

폐면을 이용한 생분해 부직포 멀칭의 제조 및 특성 분석

염정현^{*} · 조진원 · 이학권^{*} · 배도규 · 최진현

경북대학교 천연섬유학과, ^{*}대원기계

Preparation and Characterization of biodegradable nonwoven type mulching using waste cotton

Jeong Hyun Yeum^{*}, Jin Won Cho^{*}, Hak Kwon Lee^{**},
Do Gyu Bae^{*}, Jin Hyun Choi^{*}

^{*}Department of Natural Fiber Science, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

^{**}Dae-won Machine Co. Ltd., Daegu 740-900, Korea

Abstract

In this study, waste natural fibers and natural adhesions were used to prepare an environmental biodegradable nonwoven type mulching material. Especially, the nonwoven mulching with higher content of cotton shows a improved biodegradation. Also, the physical properties of nonwoven mulching with different ratios of cotton/rayon were studied. It was found that the degree of biodegradation was controlled by the type of nonwoven materials and adhesions.

Key words : Mulching, biodegradation, nonwoven

서 론

멀칭(mulching)이란, 농작물을 재배할 때 경재토양의 표면을 덮어주는 것으로, 토양침식방지, 토양전염성 병균방지, 토양 오염방지 등의 목적으로 실시되고 있다.

멀칭효과는 지온 상승으로 생육이 촉진되며, 토양 수분의 증발이 억제되어 한해피해 감소, 잡초 종자는 호광성인 것이 많아서 발아가 억제되어 잡초발생억제, 풍식, 수식 등의 토양침식의 경감으로 토양의 지표 보호 등이 있으며, 딸기와 수박 등의 과채류는 생산물

의 품질향상이 가능하다. 또한, 멀칭에 의한 작물재배의 경우 제초제를 사용하지 않으면서도 잡초를 효과적으로 방지할 수 있기 때문에 인력제초를 하는 경우 필요한 인건비 등의 막대한 생산비 절감의 효과와 함께 생산성 향상을 가져와 농가 소득을 증대시킬 수 있는 장점이 있다.

보통 멀칭재로 저가이며 사용이 간편한 비닐 수지를 많이 이용하고 있는데, 이는 토양의 수분 또는 보온성을 유지할 수 있으나, 토양으로의 산소 공급이 원활하지 못하여 작물 뿌리의 발육이 저해되는 문제점이 있다. 또한 작물 수확이 끝나고 다음 작물을 재배하기

위해서 이전 비닐 멀칭재를 제거하여야 하는 번거로움이 있다. 비록 멀칭재를 제거한다 하여도 완벽한 수거가 어려워 그 잔량이 남아 토양 오염이 심화되고 다음 작물의 뿌리 발육에 지장을 초래하는 문제가 있다(서병선, 2008).

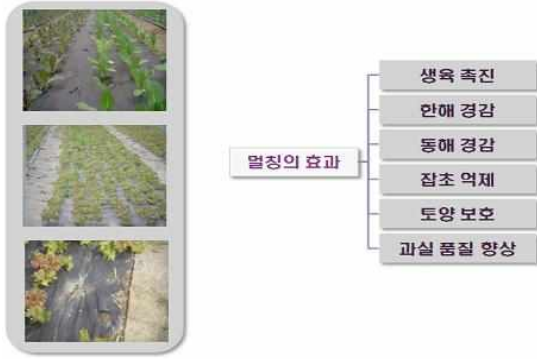


Fig 1. The effect of mulching.

농업분야에서 사용되는 비닐 멀칭재는 대부분 생분해가 되지 않고 토양속에서 반영구적으로 존재하게 된다. 이는 토양의 황폐화를 초래하게 되며, 심해질 경우에는 인구 증가와는 별개로 경작지 감소에 따른 식량난의 위기에 봉착될 위험도 상존하고 있다(황선일, 2002).



Fig 2. The picture of waste vinyl mulching.

비닐 멀칭재는 부피가 크거나 또는 표면적이 상대적으로 넓어 토양의 황폐화는 물론, 어렵게 확보한 쓰레기 매립지의 이용기간을 단축시키고 지반의 안정화를 저해하고 있는 실정이다. 따라서 학계, 업계 그리고 정부 산하 연구기관에서는 기존 비분해성 고분자의 다양한 기능에 “생분해성” 이란 새로운 기능을 추

가한 생분해성 재료에 대한 연구 개발이 활발하게 이루어지고 있으며, 일부 상품화되어 소모성 비분해성 소재의 대체품으로서 실용화 정착에 성공, 지구환경 오염의 새로운 대안으로 주목 받고 있다(한국과학기술정보연구원, 2008년).

