

폴리유산섬유 “락트론”

1. 폴리유산

폴리유산은 바이오매스(biomass, 생물유래 자원의 총칭)의 하나인 옥수수 등의 전분으로부터 얻어지며, 유산(乳酸, lactic acid)을 원료로 하는 식물유래의 새로운 자연순환형 합성수지이다. 옥수수에는 식용 스위트 콘(sweet corn)과 사료용 덴트 콘(dent corn)이 있다. 폴리유산의 원료로는 덴트 콘의 낱알(kernel, 치아의 움푹한 곳과 유사함)을 사용하고 있다. 옥수수 등을 원료로 하는 폴리유산 폴리머는 식물 원료라는데 특징이 있다. 자원으로서 석유는 한계가 있고 나무는 사용이 가능할 때까지 수십년이 걸리는데 비해 옥수수는 1년으로 수확이 가능하여 원료 확보 면에서도 우수하다.

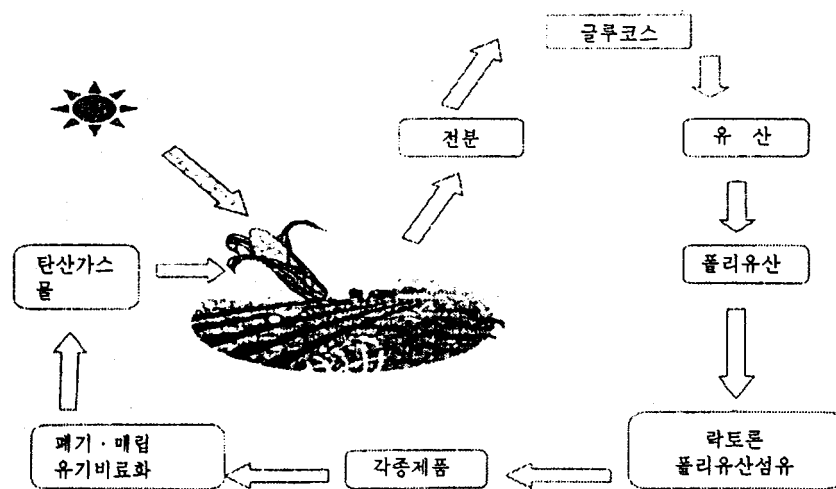
옥수수 등의 식물은 생육시에 광합성으로 탄산가스와 물을 내부로 받아들인다. 그 바이오매스를 이용한 폴리유산 폴리머는 외부의 환경조건에 따라 가수분해 후 산소를 매개체로 탄산가스와 물로 되돌아가는 자연 순환사이클을 형성한다. 폴리유산섬유 락트론의 자연순환계를 나타내면 <그림 1, 2>와 같다.

1.1 원료인 옥수수

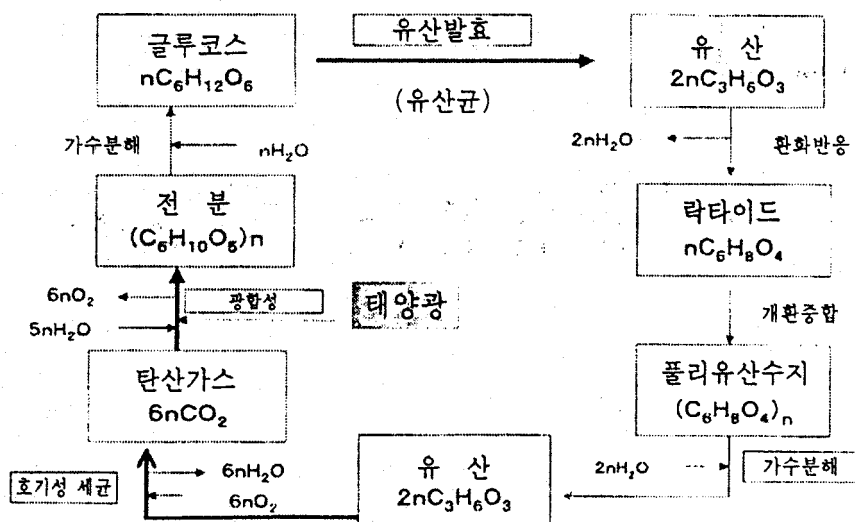
폴리유산의 원료인 옥수수는 전세계에서 연간 5 6억톤이 생산되고 있으며, 주요 생산국인 미국에서는 연간 2 3억톤이 생산된다. 미국 Cargil Dow社의 폴리유산 플랜트는 연간 14만톤의 생산능력으로 상업생산을 하고 있다. 앞으로 전세계 각 대륙에 동일한 규모의 폴리머 플랜트가 설립된다고 해도 100만톤 정도로서 옥수수의 폴리유산 원료화에 따른 세계적인 식량 위기로

