

## PH8                    모델 시스템을 이용한 생분해성 고분자의 분해거동 연구

이원기\*, 전상익, 이진국<sup>1</sup>

부경대학교 화학공학부, <sup>1</sup>부산대학교 화학공학부

### 1. 서론

최근 들어 고분자 폐기물의 장기간 미분해로 야기되는 지구환경 오염방지와 수술용 봉합사, 방출 조절용 의약 등의 생체 적합성 재료로서 생분해성 고분자에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 생분해성 고분자의 분해는 주로 물이나 토양 속의 미생물에 의해 가수분해 될 수 있는 주쇄 결합에서 일어나며 분해가 진행됨에 따라 분자량을 감소시키고 최종적으로 단량체로 재생되거나 물과 이산화탄소로 분해되어 환경 친화적 재활용이 가능하다.(Scott and Gilead, 1995) 가수분해성 주쇄로는 amide, ester, urea, urethane 등이 잘 알려져 있다. 생분해성 고분자의 분해거동은 상업적 응용에 있어서 가장 중요한 요인 중의 하나로서 많은 연구 들이 진행되어 오고 있으나 일반적으로 분해시간에 따른 무게 감소로부터 결정되어 진다. 본 연구에서는 생분해성 고분자의 분해 메커니즘 및 분해거동을 모델시스템으로 단결정과 단분자막을 이용하여 연구하였다.

### 2. 재료 및 실험방법

미생물 합성 poly[(R)-3-hydroxybutyrate] (P3(HB)) (Mn= 380000, Mw/Mn = 2.1)는 ICI사로부터 구입하여 클로로포름에 용해한 후 노르말 헥산에 침전하여 정제하였으며 낮은 분자량의 P3(HB) (Mw=47000, Mw/Mn=1.6)는 의의 시료를 클로로포름용매에 1N의 KOH와 18-crown-6 ether 첨가하여 염기성 가수분해를 통하여 얻어졌다. 저분자량의 P3(HB)의 단결정은 희박 octanol 용액 (0.5 wt%)으로부터 제조 되었다. 단분자막의 특성은 20 °C에서 KSV 2200 film balance (면적: 15 \* 45 cm<sup>2</sup>)를 이용하여 측정하였다. 단분자막 압축속도는 30cm<sup>2</sup>/min였고 subphase는 2차 증류된 초순수 (Millipore Mega-Pure system)를 사용하였다. 분산용매로는 클로로포름을 사용하였으며 고분자용액의 농도는 2 mmol/mL였다. 알칼리 및 효소분해실험은 각각 NaOH와 *Alcaligenes faecalis* T1으로부터 정제된 PHB depolymerase를 이용하여 행하였다.

### 3. 결 론

본 연구에서는 실리콘 웨이퍼상에 단결정을 부착한 후 효소분해거동을 측정하였다. *Alcaligenes faecalis* T1으로부터 정제된 PHB depolymerase에서 1시간 분해 후의 모폴로지 결과로부터 분해 초기에는 단결정의 장축 방향에 대하여 수직 방향인 단축방향으로 분해가 일어나며 분해시간이 증가함으로 초기 분해에 의해 절단된 면에서 장축 방향으로 진행함을 알 수 있다. 이러한 경향은 단결정의 단축 방향으로 chain folding의 비규칙

성이 존재함을 의미하며 단결정의 결정화도가 100%가 아닌 결과와도 부합되었다.(Iwata and Doi, 1998)

한편, Langmuir 단분자막 기법은 공기/물 계면에서 분자단위로 분자의 배향 및 분자 간의 작용력을 측정할 수 있는 아주 유용한 수단이다.(Lee and Gardella, 2000) 안정한 단분자막을 형성하기 위해서는 일반적으로 물에 대한 불용성 (소수성)과 분산 안정성을 위한 친수성기를 포함하여야 한다. 분해매체에 대한 특성을 연구하기 위하여 분해효소에 대한 P(3HB)단분자막의 가수분해 속도를 측정하기 위하여 50mM Tris HCl buffer (pH 7.5)에 PHB depolymerase를 첨가한 용액을 subphase로 사용하여 측정하였다. 다양한 표면압력 하에서 PHB depolymerase를 포함하는 subphase상에 전개된 P(3HB)단분자막들의 시간에 따른 면적변화 ( $A/A_0$ )를 측정 하였다. 낮은 표면 압력 (4, 7 mN/m)에서는  $A/A_0$ 의 값이 시간 변화에 따라 1보다 크거나 거의 1의 값을 보였다. 이러한 경향은 분해가 일어나지 않고 단분자막 사이에 다른 물질이 존재함을 의미한다. 즉, subphase에 존재하는 PHB depolymerase가 낮은 표면 압력 하(4 mN/m)에서는 사슬간의 낮은 압력으로 일부 표면에 존재하고 표면압력이 증가하면 사슬간의 압력으로 subphase 속으로 들어가는 것으로 설명할 수 있다.

#### 4. 요약

생분해성 고분자 재료들은 지구환경 보호측면에서 다양한 분야, 즉, 1회용 재료, 농업용 필름 및 생체적합성 재료(약물 방출, 봉합사) 등에서 실용화되거나 활발한 연구가 진행되고 있다. 이들 재료의 상업적응용은 물성, 분해능, 제조가격, 대량생산 등에 의해 좌우 될 수 있다. 이들 중 특히, 분해 메커니즘의 규명은 본질적인 응용에서 가장 중요한 위치를 차지하고 있다. 분해 속도의 규명 및 조절은 제품의 수명을 제어할 수 있고 응용 분야를 넓힐 수 있다. 본 연구에서는 분해매체에 따른 생분해성 고분자의 분해 메커니즘 및 속도를 단결정과 단분자막 기법을 이용하여 연구하였다. 결정성영역에서는 분해매체의 크기가 작은 알칼리 이온에 의해 표면 및 측면 분해가 일어나고 크기가 큰 효소는 비규칙성을 가진 영역에서 선호적 분해가 일어남을 두 모델 시스템으로부터 확인하였다.

#### 참 고 문 헌

- Scott, G and D. Gilead, 1995, *Degradable polymers*, Chapman & Hill, London, pp. 43-76.
- Iwata T. and Y. Doi, 1998, Morphology and enzymatic degradation of poly(l-lactic acid) single crystals, *Macromolecules*, 31, 2461-2467.
- Lee W.K. and J.A. Gardella, Jr., 2000, Hydrolytic kinetics of biodegradable polyester monolayers, *Langmuir*, 16, pp. 3401-3406.