전분은 글루코오스가 α -1,4 결합으로 연결된 직쇄상의 아밀로오스와 짧은 아밀로스와 글루코오스가 α -1,6 결합을 통해 여러개의 가지형태로 결합된 고분자량의 아밀로펙틴이다. 아밀로오스는 플라스틱의 원료로 사용할 수 있다고 알려져 있지만 일반 전분에는 약 20% 정도의 아밀로오스 밖에 포함되어 있지 않다(김희수 외, 2004, 홍석인, 1999). 최근 전분을 열가소성 플라스틱의 대체물질로 사용하기 위해 가공시의 열분해 및 유동성 문제를 해결하기 위한 열가소성의 부여, 범용 플라스틱과의 상용성 개량 및 수산기 치환기술이 개발됨에 따라 전분 유도체를 주성분으로 하는 열가소성 물질이 소개되었는데, 이들은 수분이 있는 조건에서 쉽게 분해되며, 그 물성은 일반적인 플라스틱에 비할 정도라 할 수 있다. 천연고분자인 전분을 이용한 생분해성 고분자 제조에 관한 연구는 여러 방향으로 이루어지고 있는데 그중에서 과립상의 전분 혹은 그 유도체들을 고분자의 공정 중에 기능성 첨가제로서 물리적으로 도입하는 방법은 잘 알려진 기술이다(이명석 외, 2005). 최근에 전분을 사용한 생분해성 플라스틱에 대한 관심이 고조되고 있는데 전분을 함유한 폴리에틸렌 필름은 이미 상업화되어 생분해성 포장재료로 사용 중에 있다(Lim et al. 1992).

Poly(vinyl alcohol) (PVA)은 친수성을 띄는 고분자 물질로 천연고분자에 비하여 높은 물성을 지니며 생분해가 되는 친환경, 인체친화적인 물질이다. 전분과의 혼용이 용이하고, 분자간의 수소결합이 가능하여 두 물질간의 상호작용을 기대 할 수 있다. 따라서 전분/PVA 혼합 호제는 호제의 물성을 향상시킬 뿐만 아니라 생분해도를 조절가능하게 하여 농업용 부직포에 사용 가능성을 한 단계 높일 수 있다.

따라서 본 연구에서는 생분해 농업용 멀칭재를 개발하기 위하여 천연섬유인 면을 이용하였다. 특히 자원재활용 측면 및 경제성을 고려하여 섬유공정에서

폐면을 이용한 생분해 부직포 멀칭의 제조 및 특성 분석

버려지거나 등급이 낮아 사용되지 않는 낙면 및 폐면을 이용하였다. 면섬유 작업 공정 중 카딩 공정 후 나오는 폐섬유를 활용한 경우, 장이 짧고 강도가 약하면 자체만으로 부직포를 형성하는데 어려움을 가진다. 따라서 비스코스 레이온 단섬유를 일정 비율로 혼입하여 일정한 넓이로 편평하게 펼친 후 적당한 호제를 도포하여 일정 두께의 부직포를 제조하고 이를 건조 압축으로 경화시켜 부직포 시트를 제조하여 부직포의 특성을 연구하였다. 또한, 부직포 제조시 사용되는 호제로 천연고분자를 이용함으로써 생분해 기간이 조절가능한 부직포 멀칭재를 제조하기 위한 기초 연구를 진행하였다. 호제의 경우, 생분해성이 우수한 천연재료인 전분과 환경 친화적 고분자인 수용성 PVA를 이용하여, 전분/PVA 블렌드 호제를 사용함으로써 멀칭 부직포의 생분해 특성을 연구하였다.

재료 및 방법

1. 재료

1) 부직포 원료

본 연구에서 사용되어진 면사는 면방직공정에서 면섬유를 카딩할 때 발생하는 부유 단섬유들로 비스코스 레이온 재생 사(絲)와 일정비율(10/0, 7/3 및 5/5)로 혼입하여 사용한다. 섬유장의 길이는 0 - 10 mm로 가공함으로써 풍면 상태가 된다.

2) 천연호제 원료

전분은 대상주식회사에서 제조한 것을 130 °C 오븐에서 건조하여 수분의 함량을 최소화하여 사용하였으며, PVA의 경우 동양제철화학에서 중합도 500 및 1,700, 비누화도 99.9%인 제품을 구입하여 사용하였다.