까지는 이어지지 않을 것이다.

더욱이 폴리유산 원료는 옥수수, 고구마, 사탕무 등, 전분을 얻을 수 있는 곡물이라면 모두 가능하며, 앞으로는 식물의 열매 이외에 줄기 등의 셀룰로스로부터도 유산을 얻을 수 있게 된다.



<그림 1> 락트론의 자연순환



<그림 2> 락트론의 자연순환

1.2 폴리유산 폴리머

(1) 폴리유산 폴리머의 색상과 냄새

폴리유산 폴리머의 용융된 색상은 옥수수의 낱알이 노란색이므로 황색기가 많다고 생각되지만 본질적으로는 무색 투명하다. 당초 color-b값이 높았지만 앞으로는 원료인 유산의 제조기술, 백도의 향상과 폴리유산 중합기술의 개선으로 폴리유산은 무색 투명에 가까워진다. 냄새는 질소(N), 인산(P), 칼륨(K)의 비료냄새와 매우 유사하다. 이 냄새는 섬유표면의 유산 모노머나 올리고머로 생각되며, 폴리유산의 방사공정이나 열처리기 부근에서 쉽게 느낄 수 있다.

(2) 폴리유산의 중합과 명칭

폴리유산의 중합에는 개환중합과 직접중합이 있다. PET(폴리에틸렌 테레프탈레이트)의 직접 탈수중합에 익숙한 사람에게는 생소한 중합방법이다. 폴리유산의 고분자량화를 생각하면 유산의 2량체인 락타이드(lactide)의 개환중합이 주류가 된다.

폴리유산은 영어로 “poly lactic acid(PLA)” 또는 “poly lactide”이다. 섬유가정용품 품질표시에서는 현재 ‘지정외섬유(폴리유산섬유)’로 되어 있다.

이상 서술한 것처럼 폴리유산은 식물유래의 자연순환형 신합성수지(고분자)이다. 현재 일본에서의 폴리유산섬유는 가네보합섬의 락트론을 비롯해 유니티카의 테라마, 구라레의 플러스 터치, 도레의 에코디아 등이 상품으로 출시되고 있다.

2. 락트론섬유의 개발과 특징

2.1 락트론의 개발경위

락트론의 개발경위를 대략 살펴보면 다음과 같다.

- 1989년: 생분해성 섬유에 대한 연구 시작
- 1992년: 폴리유산 섬유의 연구 시작
- 1994년: 폴리유산 멀티필라멘트의 개발에 성공(락트론 브랜드 발표)
- 1997년: 스테이플 파이버, 모노필라멘트, 스펀 본드 등 각종 섬유 개발
- 1998년: 가네보섬유가 옥수수 섬유를 발표

