

## 제사속도와 열처리에 따른 polylactic acid 섬유의 물성 및 생분해성 변화

박정희 · 홍은영<sup>\*†</sup>

서울대학교 생활과학대학 의류학과, 지능형 텍스타일 시스템 연구센터

\*서울대학교 생활과학대학 의류학과

### Effects of Spinning Speed and Heat Treatment on the Mechanical Property and Biodegradability of Polylactic Acid Fibers

Chung Hee Park · Eun Young Hong<sup>\*†</sup>

Dept. of Clothing & Textiles, Seoul National University, and Intelligent Textile System Research Center

\*Dept. of Clothing & Textiles, Seoul National University

(2005. 7. 20. 접수)

#### Abstract

This study was carried out to suggest the optimal spinning process condition which provides a proper range of tenacity and biodegradability as textile fibers. The effects of the melt spinning speed and heat treatment on the mechanical property and biodegradability of polylactic acid fiber were investigated. Polylactic acid(PLA) was spun in a high spinning speed of 2000~4000m/min. Each specimen was heat-treated at 100°C during 30min. Mechanical properties such as breaking stress and the degree of crystallinity were evaluated using WAXS. Biodegradability was estimated from the decrease of breaking stress, weight loss, and the degree of crystallinity after soil burial. Experimental results revealed that heat treated specimens showed higher breaking stress than untreated specimens, but the increase was not so high as was expected from the remarkable change of crystallinity by heat treatment. It was concluded that breaking stress was more influenced by spinning speed than heat treatment. In the soil burial test, however biodegradability calculated from weight loss was more influenced by heat treatment than spinning speed.

**Key words:** Polylactic acid, Biodegradability, Spinning speed, Heat treatment, Soil burial; 폴리락틱산,  
생분해성, 제사속도, 열처리, 토양매립

#### I. 서 론

Polylactic acid(PLA)는 대표적인 생분해성, 생체흡수성 고분자로서 환경 보존과 의공학적 응용의 관점에서 연구되어왔다. 특히 최종적으로 이산화탄소와

물로 분해되어 인체에 무해하며 다른 생분해성 고분자에 비해 성형성, 내열성 등이 우수하여 부러진 뼈의 접합재료, 약물조절 방출재료, 흡수성 봉합사 등과 같은 의료용 소재로 소량 이용되었다(이찬우 외, 2002; 지동선, 윤철수, 1999; Gonzalez et al., 1999; Hideto, 1995). PLA를 종합하기 위해서는 많은 비용이 들기 때문에 범용 소재에는 사용이 제한되었으나, 최근 옥수수 등의 전분에서 얻어지는 젖산을 원료로 하여 제조가 가능해짐에 따라 PLA의 대량생산이 가능하게 되었다. 이에 따라 생체 재료와 같은 기능성 분야 뿐

<sup>\*</sup>Corresponding author

E-mail: bellele@hotmail.com

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구센터육성 사업의 지원으로 수행되었음(R11-2005-065).

만 아니라 범용성 플라스틱으로서도 사용이 가능해졌으며, 의류용 섬유로도 개발되어 시판되고 있다. PLA의 원료인 젖산은 광학활성을 가진 탄소를 가지고 있어 L체와 D체의 광학이성질체가 존재하며, 이를 사용하여 합성되는 PLA는 L형, D형, DL형의 3종류로 구분된다. 세 종류의 PLA 모두 생체흡수성 및 생체적합성을 가지고 있으나 각각의 물성은 조금씩 다르다. 이 중 강도와 분해속도를 고려하여 의류용 소재로 사용되는 섬유는 L체가 주류를 이루는 PLLA가 사용되고 있다. 현재 개발 시판되고 있는 PLA 섬유의 특성은 회사마다 다소 차이를 보이고 있으나, 범용 polyester, nylon 섬유의 물성과 비교했을 때 용점을 제외하고는 실용섬유와 매우 흡사한 물성을 갖고 있는 것으로 보고되고 있다(박중휘, 남영식, 2002).