2. 부직포 제조방법

그림 3은 부직포의 제조공정을 나타낸 것이다. 풍면을 사용하여 섬유관 성형틀에 투입하는 공정을 시작으로 롤러를 통과시켜 판형태로 인출한 후 이송컨베이어 위에 낙하시켜 판이송부로 이동시켜 카드기에 의해서 해면이 된다. 이렇게 해면된 섬유는 부직포

성형시키는 공정을 통과 하여 호제를 침전시켜 가공하는 형태의 공정이 이루어지게 된다. 부직포는 80-160 °C의 열기의 발산하는 발열롤러를 지나게 되며 농업용 부직포 형태의 제품을 제조 할 수 있는 공정을 거치게 된다. 일반적으로 부직포 제조시 온도조절과 부직포를 호제에 충분히 침전시킬 수 있게 하는 속도가 상당히 중요하다.



Fig 3. The manufacturing process of nonwoven type mulching.

3. 분석 방법

1) 주사전자 현미경

제조된 부직포의 형태를 관찰하기 위하여 가로, 세로 5 mm 크기로 잘라 백금으로 코팅하여 주사전자현미경(SEM)(S-4300, Hitachi, Ltd., Japan)을 이용하여 표면을 관찰하였다.

2) 생분해성 관찰

짧은 시간에 생분해도를 관찰하기 위하여 부직포를 토양에 묻은 후 TABAI ESPEC 제조 회사의 온도 사이클 챔버 (Thermo cycle Chamber, TSI-41L)를 사용하여 온도와 습도를 조절하여 12주간 생분해성을 관찰하였다. 온도를 2주 간격으로 10 °C에서 90 °C로 변화를 주어 가혹한 조건에 생분해성 시험을 실시하였다. 습도 범위는 건식 조건에서는 20%R.H. 습식 조건에서는 90%R.H. 조건으로 설정하여 평가 하였다.

3) 인장강도 측정

기계적 특성을 관찰하기 위하여 ZWICK Z005 (ZWICK materials testing machine, germany) 기계를 이용하여, 길이 8 cm 및 너비 3 cm의 시료편으로 100 mm/min 속도로 인장강도를 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 부직포의 생분해성 관찰

그림 4는 면과 비스코스 레이온의 혼용율이 7/3 으로 제조된 멀칭 부직포를 일정기간 토양에 함입 후 2주, 6주 및 12주 간격으로 부직포를 채취하여 측정한 SEM 사진이다. 그림 4에서 보듯이 혼용률이 7/3인 경우, 12주차에서 생분해가 일어나는 것을 확인 할 수 있었다.

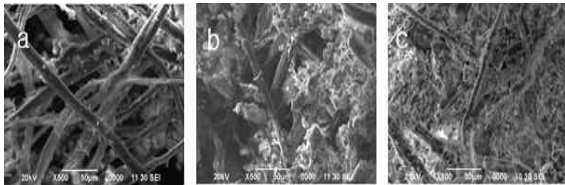


Figure 4. The SEM images of nonwoven mulching with cotton/viscose rayon=7/3 after (a) 2 weeks, (b) 6 weeks and (c) 12 weeks.

그림 5에 나타나듯이 온도 사이클 챔버를 이용하여 2주 간격으로 10 °C 에서 90 °C 로 온도변화를 주어 부직포의 생분해성을 시험하였다. 또한, 습도 범위는 건식 조건에서는 20% R.H. 습식 조건에서는 90% R.H. 조건으로 설정하여 평가하였다.

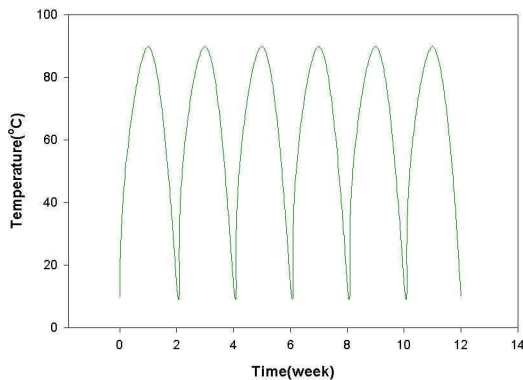


Fig 5. The condition of temperature change.