섬유학회 기술상 수상

- 2000년: 락트론 사업화 추진실을 설치하여 사업화 추진

“건강 쾌적 환경”을 개념으로 하는 가네보 환경클럽 설립

- 2003년 : 락트론에 대한 영업 시작

2.2 락트론 섬유의 특징

<표 1> 락트론의 섬유 물성

구 분			락트론	폴리에스터	나일론 6
물 리 적 성 질	밀도	g/cm ³	1.27	1.38	1.14
	굴절률	-	1.4	1.58	1.57
	융점	°C	175	260	215
	유리전이온도	°C	57	70	40
	흡습률 (표준상태)	%	0.5	0.4	4.5
	연소열	kcal/kg	4,500	5,500	7,400
		MJ/kg	19	23	31
섬 유 성 능	인장강도	g/d	4.5 5.5	4.5 5.5	4.5 6.0
		cN/dtex	4.0 5.0	4.0 5.0	4.0 5.3
	인장신도	%	30	30	40
	영률	kg/mm ²	400 600	1200	300
	비등수 수축률	%	8 15	8 15	8 15

폴리유산 섬유인 락트론의 특징은

(1) 식물 유래의 재생 가능한 새로운 합성섬유이다.

(2) 자연환경형 에콜로지 섬유이다.

유기비료화가 가능하며 연소 칼로리가 낮고 유독가스의 발생이 없다.

(3) 섬유로서 우수한 물성과 가공성을 지니고 있다.

섬유로서 충분한 강도와 실용적인 용점을 갖고 있어 모든 형태의 가공이 가능하다.

또한 저굴절율로 실크와 같은 광택, 염색이 가능하고 온화한 항균성, 약산성 등이 있다.

락트론 섬유의 물성은 <표 1>과 같다.

3. 락트론 섬유의 제조

락트론 섬유의 제조공정은 폴리유산 칩→ 용융방사→ 연신→ 열처리→ 섬유화라는 이른바 용융방사 연신법이다.

폴리유산 폴리머의 섬유화에는 다음 사항을 고려하였다.

(1) 물성개선: 폴리에스터나 나일론 정도의 강도

(2) 생산설비: 현재의 방사·연신 설비에서의 생산이 가능

(3) 생산성: 폴리에스터나 나일론 정도의 조업성

또한 이를 달성하기 위한 수단으로 다음 사항을 명확히 하였다.

① 폴리유산 폴리머의 분자 설계: 분자량의 검토, 광학이성체 L/D 비율의 검토, 모노머의 저감화

② 최적 방사조건의 선정

폴리유산의 방사 및 가수분해 등에 대하여 2 3개의 에피소드를 소개한다.

3.1 방사에서의 경화

폴리유산은 예사성(曳絲性)이 양호한 폴리머이다. 방사조건이 적합하지 않으면 실 상태의 물질을 얻기가 어렵다. 폴리유산 멀티필라멘트의 방사시험에 입회하여 공기흡입 웨이스트 박스 앞에 있었는데 진한 감색 양복바지 위에 산산조각으로 된 폴리유산 고형화물이 새하얗게 부착된 경우가 있었다.

3.2 방적에서의 경화

폴리유산 스테이플 파이버(SF)의 혼타면공정은 순조롭고 랩의 권취도 그런 대로 이루어졌다. 다음 공정인 소면공정에서 카드 웹에 하얀 분말이 눈에 띄고, 카드 침포에는 하얀 물질이 쌓여 있었다. 폴리유산 섬유가 카드의 금속 침에 의해 손상을 받고 있었다.

3.3 실투(失透), 백화현상

방사 연신조건을 명확히 한 다음 날 아침 현장에는 투명해야 할 필라멘트가 새하얗게 되어 있었다. 아크릴에서 보이드(void) 발생에 의한 백화 경험은 있었지만, 폴리유산 폴리머의 연신 배향기술의 심오함을 새롭게 통감하였다.

3.4 가수분해성

폴리유산 섬유는 지방족 폴리에스터이다. 폴리에스터의 일종인 PET(폴리에틸렌 테레프탈레이트)의 염색방법은 잘 알려져 있어 폴리유산섬유 직물을 염색기에 넣고 분산염료를 사용, 가압 하에서 130℃로 염색하고 용기를 열어보니 직물이 보이지 않아 깜짝 놀랐다. 염색액의 pH가 어느 정도이었을까? 고온 열수의 조건하에서 폴리유산 직물이 가수분해된 경우도 있었다.