고분자의 생분해성에 영향을 미칠 것으로 예상되는 요인으로는 섬유의 결정화도와 배향도, 분자의 중합도, 작용기, 섬유의 친수성과 소수성 정도 등이 있다. 또한 섬유의 분해가 일어나는 환경조건에 따라서도 생분해성이 달라지므로 매립토양의 상태, 분해에 관여한 미생물의 종류 및 상태 등이 섬유의 생분해성에 영향을 미치는 것으로 보고 있다. 선행연구들에 의하면 대부분의 고분자는 분자량과 결정화도, 배향도, 중합도가 낮을수록, 그리고 친수성이 높을수록 생분해가 잘 일어나는 것으로 알려져 있다(류강은, 김영백, 1998; 박영환, 1991; 유의상, 임승순, 1999). PLA 섬유는 고분자를 방사한 것으로 제사속도, 열처리 유무, 열처리 온도, 연신비, 후처리 공정 등 방사 조건에 따라 물성이 달라진다. 방사 조건에 따른 섬유의 물성에 관한 선행연구들에 의하면, 대부분의 섬유는 제사속도, 연신비, 열처리 온도가 높을수록 결정화도가 높게 나타난다(Cicero et al., 2002; Postema et al., 1990; Schmack et al., 2001).

PLA의 물성과 분해거동에 관한 연구(Paul et al., 2005)는 다소 있으나 의류 제품으로서의 물성과 분해거동에 관한 연구는 아직 미흡한 실정이며, PLA 섬유의 분해는 실험실적인 환경에서 이루어진 것이 대부분이어서 물성에 따른 생분해성을 평가하는 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한 일반 합성섬유에 비해 공정상의 변인에 따른 물성 변화 연구가 부족하며, 생분해성과의 상호 영향을 살펴 연구가 부족하다. 따라서 본 연구 논문에서는 제사속도와 열처리를 변인으로 하여, 이들이 PLA 섬유의 물성 및 생분해성에 미치는 영향을 알아보고자 한다. 물성 평가를 위

해서는 인장강도와 결정화도를 측정하였으며, 생분해성을 평가하기 위해서는 토양매립한 후의 인장강도 변화, 무게감소율, 결정화도 변화를 측정하였다. 본 연구는 의류용 섬유로서 요구되는 물성을 만족시키는 동시에 생분해성을 높일 수 있는 방법을 찾기 위한 기초 연구자료가 될 것으로 기대한다.

## II. 실험

### 1. 시료 및 시약

#### 1) 시료

PLA 섬유는 H사로부터 제공받아 사용하였다. 제사속도는 2000m/min에서 4000m/min까지 달리하였으며, 제사속도와 열처리의 효과를 함께 보기 위해 열처리를 한 시료와 하지 않은 시료로 나누었다.

각 시료의 특징은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristics of specimens

	Spinning Speed (m/min)	Heat Treatment	Yarn Number (Denier)
S2000	2000	-	111.5
S2500	2500	-	111.1
S3000	3000	-	112.0
S3500	3500	-	112.1
S4000	4000	-	111.7
H2000	2000	O	111.5
H2500	2500	O	111.1
H3000	3000	O	112.0
H3500	3500	O	112.1
H4000	4000	O	111.7

\*- : 열처리 하지 않은 시료

#### 2) 시약

Tris(hydroxymethyl)aminomethane : (Lancaster)  
Hydrochloric Acid (HCl) : 일급(약리순약주식회사)  
Sodium azide(N3Na) : (순정화학주식회사)

기타 시약은 모두 일급 이상을 사용하였다.

### 2. 실험방법

#### 1) 열처리

폭 49cm의 틀에 시료를 감아 길이를 일정하게 유지시켰으며, 이때 실은 틀에 걸린 상태에서 평행이

유지될 정도의 장력을 주었다. 100°C 오븐에 30분 동안 넣어두었으며, 열처리 후 상온(20~25°C)에 방치하여 냉각시켰다.

## 2) 생분해성 평가-토양매립법(soil burial test)

AATCC Technical Method 30-1993에 제시된 실험 방법을 참고하였다. 자연토양이 담긴 상자에 시료를 묻고, 분해하는 동안 24시간 간격으로 350ml의 수분을 공급하였다. 일정 기간이 지난 시료는 꺼내어 종류수로 가볍게 세척한 후 자연건조하였으며, 20±2°C, 65±2% R.H.의 항온항습기에서 48시간 이상 보관하여 컨디셔닝하였다. 토양매립에 의한 생분해도를 측정하기 위해 인장강도와 무게감소율을 측정하였다.

