

# 환경친화적 재료품의 연구 동향

김 정 열

한국인삼연초연구원

세계적으로 환경문제의 중요성에 대한 인식은 날로 증가하고 있으며, 쓰레기 매립장 및 처리장의 감소 등 정부의 규제는 모든 화학제품 및 소비재 생산자들로 하여금 Product stewardship의 개념을 도입케하고 있다. 따라서 담배산업도 환경문제 해결을 위하여 담배제품에 사용되는 모든 재료들을 가능한한 환경친화적 재료로 대체 연구하고 있는 실정이다. 그러므로 현재 우리가 사용하고 있는 재료들이 어떻게 분해되고, 얼마나 빨리 분해되며, 그 분해 과정에 영향을 미치는 요인들에 대해 지금까지 연구 발표된 자료를 중심으로 하여 검토하고 재료품에 대한 환경친화적 연구방향 및 국내외의 개발동향을 살펴보고자 한다.

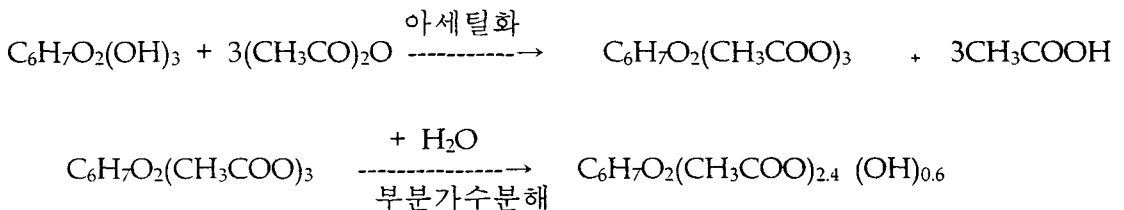
## 1. 필터

필터소재로는 종이, 셀룰로스 아세테이트 토크, 레이온, PP 등 여러 가지가 있다. 그러나 필터로서의 효율성, 경제성 등에 의해서 오늘날 필터의 주 소재로서 이용되고 있는 물질은 셀룰로스 아세테이트 토크이다. 토크는 기본적으로 셀룰로스에 근거한 1차 천연물로 되어 있으며, 셀룰로스란 3개의 반응성 hydroxyl group을 갖는 긴 사슬의 anhydroglucose와 유기산의 에스테르이다.

셀룰로스 아세테이트는 1865년 Schutzenberger에 의해서 처음 합성되었으며,

1879년 Franchimont에 의해서 촉매로 sulfuric acid를 이용한 합성법이 개발되었다. 이 합성법은 오늘날까지 이용되고 있다. 그러나 낮은 용해성 때문에 산업적 개발과 이용이 잘 이루어지지 않았으나, 1904년 Miles 과 Eichergun이 cellulose triacetate를 부분 가수분해 시켜 아세톤에 용해될수 있는 acetate 합성에 성공함으로써 현재의 셀룰로스 아세테이트가 개발되어 담배 필터에 사용되고 있다.

필터의 기본인 셀룰로스 아세테이트 토우는 셀룰로스 아세테이트의 연속 필라멘트의 집합체로서 일렬로 배열되어 주름지어진 flat 또는 리본 같은 band이다. 아세테이트 토우 제조공정을 살펴보면 염선된 목재 펄프를 정제하여 정제된 셀룰로스에 황산의 촉매 작용하에서 무수초산으로 아세틸화 시켜 cellulose triacetate를 만든 후 부분 가수분해 반응으로 cellulose triacetate와 cellulose diacetate가 혼합된 acetate flake를 얻는다.



Cellulose diacetate는 아세톤에 용해시키면 점액성의 용액 즉, 합성용액인 방사원액(dope)이 되는데 여과시킨 다음 고압 방적돌기를 통과해서 필라멘트로 방적된다. Fine stream 형태로 방사원액은 경화실로 들어가고 이 과정에서 아세톤은 더운 공기에 의해서 증발되고 stream은 고형화되어 필라멘트로 분리된다. 이들 필라멘트를 함께 뽑아내어 주름(crimp)을 잡아 베일(bale)로 만든다.

## 1.1 필터의 분해

담배를 다 피우고 난 후 버려지는 담배 꽂초(필터)에는 어떤 일이 일어날까?

아마 일반적으로 애연가가 그 당시 처해 있는 환경에서 쓰레기통에 버리든지 또는 적당히 처리해 버릴 것이다. 이렇게 버려진 담배 궤초는 개울, 강, 하수구, 거리의 쓰레기로 존재하게 될 것이나. 이 후의 담배 궤초는 영원히 궤초 그대로 남아 있든지 아니면 분해되어 없어지든지 할 것이다. 그러나 연구 결과에 의하면 자연 환경에 놓여진 필터들은 영원하지 않고 분해된다는 사실이 밝혀졌다. 다음은 필터가 어떻게 분해되며, 얼마나 빨리 분해되는지 살펴보고 더 환경 친화적 필터 개발을 위하여는 어떠한 방향으로 연구해야 하는지 서술하였다.

