 형성시간이 지연된다는 것을 보여준다.

4. 우루시올이 폴리우레탄 폼의 기계적 물성에 미치는 영향

Table 3에서는 우루시올을 첨가한 연질 폴리우레탄폼과 미첨가한 폴리우레탄 폼의 기계적 물성을 비교하였다. 측정된 물성은 폼 중심 부위의 밀도(Core Density), 폼이 하중에 견디는 능력에 대한 지표(25% ILD), 폼의 반발 탄력에 대한 정도를 측정(Ball rebound), 폼이 인장변형력에 견디는 능력(Tensile Strength), 폼의 내구성 측정(Compression Set), 경화 상태(Curing)에 대한 결과이다.

우루시올을 첨가하지 않은 순수 폴리우레탄과

우루시올을 0.3 wt% 또는 0.6 wt% 첨가하여 제조한 연질 폴리우레탄 폼의 인장강도(Tensile Strength), 압축변형(Compression set)등을 비교하였다. Table 3에서 보는바와 같이 연질 폴리우레탄 폼 제조시 소량의 우루시올의 첨가는 물성에 변화를 주지 않는다는 것을 알 수 있다.

5. 우루시올의 첨가에 따른 폴리우레탄의 열적 거동 변화

5-1 개질 폴리우레탄 폼의 Tg

우루시올과 카다놀을 각각 0.3 wt%, 0.6 wt%, 2.0 wt%씩 첨가하여 합성한 연질 폴리우레탄 폼의 Tg 측정 결과를 Table 4에 나타내었다. 기존의 폴리올에 극소량의 우루시올과 카다놀이 첨가되었기 때문에 폴리우레탄 폼의 Tg에 큰 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있다. 우루시올이나 카다놀의 첨가량이 증가함에 따라 유리전이 온도가 약간 감소하는 것을 볼 수 있는데 이것은 비대칭적인 화학구조를 가진 이들 첨가물이 고분자 사슬 내에 공중합체의 형태로 포함되어짐으로 고분자 사슬의 유동성을 증가시키는 것으로 사료된다. DSC를 이용하여 측정한 우루시올과 카다놀을 첨가한 연질

Table 4. Tg of Flexible Polyurethane Foams

Component (wt%)	Unit (°C)			
	0	0.3	0.6	2.0
Urushiol	-61	-61	-61	-62
Cardanol	-61	-61	-62	-63

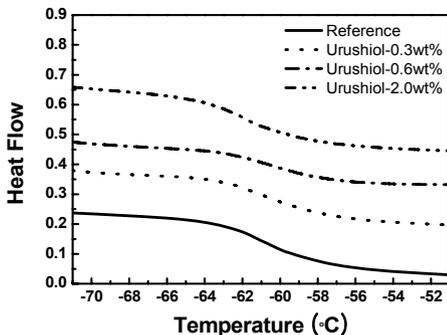


Figure 9. Tg of Urushiol added PUF.

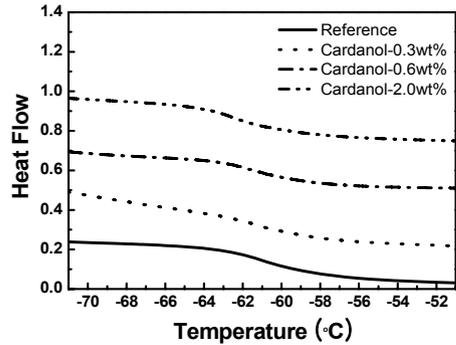


Figure 10. Tg of Cardanol added PUF.

폴리우레탄 폼의 Tg 결과를 Figure 9, 10에 나타내었다.

5-2 개질 폴리우레탄 폼의 열적 안정성

우루시올과 카다놀을 첨가한 연질 폴리우레탄 폼과 첨가하지 않은 폼의 TGA를 측정하여 Figure 11에 나타내었다. 우루시올과 카다놀을 넣지 않은 순수 연질 폴리우레탄 폼의 열분석그래프를 보면 250°C 부근에서 급격하게 일차 질량 손실(1st weight loss, %)이 발생하는 것을 볼 수 있다. 우루시올이나 카다놀을 첨가하여 제조한 연질 폴리우레탄 폼은 일차 질량 손실 온도가 첨가물을 넣지 않은 순수 연질 폴리우레탄 폼보다 1~2°C 가량 높아진 것을 볼 수 있다. 2차 질량 손실이 일어나는 380~390°C 근처에서는 첨가물을 넣지 않은 순수 폴리우레탄 보다 우루시올과 카다놀이 첨가된 개질 폴리우레탄 폼의 경우 2~3°C 이상 더 높은 온도에서

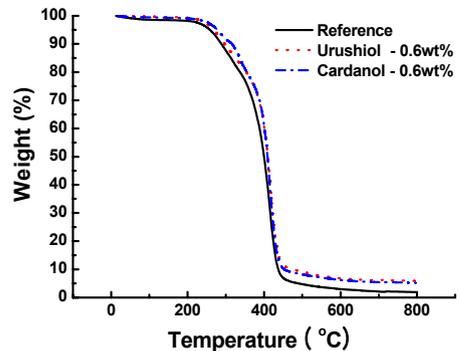


Figure 11. Thermograms of PUF obtained by TGA.