### (1) 인장강도 측정

컨디셔닝된 시료는 Instron(Universal Testing Instrument, Table Model 1130)을 사용하여 crosshead speed 10cm/min, 하중 500g인 조건 하에서 각 시료의 인장강도를 측정하였다. 인장강도 소실율에 의한 분해도는 다음의 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{Biodegradability}(\%) = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100$$

$S_0$ : tensile strength of specimen before soil burial

$S$  : tensile strength of specimen after soil burial

### (2) 무게감소율 측정

컨디셔닝된 시료의 무게 감소를 측정하였으며, 무게 감소에 의한 분해도는 다음의 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{Weight loss}(\%) = \frac{A - R_S}{A} \times 100$$

$A$  : weight of specimen before soil burial

$R_S$ : weight of specimen after soil burial

### 3) 내부구조 관찰

생분해 전후 시료의 내부 구조의 변화를 알아보기 위해 X-ray Diffractometer (M18XHF-SPA, Mac Science Co. Japan)를 사용하여 40kw, 200mA, 8kw<sup>2</sup>: 10-30°, scanning speed 5°/min의 처리조건에서 X-ray

회절 패턴을 얻어내었다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. Polylactic acid 섬유의 물성

제사속도와 열처리에 따른 PLA 섬유의 물성을 관찰하기 위하여 각 시료의 인장강도와 결정화도를 측정하였다. 이를 통하여 제사속도와 열처리가 PLA 섬유의 물성에 각각 어떠한 영향을 미치는지 관찰하였으며, 결과적으로 PLA 섬유의 적합한 물성을 유지하기 위해 요구되는 방사조건을 구하고자 하였다.

#### I) 제사속도의 영향

<Fig. 1>은 제사속도 증가에 따른 인장강도의 증가율을 나타낸 그래프이다. 제사속도가 증가함에 따라 인장강도가 증가하였으며, 제사속도가 2000m/min에서 4000m/min으로 증가한 경우 인장강도는 약 51% 증가한 것으로 나타났다. 이는 방사 시 섬유에 작용하는 전단응력의 차이로 볼 수 있다. 즉 제사속도가 빨라짐에 따라 전단응력이 증가하여 섬유의 배향성이 높아지게 되고, 결과적으로 인장강도가 증가한 것으로 보인다(한국섬유공학회, 2001).

<Table 2>는 X-ray 회절패턴으로부터 결정화도를 계산한 값이다. 제사속도가 3500m/min 이상에서 결정이 처음으로 관찰되기 시작하였으며, 4000m/min에서 약 25%의 결정화도를 보였다. Schmack et al.(2001)의 연구결과에 따르면 PLA의 비결정영역의 배향성은 제사속도가 증가함에 따라 지속적으로 증가하다

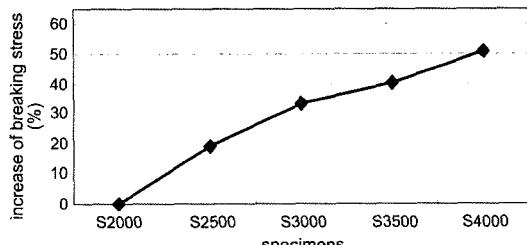


Fig. 1. Increase of breaking stress

Table 2. Crystallinity of specimens

	S2000	S2500	S3000	S3500	S4000	H2000	H4000
Crystallinity(%)	*	*	*	8.09	25.36	66.81	69.19

S : untreated fiber, H : heat treated fiber, \* : 결정영역이 나타나지 않았음.

가 일정한 제사속도에서 가장 크게 나타났으며, 그 이상에서는 배향성이 감소하는 것으로 나타났다. 이와 관련하여 특정 제사속도 이상에서 나타나는 작은 결정으로 이루어진 영역들은 섬유의 고배향성으로 인해 결정을 이룬 것으로 보인다. 본 연구에서는 3500 m/min의 제사속도에서 결정이 관찰되기 시작한 것으로 미루어보아, 3500m/min을 기점으로 배향성의 발달이 결정의 발달로 이어진 것으로 생각해 볼 수 있다. 따라서 3500m/min 이하에서 제사속도 증가에 따른 인장강도 증가는 배향성의 영향을 받은 것으로 생각된다.

## 2) 열처리의 영향

<Fig. 2>는 열처리 후 각 시료의 인장강도 증가율을 나타낸 그래프이다. 열처리 후 모든 시료의 인장강도가 증가하였으며, 열처리로 인한 인장강도 증가 폭은 제사속도가 높은 시료에서 더 큰 것으로 나타났다. 인장강도 증가는 열처리에 의해 섬유 내부에 결정이 발달하였기 때문으로 생각된다.