2. 호제에 따른 부직포의 인장특성

그림 6은 부직포의 면/비스코스레이온 함량별로 호제내 PVA 함량에 따른 멀칭재의 인장강도를 나타낸 것이다. 면과 비스코스 레이온의 함량 비율을 5/5(a), 7/3(b)으로 하여 호제내 PVA 함량을 조절하여 가공 처리한 후 인장 강도를 측정한 결과, PVA의 농도가 높을수록 제조된 부직포에 인장강도가 높게 나타남을 알 수 있다.

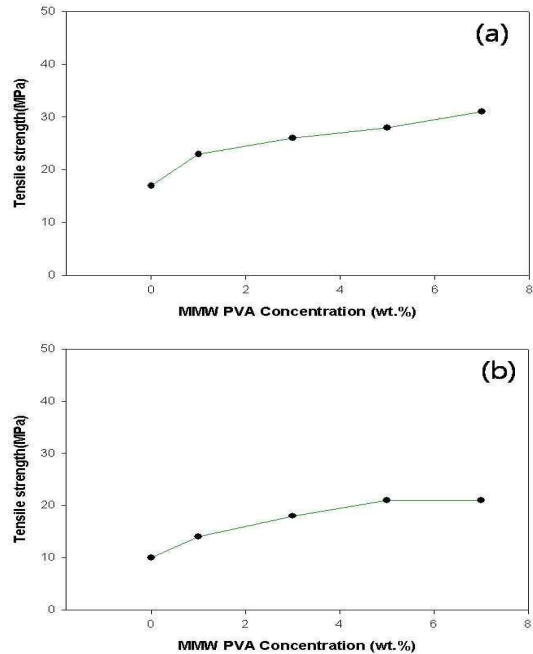


Figure 6. The tensile strength of nonwoven mulching with different PVA concentrations (thickness 0.75mm) (a) cotton/viscose rayon=5/5 and (b) cotton/viscose rayon=7/3.

그림 7은 블렌드 호제별 PVA함량에 따른 인장 강도를 측정하였다. 사용되어진 천연 고분자 호제로는 전분, 알긴산을 사용하였고, 생분해도를 조절하기 위하여 PVA를 사용하였다. 인장강도 측정결과 PVA의 비율이 높아질수록 인장강도도 증가함을 나타냈다. 이는 PVA와 천연 호제가 강한 수소결합을 형성함에 따라서 나타나는 현상이다. 천연고분자가 가지는 약한 기계적 특성을 PVA의 함량을 높여 보완해 줄 수 있다는 것을 보여준다. 또한, 비스코스레이온의 함량이 높을수록 높은 인장강도 값을 나타내나 면섬유가 부족해지면 생분해성이 떨어지는 점을 감안했을 때, 면과 비스코스레이온의 혼용률이 7/3인 경우가 생분

폐면을 이용한 생분해 부직포 멀칭의 제조 및 특성 분석

해성 멀칭재 제조에 적합하며, 생분해도는 블렌드 호제를 이용하여 조절할 수 있다.

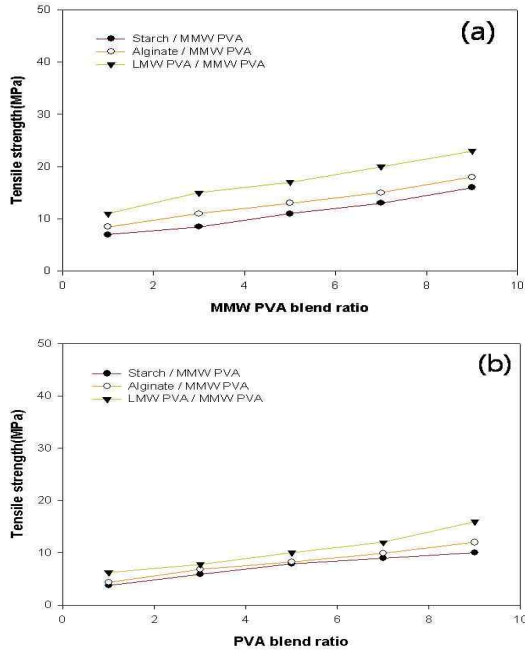


Figure 7. The tensile strength of nonwoven mulching with different binder materials (thickness 0.75mm) (a) cotton/viscose rayon=5/5 and (b) cotton/viscose rayon=7/3).