분해가 일어나는 것을 볼 수 있다. 이는 우루시올과 카다놀이 연결 폴리우레탄 폼에 첨가되었을 때 열적 안정성이 향상되어진 것을 의미한다. 우루시올과 카다놀은 열에 안정한 페닐 구조를 가질 뿐만 아니라 겔까지 사슬에 존재하는 탄소와 탄소의 이중 결합 즉 불포화도에 의한 가교결합이 형성되어 열적 안정성이 높아진 것으로 볼 수 있다.

6. 개질 폴리우레탄 폼의 항균성 및 항균 지속성

우루시올과 카다놀을 첨가한 연결 폴리우레탄 폼의 대장균에 대한 항균시험(*Escherichia coli* ATCC 25922)을 실시하였다. Table 5에서 보는 바와 같이 우루시올이 포함되지 않은 폼과 우루시올이 0.3wt%, 0.6wt% 그리고 카다놀이 0.6wt% 첨가된 폼의 항균성능은 각각 0%, 13%, 26%, 99%로 우루시올과 카다놀을 첨가할 경우 항균 성능이 증가함을 볼 수 있다. 특히 카다놀을 첨가한 연결 폴리우레탄 폼의 균 감소율은 99%로 대장균의 대부분이

감소되는 것을 볼 수 있었다. 우루시올에 비하여 카다놀이 첨가된 폴리우레탄 폼의 항균기능성이 더 높은 것은 우레탄 반응에 참여하는 히드록시 작용기(-OH)가 우루시올에서는 분자 당 두 개 존재하는 반면에 카다놀은 한 개 존재하므로 반응 참여율이 우루시올보다 낮아 미반응 상태로 폴리우레탄 사슬 내에 존재하여 일시적인 항균기능성이 더 높은 것으로 사료된다.

항균기능성 고분자 소재의 개발에서 가장 중요한 항균 기능성 유지에 대한 시험을 하기 위하여 우루시올과 카다놀을 각각 0.6 wt% 첨가한 연결 폴리우레탄 폼의 항균지속성 테스트를 진행하였다. Table 5에서 사용한 연결 폴리우레탄 폼을 장기간 같은 장소에 방치한 후 항균 테스트를 실시한 결과를 Table 6에 나타냈다.

우루시올이 0.6 wt% 첨가된 폴리우레탄 폼의 대장균에 대한 균감소율이 다소 줄어들었지만, 항균능이 유지되어지는 것을 확인 할 수 있다. 균의 대부분을 감소 시켰던 카다놀을 첨가한 폴리우레탄 폼의 항균 기능도 90%이상 유지됨을 볼 수 있다.

Table 5. Antibacterial Test of Modified Flexible Polyurethane Foams

Component	A*	U-0.3**	U-0.6	C-0.6***
균 ^a 감소율(%)	0	13	26	99

^a *Escherichia coli* ATCC 25922 - KS K 0693-2001
 *A: neat polyurethane foam,
 **U-X: flexible polyurethane foam with X wt% of urushiol,
 ***C-X: flexible polyurethane foam with X wt% of cardanol.

Table 6. Sustainability of Antibacterial effect of Flexible Polyurethane Foams

Component	Month		
	0	8	
균 ^a 감소율 (%)	A*	0	0
	U-0.6**	26	15
	C-0.6***	99	92

^a *Escherichia coli* ATCC 25922 - KS K 0693-2001
 *A: neat PU foam,
 **U-0.6: flexible polyurethane foam with 0.6 wt% of urushiol,
 ***C-0.6: flexible polyurethane foam with 0.6 wt% of cardanol.