S2000과 S4000의 열처리 전후 결정화도 변화는 <Table 2>와 같다. 열처리 시 결정화도가 급격히 증가하였으며, 제사속도가 높은 H4000에서 다소 높게 나타났다. <Fig. 3>은 S4000과 H4000의 X선 회절도를 비교한 것이다. H4000의 결정에 의한 peak 높이가 커지고 폭이 좁아지는 것으로 보아 열처리 후 결정의 크기가 커진 것을 관찰할 수 있다(Suryanarayana & Grant

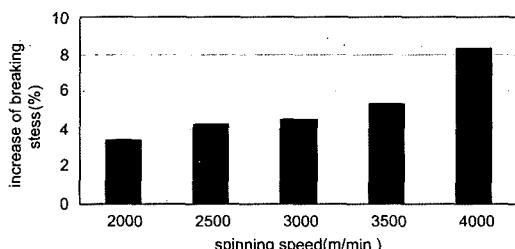


Fig. 2. Increase of breaking stress after heat treatment

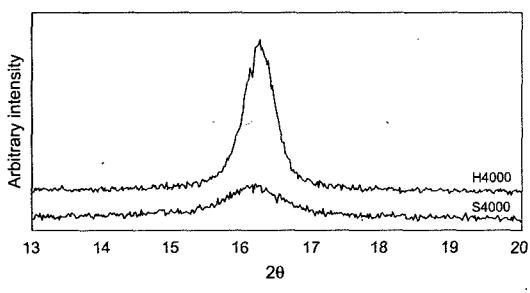


Fig. 3. X-ray diffraction patterns

Norton, 1998).

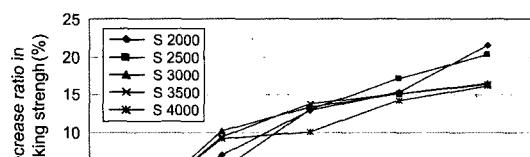
<Fig. 1>과 <Fig. 2>를 통해 제사속도와 열처리가 인장강도에 미치는 영향을 각각 살펴보면, 제사속도 증가에 의한 인장강도 증가율이 열처리에 의한 증가율보다 큰 것으로 나타났다. 그러나 <Table 2>에서 볼 수 있듯이 열처리를 한 섬유들이 결정화도가 현저하게 높은 것으로 보아, 제사속도를 증가시키면 결정이 자랄 시간은 없지만 비결정부분에 어느 정도 배향성이 발달하고 열처리에 의해서는 결정이 발달하기 때문으로 보인다(Ziabicki & Jarecki, 1985).

## 2. Polylactic acid 섬유의 생분해성

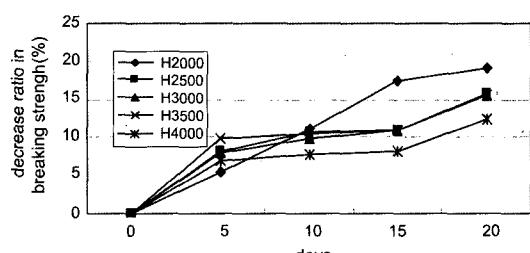
토양매립법에 의해 생분해성을 평가하였다. 토양 매립법에 의한 생분해성 평가는 무게감소율, 분자량 감소율, 결정화도 변화, 인장강도 변화 등의 여러 방법으로 평가할 수 있다. 본 연구에서는 매립기간에 따른 무게감소율과 인장강도 변화를 5일 간격으로 측정하였다. 또한 X-ray 회절패턴으로부터 결정화도 변화를 관찰하였다.

### I) 인장강도 감소율

<Fig. 4>는 매립기간에 따른 인장강도 감소율을 나타낸 그래프이다. 매립 기간이 경과함에 따라 인장강



(a) Specimens without heat treatment



(b) Specimens with heat treatment

Fig. 4. Biodegradability calculated from breaking stress.

도가 감소하였으며, 열처리를 한 시료에서 인장강도 감소율이 상대적으로 낮게 나타났다.

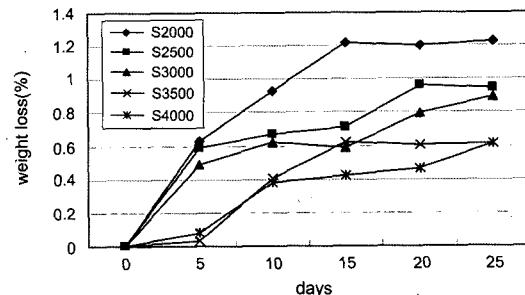
Park et al.(2004)은 토양매립 시 비결정영역이 결정 영역보다 먼저 분해를 일으킨다고 보고하고 있으며, 이로부터 비결정영역이 상대적으로 많은 시료일 수록 분해의 영향을 받는 부분이 많아, 분해도가 높아진 것으로 예상할 수 있다. 본 연구에서는 열처리 시 결정화도가 높아짐에 따라 인장강도 감소율이 낮아진 것으로 생각된다.