3. 부직포의 두께에 따른 생분해성

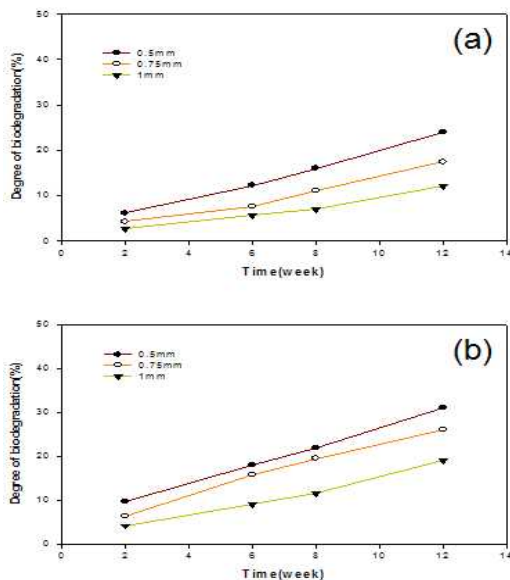


Figure 8. The effect of mulching thickness on the relationship between time and biodegradability (a) cotton/viscose rayon=7/3, dry condition and (b) cotton/viscose rayon=7/3, wet condition.

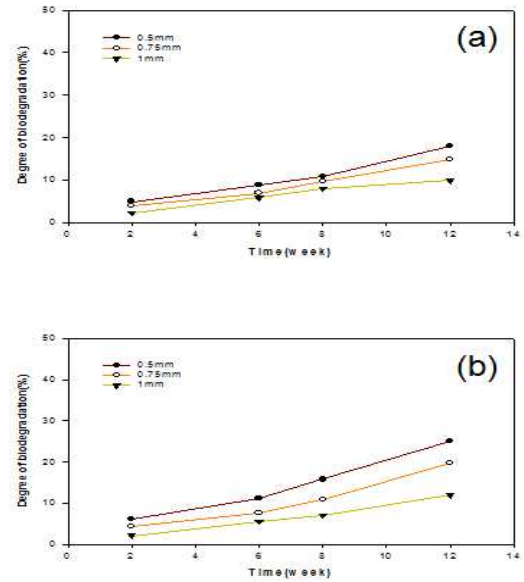


Figure 9. The effect of mulching thickness on the relationship between time and biodegradability under dry condition, (a) starch/PVA=5/5, cotton/viscose rayon=5/5 and (b) starch/PVA=5/5, cotton/viscose rayon=7/3.

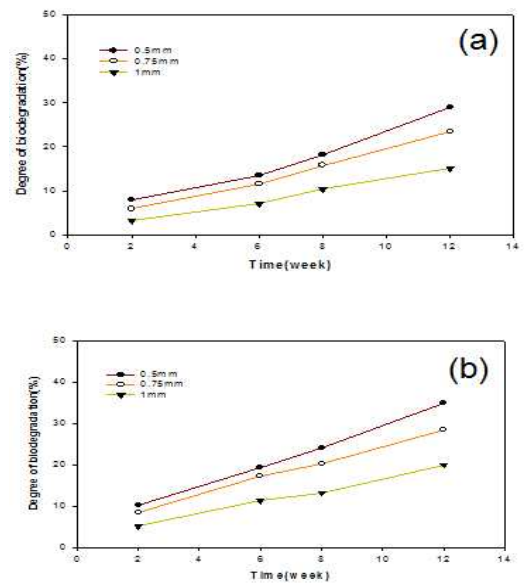


Figure 10. The effect of mulching thickness on the relationship between time and biodegradability under wet condition, (a) soluble starch/PVA=5/5, cotton/viscose rayon=5/5 and (b) soluble starch/PVA=5/5, cotton/viscose rayon=7/3.

그림 8-10은 부직포의 두께와 호제 및 부직포 혼합 비율별 생분해도와 상관관계를 나타낸 것이다. 그림 8에서 호제 처리를 하지 않은 상태에서의 생분해성

은 면/비스코스레이온이 혼용률이 7/3인 경우 부직포를 0.75 mm의 두께로 제조하였을 경우가 생분해도가 높게 나타남을 알 수 있다. 비스코스레이온은 단지 부직포 제조시 형태 안전성을 향상시키는 용도로 많은 양이 혼입이 되면 생분해성이 낮아진다. 반대로 비스코스레이온의 혼용비율을 낮추면 생분해성은 높아지는 반면 부직포 형성이 용이하지 못하다. 따라서 면과 비스코스레이온이 7/3의 비율로 혼용되었을 경우, 부직포가 0.75 mm의 두께로 제작하였을 경우가 가장 효율적인 조건임을 확인 하였다. 동일 시료를 건식, 습식조건으로 처리하여 생분해도를 비교하였을 때 습식 조건에서 미생물의 활동성이 높아 생분해성이 모든 측면에서 높게 나타남을 알 수 있다.