4. 락트론의 안전성

락트론은 인간의 체내에도 존재하는 유산이 원료이며, 폴리머로서도 생체 적합성이 있다. 락트론 원형편 니트에 의한 피부자극성 시험 및 착용시험에서도 안전성이 확인되고 있다. 폴리유산은 탄소, 수소, 산소로 이루어져 있으며 산소가 충분하면 완전히 연소하여 탄산가스와 물로 된다. 연소 칼로리는 종이(셀룰로스) 등과 같으며, 폴리유산은 별도 수집하여 다른 소재와 섞지 않는다면 연소할 때 유해 가스가 전혀 발생하지 않는다.

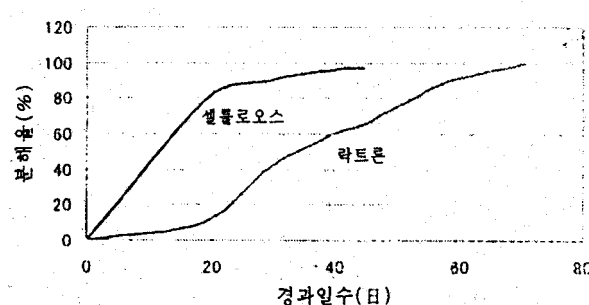
5. 락트론의 분해성

락트론은 폴리유산의 특성인 생분해성으로 인해 사용 후에는 음식물 쓰레기처럼 유기 비료화가 가능하다. 각종 환경 하에서의 생분해성에 대한 대표적인 예로,

① 자연환경 하에서는 완만한 생분해성을 가지며, 토양 중에서는 수년간에 걸쳐 미생물에 의해 분해된다.

② 고온의 콤포스트(compost)기 안에서는 수일 1주일 안에 빠른 속도로 생분해 한다.

또한 표준 콤포스트법(ISO 148550)에서의 생분해성이 실증되어 있다.(그림3 참조)



<그림 3> 생분해성 시험(ISO 148550)

5.1 폴리유산의 분해성

폴리유산 필라멘트로 편성한 삼각코너용 탈수 네트에 음식물 쓰레기를 넣고 가정용 콤포스트기로 하룻밤 처리하였을 때, 음식물 쓰레기는 없어졌지만 탈수 네트는 분해되지 않고 남아 있었다. 업무용 콤포스트기(70~80°C)에서는 하룻밤 사이에 깨끗이 분해되어 없어지는데, 가정용 콤포스트기에서는 사용 온도(40~50°C)가 낮기 때문에 폴리유산섬유가 느리게 분해한다.

5.2 폴리유산의 유기비료화

콤포스트화란 폴리유산 소재를 콤포스트 장치에 넣어 식물의 비료가 되도록 퇴비화하는 것이다. 폴리유산은 탄소, 수소 산소만으로 구성되어 있기 때문에 비료로 사용하기 위해서는 다른 음식물 쓰레기 등과 함께 콤포스트기로 처리하여 질소, 인산, 칼륨 등을 함유시킬 필요가 있다. 더구나 이력이나 내용물이 불분명한 피비료화물은 감량화한 후 소각하는 것이 바람직하다.

5.3 토양 중에서의 분해성

생분해성 소재는 흙에 묻으면 미생물에 의해 분해하지만, 산성토양이나 알칼리성토양에서는 어떻게 될까? 산성에서는 폴리유산 소재의 가수분해가 일어나지 않기 때문에 산성 토양에서의 분해에는 연구가 필요하다. 약알칼리에서는 가수분해에 이어 생물 분해가 일어나지만 강알칼리에서는 미생물이 생존하기 어렵다. 따라서 실제 공장시험이 필요하다. ♠