<Fig. 4>의 그래프를 통해 H2000을 제외한 열처리 시료의 생분해성이 대체적으로 낮게 나타난 것을 확인할 수 있다. 이로부터 제사속도 증가에 의한 생분해성 저하보다 열처리에 의한 생분해성 저하가 큰 것을 알 수 있다. 제사속도가 큰 섬유는 비결정영역의 배향이 상대적으로 커서 인장강도는 크지만 내부에 발달된 결정이 적으로 분해율은 높은 것으로 생각된다. 이로써 섬유의 생분해성은 결정화도에 의해 크게 영향을 받음을 알 수 있다.

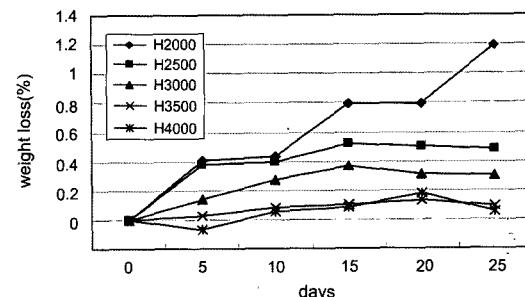
## 2) 무게감소율

<Fig. 5>은 매립기간에 따른 무게감소율을 나타낸 그래프이다. 인장강도 감소율과 마찬가지로 매립기간이 경과함에 따라 무게가 점차적으로 감소하였으며, 열처리를 한 시료에서 무게감소율이 상대적으로 낮게 나타났다. 열처리를 하지 않은 시료의 경우에는 매립 기간 25일이 경과한 후 분해율이 0.6~1.2% 내외로 측정되었으나, 열처리 시료의 경우에는 H2000을 제외하고 0.5% 이하의 낮은 분해율을 보였다. 각 시료별 무게감소율을 살펴보면, 제사속도가 커질수록 열처리 전후의 분해율 차이가 커지는 것으로 나타났다.

인장강도 변화로 생분해성을 평가하였을 때는 열처리 전후 시료의 분해율 차이가 작았던 것과는 달리, 무게감소율을 이용했을 때는 열처리 시료의 분해율 측정치가 열처리를 하지 않은 시료에 비해 매우 낮게 나타났다. 또한 전체적으로 무게감소율로 측정한 분해율이 인장강도 변화율로 측정한 분해율보다 수치



(a) Specimens without heat treatment



(b) Specimens with heat treatment

Fig. 5. Biodegradability calculated by weight loss

가 크게 나왔다. 매립 25일 후 S2000의 인장강도 변화율과 무게감소율은 각각 21.50%와 1.23%로 측정되어, 인장강도 변화율로 측정했을 때 생분해성이 더 높은 것처럼 느끼게 된다. 이는 고분자의 분해는 비결정 영역이 먼저 분해를 일으킴에 따라 구조가 파괴됨으로써 진행되는데, 무게감소율은 분해를 통한 섬유의 전체적인 변화를 반영하는데 비해, 인장강도는 섬유의 weak point에 의해 측정되기 때문으로 생각된다. 즉 무게감소율에 비해 인장강도의 변화가 비결정 영역의 분해를 더 반영하기 때문으로 생각되며, 따라서 무게감소율을 이용하였을 때의 측정치가 인장강도 변화 측정치와 비교하여 열처리 시료와 열처리를 하지 않은 시료간의 차이가 크게 나타난 것으로 생각된다.

Table 3. Crystallinity of specimens from soil burial test

	control	5days	10days	15days	20days	25days
S2000	*	*	*	*	*	*
S4000	25.36	41.14	50.61	40.34	28.87	26.42
H2000	66.81	72.60	73.62	74.16	74.71	59.57
H4000	69.19	76.70	79.23	79.47	81.21	83.55

\* : 결정영역이 나타나지 않았음.