그림 9와 10은 면과 비스코스레이온의 비율이 5/5 및 7/3인 경우에 전분과 PVA를 5/5비율로 블렌드 호제로 처리를 하였을 때 건식 및 습식조건에서의 생분해도를 측정된 결과이다. 면과 비스코스레이온의 혼용비율이 7/3인 경우 우수한 생분해성을 나타내며, 건식 조건 보다 습식 조건에서 생분해도 증가함을 알 수 있었다. 그림 8-10의 결과를 비교해 보았을 때 호제 처리시 생분해성이 높게 나타남을 알 수 있다. 천연재료를 단독으로 사용하는 것 보다, 생분해를 조절하기 위해서는 환경 친화적인 PVA를 일정 비율로 혼입하여 특성을 조절하는 것이 더욱더 효과적임을 알 수 있다.

결 론

본 연구에서는 카딩 공정 후 나오는 낙면 및 폐면과 비스코스레이온을 부직포원료로 사용하며 생분해성이 우수한 천연재료인 전분과 환경 친화적인 고분자인 수용성 PVA를 사용하여 전분/PVA 블렌드 호제를 이용하여 생분해성을 가지는 농업용 멀칭재를 제조하여 분석하였다. 부직포와 호제의 혼용율에 따른 기계적 특성과 생분해성을 측정된 결과 면과 비스코스레이온이 7/3 비율인 경우 제조된 멀칭 부직포의 생분해성이 가장 우수한 효과를 나타내었다. 또한, PVA와

천연고분자의 블렌드 호제의 경우 두 물질이 수소결합을 형성함에 따라 부직포에 결합되어 PVA함량에 따라 기계적 성질이 증가하는 것을 확인하였다. 따라서 전분과 PVA의 블렌드 호제는 농업용 부직포에 적용이 가능하고 물리화학적 특성 및 생분해성도 적합하여 농업용 부직포에 사용가능성을 확인 하였다. 생분해성 고분자 시장의 활성화를 위해서는 새로운 물성 및 재료의 개발도 중요하지만, 생체적합성 재료와 같이 생분해성 고분자가 갖는 물리화학적 성질의 충분한 이해를 바탕으로 한 기능성 부여 제품의 개발이 농업용 부직포 시장의 경제성 확보를 위해 필수적으로 요구된다 할 수 있다.

인용문헌

1. 김희수, 양한승, 김현중, 이영규, 박희준. 2004 옥수수전분을 충전제로 첨가한 생분해 고분자 복합재료의 열적성질. 목재공학 32(5) : 29-38.
2. 백승규, 2007. 직관식 토양오염 측정 시스템을 이용한 토양오염도 평가. 광운대학교 대학원 석사학위논문.
3. 서병선. 2008. 수관하부 피복이 토양과 사과나무 생육 및 품질에 미치는 영향. 전북대학교 농업개발대학원 석사학위논문.
4. 이명석, 홍영근. 2005. 실험계획법을 이용한 전분/PVA 블렌드 제조 최적조건 탐구에 관한 연구. Elastomer 40(2) : 128-135.
5. 이익진, 안규동, 조광성, 김남수, 이성수, 이병국. 2004. 납 사업장내 토양오염에 관한 연구. 한국산업위생학회지 14(3) : 290-300.
6. 한국과학기술정보연구원. 2006. 생분해성 소재.
7. 홍석인. 1999. 전분을 이용한 생분해성 포장소재 개발. 식품과학과 산업. 32(1) : 94-99.
8. 황선일. 2002. 생분해성 플라스틱의 기술 개발 동향. 한국과학기술정보연구원
9. 정용운. 2006. 전분/PVA 블렌드의 물성향에 관한

연구. 수원대학교 대학원 석사학위 논문.

10. 최호진. 2006. 토양세척에 의한 복합오염 토양의 정화. 고려대학교 대학원 박사학위논문.
11. Dae-Lyoung Lim, Seung-Soon Im. 1992. Biodegradable Polyolefin Composites containing Starches. J. of Korean Ind.&Eng. Chemistry, 2(3) : :361-370.