IV. 결 론

천연 항균 기능성 물질인 우루시올과 그 유사물질인 카다놀을 폴리우레탄 폼에 적용하여 항균 폴리우레탄폼을 제조하였다. 폴리우레탄 중합과정에서 우루시올과 카다놀은 MDI와 반응하여 폴리우레탄 합성반응에 참여한다는 것을 FT-IR을 통해 확인 하였다. 0.6wt%의 우루시올과 카다놀을 첨가하여 제조한 연결 폴리우레탄 폼은 첨가하지 않은 연결 폴리우레탄 폼과 비교하여 유리전이온도(Tg)와 기계적 물성 변화가 없었으며 열적 안정성은 향상되었다. KS K 0693-2001 방법으로 *Escherichia coli* ATCC 25922 (대장균)에 대한 항균테스트를 실시한 결과 균감소율이 26%로 나타났고, 또한 9개월이 경과된 후에도 우루시올과 카다놀을 첨가하여 제조한 폴리우레탄 폼에서 15%, 92%의 균감소율을 보였다. 이는 우루시올과 카다놀을 첨가하여 공중합시켜 얻은 연결 폴리우레탄 폼이 대장균에 대한 항균 기능을 가지고 장시간동안 지속된다

는 것을 알 수 있었다.

감사의 글

이 연구는 경기대학교 대학원 연구원 장학생 장려 기금의 지원을 받아 진행되었습니다.

참고 문헌

1. J. Kumanotani, "Urushie(oriental lacquer)-a natural aesthetic durable and future-promising coating", *Progress in Organic Coatings*, **26**, 163 (1995).
2. Rong Lu, Sayoko harigaya, Takahisa Ishimura, Kiskeye Nagase, and Tetsuo Miyakoshi, "Development of fast drying lacquer based on raw lacquer sap", *Progress in Organic Coatings*, **51**, 238 (2004).
3. Yukio Kamiya and Tetsuo Miyakoshi, "Synthesis of Urushiol Components and Analysis of Urushi Sap from *Rhus vernicifera*", *J. Oleo Sci.*, **50**, 865 (2001).
4. Rong Lu, Yun-Yang Wan, Takayuki Honda, Takahisa Ishimura, Yoshimi Kamiya, and Tetsuo Miyakoshi, "Design and characterization of modified urethane lacquer coating", *Progress in Organic Coatings*, **57**, 215 (2006).
5. Otto Vogl, "Oriental Lacquer, Poison Ivy, and Drying Oils", *Journal of Polymer Science: Part A: Polymer Chemistry*, **38**, 4327 (2000).
6. Takahisa Ishimura, Rong Lu, and Tetsuo Miyakoshi, "Studies on the reaction mechanism between urushiol and organic silane", *Progress in Organic Coatings*, **55**, 66 (2006).
7. C. S. Yang, J. S. Kim, D. J. Suh, M. H. Kwon, J. G. Choi, and G. T. Kim, "Rhenology of Natural Lacquer(Urushiol)", *Applied Chemistry*, **4**, 284 (2000).
8. I. S. Hong, H. C. Lee, C. W. Lim, K. M. Jang, H. J. Kim, and S. I. Hong, "Preparation of hybrid thin film using TEOS/GLYMO/urushiol by sol-ggel process", *Theories and Applications of Chem. Eng.*, **8**, 5306 (2002).
9. Rong Lu, Mitsunori Ono, Shuichi Suzuki, and Tetsuo Miyakoshi, "Studies on a newly designed natural lacquer", *Materials Chemistry and Physics*, **100**, 158 (2006).
10. Takashi Tsujimoto, Ryohei Ikeda, Hiroshi Uyama, and Shiro Kobayashi, "Crosslinkable Polyphenols from Urushiol Analogues", *Macromol. Chem. Phys.*, **202**, 3420 (2001).
11. J. W. Hong, M. Y. Park, H. K. Kim, and J. O. Choi, "UV-Degradation Chemistry of Oriental Lacquer Coating Containing Hindered Amine Light Stabilizer", *Bull. Korean Chem. Soc.*, **21**, 61 (2000).
12. Ju Kumanotani, "Enzyme catalyzed durable andauthentic oriental lacquer:a natural microgel-printable coating by polysaccharide-glycoprotein-phenolic lipid complexes", *Progress in Organic Coatings*, **34**, 135 (1998).
13. Rong Lu, Yukio Kamiya, and Tetsuo Miyakoshi, "Applied analysis of lacquer films based on pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry", *Talanta*, **70**, 370 (2006).
14. Noriyasu Niimura and Tetsuo Miyakoshi, "Structural study of oriental lacquer films during the hardening process", *Talanta*, **70**, 146 (2006).
15. C. H. Hong, H. S. Kim, H. H. Park, Y. H. Kim, S. B. Kim, and T. W. Hwang, "Development of Antimicrobial Polyurethane Foam for Automotive Seat Modified by Urushiol", *Polymer(Korea)*, **30**, 402 (2006).