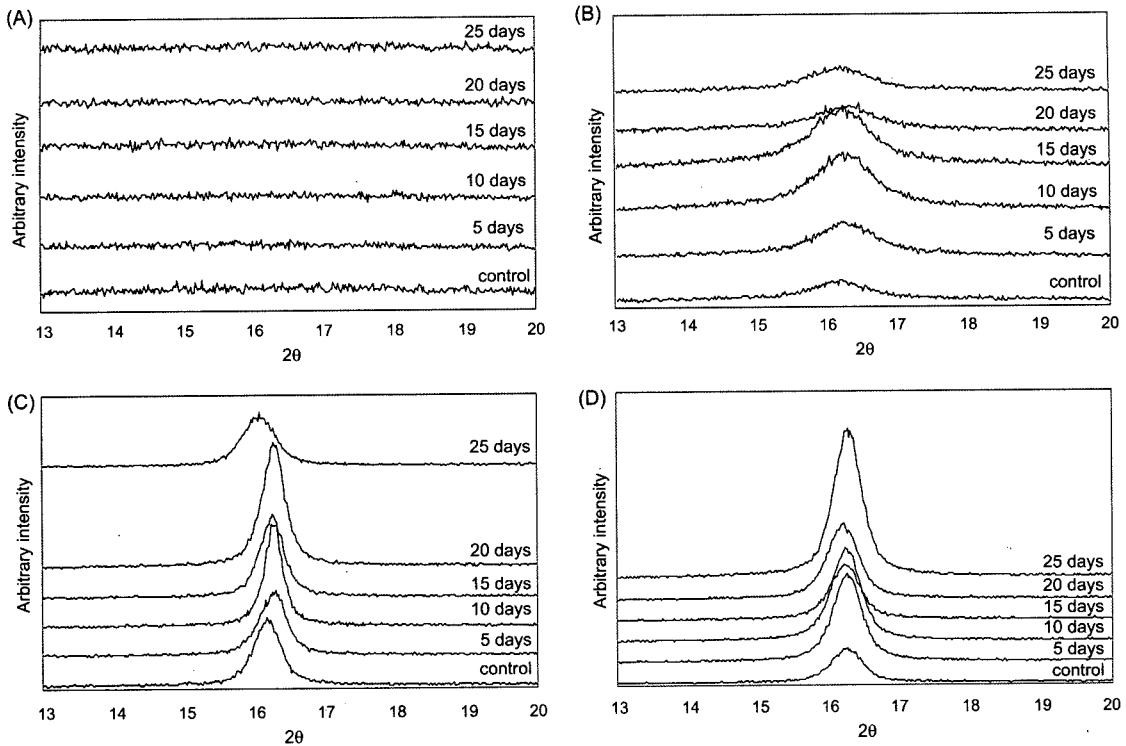


Fig. 6. X-ray diffraction pattern of specimens. (A) : S2000, (B) : S4000, (C) : H2000, (D) : H4000

### 3) 내부구조 변화

토양매립에 따른 섬유의 내부구조를 관찰하기 위해 X-ray 회절패턴을 이용하여 simple indices를 통한 정량적 분석을 하였다. <Table 3>은 이로부터 계산된 결정화도 수치이다. 각각 결정이 분해되기 시작하는 시점이 S4000, H2000, H4000 순으로 늦어지고 있는 것으로 나타났으며, 이는 각 섬유의 결정화도와 관련이 있는 것으로 사료된다.

<Fig. 6>은 매립기간에 따른 X-ray 회절패턴 모양을 나타낸 것이다. <Fig. 6(A)>는 S2000의 X-ray 회절패턴으로, 매립 이전부터 결정영역이 측정되지 않았으며, 매립기간이 경과함에 따른 회절패턴 상의 변화는 보이지 않았다. <Fig. 6(B)>는 S4000의 X-ray 회절패턴으로, 결정화도가 증가하다가 매립 15일 이후 다시 결정화도가 낮아지는 것을 볼 수 있다. Park et al.(2004)은 토양 매립 시 고분자는 비결정영역이 결정영역에 비해 먼저 분해가 이루어지며, 비결정영역의 분해 후 결정영역이 분해를 일으키는 것으로 보고하고 있다. 결정영역이 변하지 않은 상태에서 비결정영역만 분해되기 때문에 분해 초기에 결정화도는 상대적으로 높은 수치를

나타내는 것으로 보인다. <Fig. 6(C)>는 H2000의 X-ray 회절패턴으로, <Fig. 6(B)>와 마찬가지로 초반에는 결정화도가 증가하다가 25일에 다시 결정화도가 감소하였다. 이것은 결정영역의 분해가 이루어지기 시작한 것으로 볼 수 있으며, 이때 결정영역을 나타내는 피크의 넓이가 커진 것으로 보아 결정영역이 분해되면서 결정의 크기가 작아진 것으로 생각할 수 있다. <Fig. 6(D)>는 H4000의 X-ray 회절패턴이다. 결정화도가 계속적으로 증가하고 있는 것으로 미루어 보아, H4000은 매립 25일까지 결정영역의 분해가 이루어지지 않은 것으로 생각된다. 이와 같이 같은 분자구조를 가진 섬유에서도 물성에 따라 분해속도가 다르게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

### 3. Polylactic acid 섬유의 물성과 생분해성 비교

PLA 섬유의 물성과 생분해성을 함께 고찰하기 위해 <Fig. 7>과 같은 그래프를 그려보았다. 우상향하는 곡선은 인장강도를 나타내며, 우하향하는 곡선은 토양매립 25일 후 무게감소율을 나타낸 것이다. 열처

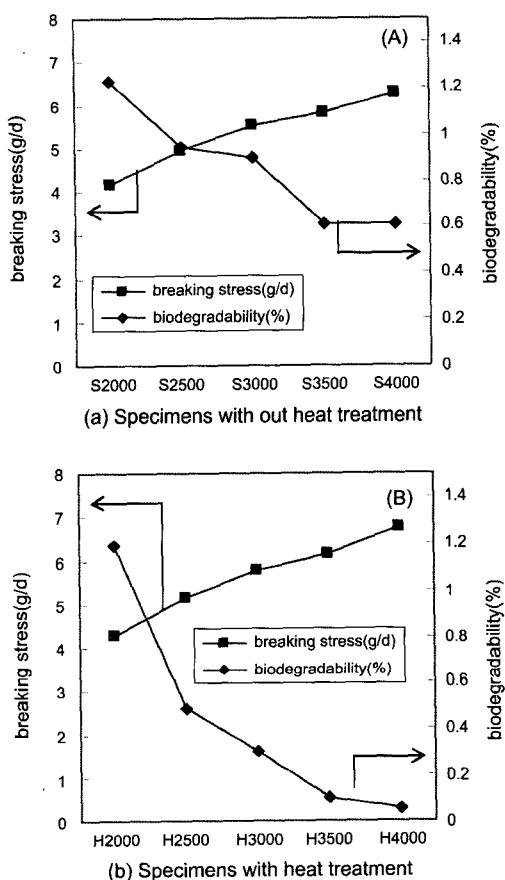


Fig. 7. Breaking stress and biodegradability calculated by weight loss

리를 하면 결정이 발달하여 인장강도가 증가하는데 비해 분해율 감소가 크게 나타났는데, 제사속도를 증가시키면 비결정부분의 배향이 발달하여 물성의 향상에 비해 생분해율 감소가 상대적으로 작은 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구의 실험조건 범위 내에서는, 요구되는 인장강도를 충족시키기 위하여 열처리 보다는 제사속도를 높이는 것을 제안하고자 한다.

섬유의 용도에 따라 요구되는 인장강도는 서로 다르나, 본 연구에서 살펴본 제사속도 4000m/min의 PLA 시료는 의류용으로 사용되는 일반 섬유의 인장강도 범위에 포함될 수 있을 것으로 본다. 또한 생분해성을 평가하기 위한 토양매립 실험결과, PLA 섬유의 생분해도에 영향을 미치는 요인으로 제사속도에 비해 열처리의 영향이 큰 것으로 나타났으며, 따라서 제사속도를 4000m/min으로 증가시키더라도 열처리

를 한 시료들과 비교했을 때 상대적으로 생분해성이 높은 것으로 나타났다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 의류용 제품으로 사용되는 생분해성 고분자인 poly lactic acid 섬유의 제사속도와 열처리에 따른 물성과 생분해성을 규명하고자 하였다. 물성은 인장강도와 결정화도를 측정하였으며, 생분해성은 토양매립법으로 측정하였다. 분해에 따른 시료의 물성 변화는 인장강도 변화, 무게감소율, 결정화도 변화로 살펴보았으며, 이를 통해 제사속도별 열처리 유무에 따른 생분해성을 비교하였다. 또한 생분해기간에 따른 시료의 X-ray 회절패턴을 통해 생분해에 의한 시료의 내부구조 변화를 분석하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 제사속도를 2000m/min에서 4000m/min까지 500m/min 간격으로 변화를 주어 물성을 측정한 결과, 제사속도가 증가할수록 인장강도가 증가하였으며, 3500m/min 이상에서 결정이 형성된 것으로 나타났다.

2. 열처리 후 각 시료의 인장강도와 결정화도가 증가하였다. 또한 실험에 사용된 제사속도 범위 내에서는 제사속도가 높은 시료일수록 열처리에 의한 인장강도 증가율이 높게 나타났다.

3. 본 실험조건에서 제사속도에 의한 인장강도 증가율과 열처리에 의한 인장강도 증가율을 비교해보았을 때, 인장강도는 제사속도에 의해 더 영향을 받는 것으로 나타났다.

4. 토양매립 시 제사속도가 낮고 열처리를 하지 않은 시료일수록 분해율이 높은 것으로 나타났다. 또한 시료의 결정화도가 높을수록 매립시간이 경과하면서 결정영역이 분해되기 시작하는 기간이 늦어졌다.

5. 본 연구에서 살펴본 범위 내에서는, 제사속도 증가가 분해율을 감소시키는 정도에 비해, 열처리가 분해율을 감소시키는 영향이 더 큰 것으로 생각된다.

이상의 결과로부터 제사속도가 낮고 열처리를 하지 않은 시료일수록 인장강도와 결정화도가 낮으며, 생분해성이 좋은 것으로 나타났다. 또한 제사속도와 열처리가 물성과 생분해성에 미치는 영향의 정도가 각기 다르게 나타났다. 제사속도를 증가시키면 인장강도가 더 증가하는데 비해, 열처리에 의해서는 결정

화도가 상대적으로 증가하는 것을 알 수 있었다. 그러나 생분해 관점에서 살펴보았을 때, 분해율은 인장 강도보다는 결정화도에 의한 영향이 큰 것으로 생각된다. 따라서 적당한 물성을 가지고 생분해성이 좋은 섬유를 제조하려면 열처리보다 제사속도를 높게 하는 것이 바람직한 것으로 생각된다.

### 참고문헌

- 류강은, 김영백. (1998). 고분자의 생분해. *고분자 과학과 기술*, 9(6), 464~473.
- 박영환. (1991). 생분해성 고분자—생분해성에 대한 화학적 구조 및 형태학적 미세구조의 효과. *한국섬유공학회지*, 28(1), 9~17.
- 박중휘, 남영식. (2002). 옥수수 섬유. *섬유기술과 산업*, 6(1/2), 124~135.
- 유의상, 임승준. (1999). 분리막: 생분해성 고분자의 분해특성에 미치는 형태학적 인자. *한국고분자학회*, 10(2), 224.
- 이찬우, 김홍, 송경현, 문성일. (2002). PLA-POE-PLA 복록 공중합체 분산액에 의한 생체적합성의 평가. *Polymer (Korea)*, 26(2), 174~178.
- 지동선, 윤철수. (1999). PLA/PCL 블렌드의 특성 및 상용성에 관한 연구—에스테르 교환반응 및 열적특성-. *한국섬유공학회지*, 36(1), 25~33.
- 한국섬유공학회. (2001). *최신합성섬유*. 서울: 형설출판사.
- AATCC Technical Method 30-1993 *Antifungal activity; Assessment on textile materials: Mildew and Rot resistance of textile materials*.
- Cicero, J. A., Dorgan, J. R., Garrett, J., Runt, J., & Lin, J. S. (2002). Effects of molecular architecture on two-step, melt-spun poly(lactic acid) fibers. *Journal of Applied Polymer Science*, 86, 2839~2846.
- Gonzalez, M. F., Fuseckaite, R. A., & Cuadrado, T. R. (1999). structural changes of polylacticacid(PLA) microspheres under hydrolytic degradation. *Journal of Applied Polymer Science*, 71, 1223~1230.
- Hideto, T. (1995). Properties and morphologies of poly(L-lactide): 1. Annealing condition effects on properties and morphologies of poly(L-lactide). *Polymer*, 36(14), 2709~27160.
- Hideto, T., Yoshito, I., Hyon, S. H., Yoshiharu, K., & Toshio K. (1994). Stereocomplex formation between enantiomeric poly(lactic acid). VIII. Complex fibers spun from mixed solution of poly(D-lactic acid) and poly(L-lactic acid). *Journal of Applied Polymer Science*, 51, 337~344.
- Paul, M. A., Delcourt, C., Alexandre, M., & Monteverde, F. (2005). Polylactide/montmorillonite nanocomposites: study of the hydrolytic degradation. *Polymer Degradation and Stability*, 87, 535~542.
- Park, C. H., Kang, Y. K., & Im, S. S. (2004). Biodegradability of cellulose fabrics. *Journal of Applied Polymer Science*, 94(1), 248~253.
- Postema, A. R., Luiten, A. H., Oostra, H., & Pennings, A. J. (1990). High-strength poly(L-lactide) fibers by a dry-spinning/hot-drawing process. II. Influence of the extrusion speed and winding speed on the dry-spinning process. *Journal of Applied Polymer Science*, 39, 1275~1288.
- Schmack, G., Jehnichen, D., Vogel, R., Tandler, B., & Beyreuther, R. (2001). Biodegradable fibres spun from poly(lactide) generated by reactive extrusion. *Journal of Biotechnology*, 86, 151~160.
- Suryanarayana, C., & Grant, N. M. (1998). *X-ray diffraction: A practical approach*. New York: Plenum Press.
- Ziabicki, A., & Kawai, H. (1985). *High-speed fiber spinning: Science and engineering aspect*. New York: Wiley.