### 1.1.1 연구 현황

1957 L. R. Smoke는 토양매립 실험에서 6개월 이후, 해수에서는 1년 이후 섬유 표면의 부식을 관찰하였으며, Manny Coulon 등은 미생물 배양(호기적) 조건에서는 1~2 개월, 토양 매립시 6~9 개월, 물에서는 약 1년, 해수, 사막, 또는 지하 등과 같은 악조건하에서는 필터가 완전히 분해되는데 3년 이상이 소요된다고 발표하고 있다. Lowe와 White는 토양 매립시 6 개월 후 섬유표면 부식이 관찰되었고 완전 분해는 9개월이 소요된다고 보고하였고, Courtaulds Filter Tow의 자료에 의하면 aquatic system에서는 9 개월 이후 셀룰로스 아세테이트 분해가 그리고 토양 매립 경우는 9 개월후 완전 분해된다고 보고 하고 있다. 그러나 BAT의 W. Wiethaup의 실험 결과에 의하면 토양 매립 실험에서 27개월이 지난 필터의 경우 비록 부식 현상이 관찰되었으나 필터형태는 그대로 유지되고 있었으며, 이주학(한국담배인삼공사)의 연구 결과에서도 지표면에 노출시 12개월 후 46%의 무게 감소, 토양매립시 12 개월 후 53%의 무게 감소가 관찰되었으나, 필터형태는 크게 변하지 않았음을 보고하였다. 또한 환경부 자료에 의하면 담배필터가 완전분해되는 시간을 10~12년 소요된다고 발표하고 있다. 이와 같이 완전 분해되는데 소요되는 기간이 상이한 것은 각각의 환경과 조건이 서로 다르며 분해 측정 방법의 표준이 마련되어 있지 않기 때문이다. CORESTA Technology Study Group에서는 Cigarette Butt Degradability Task Force을 1993년 구성하여 자연 환경하에서의

분해 측정 방법 및 실험실적으로 분해성을 짧은 시간내에 측정할 수 있는 방법을 연구하여 표준 방법을 정립중에 있다.

### 1.1.2 분해 메카니즘

자료조사에 의하면 셀룰로스 아세테이트는 UV 파장이 280nm보다 큰 UV 파장-에서는 분해되지 않는 것으로 알려져있다. 이 사실은 300nm보다 짧은 빛의 파장은 지구환경의 오존 층을 통과할 수 없기 때문에 셀룰로스 아세테이트는 litter 환경에서는 광학적으로 분해되지 못한다는 것을 의미한다. 또 다른 연구결과에 의하면 셀룰로스 분해효소 즉, cellulase와 esterase는 cellulose acetate의 아세틸기 치환도가 1 이상을 넘을 경우는 cellulose acetate와 반응하지 않는다고 하였다. 이러한 결과는 평균 아세틸기 치환도가 2.5 정도인 cellulose acetate로 제조된 담배 필터는 litter 환경에서는 생분해 될 수 없다는 의미이다.

그러나 1992년 이후 아세틸기 치환도 2.5 이하를 갖는 셀룰로스 아세테이트가 호기적 또는 혐기적 조건에서 분해된다는 사실이 보고되었으며, 많은 셀룰로스 아세테이트들이 쉽게 퇴비화될 수 있음이 밝혀졌다. 즉, 아세틸기 치환도 2.5 정도를 갖는 담배 필터는 빛과 물의 존재하에서 첫 단계로 hydrolytic deacetylation이 일어나고 이러한 반응이 계속 진행되어 아세틸기 치환도가 1에 가까워지게 된다. 궁극적으로는 물에 용해되며, 생분해가 가능하게 된다. 더 진행되면 폴리머의 체인이 끊어지므로서 낮은 분자량을 갖으며 물에 용해되는 예를들면, Xylose, glucose, cellobiose, cellotriose와 같은 당들이 형성된다. 즉 셀룰로스 아세테이트는 광분해 및 생분해에 의해서 분해된다.

생분해를 위하여 필요한 물리적, 화학적 요구 사항인 온도, pH, 수분, 영양소, 산소, 물리적 여건 등의 조건이 만족되어야 생분해가 활발히 진행될 수 있기 때문에 담배꽂초를 분해하는데 얼마 만한 시간이 요구된다고 말하기는 어렵다. 광분해 촉진제 연구 결과중 미세 분말(입자크기 : 10nm 이하)의 아나타제 타입 산화티탄이 광분해를 촉진 시킨다고 보고되어 있다. 산화티탄의 광촉매 특성은 산화티탄의

가전자대 전자가 빛에너지를 흡수하여 내부에서 전자 또는 정공대가 발생되며, 이 정공은 강한 산화력을 갖아 산화티탄 표면에 화학흡착되어 있는 물분자와 반응하여 OH 라디칼을 생성하므로써 산화반응을 일으킨다. 그러므로 담배꽂초가 자연환경에 노출되어 광분해 반응이 일어나려면 셀룰로스 아세테이트 토우를 싸고 있는 톱페이퍼 및 필터권지가 우선 분리되어야 하기 때문에 최근 광분해성, 생분해성 토우 개발과 함께 필터 분리성 향상도 연구 대상이 되고 있다.

## 1.2 분해성 토우의 개발 현황 및 동향

셀룰로스 아세테이트 토우의 분해성 촉진 연구는 외국의 경우 연구가 활발히 진행되어 질소 화합물이 첨가된 필터(Rhodia 사), 전분 폴리머 섬유 개발(독일, Biotech), 생분해성 담배필터 개발(일본, Daicel)이 국내 특허 등록되었으며, 필터소재 분리성이 향상된 담배필터 및 광분해 촉진 셀룰로스 아세테이트 섬유 개발(Eastman 사), 폴리카프롤락탐과 같은 생분해성 중합체 배합 기술(일본,왕자제지), 이 외에 starch acetate 및 셀룰로스 아세테이트와 polyhydroxy butyrate의 공중합체 제조 등 분해성 촉진과 더불어 대체소재 개발이 활발히 연구되고 있다.

## 2. 화재 안전 담배

미국 National Fire Protection Association에 따르면 가정 화재에 의한 사망 원인의 25%가 담배불에 의해서 발생된다고 보고 하고 있어, 뉴욕주 정부는 2003년 7월 1일부터는 담배를 피우고 난후 일정 시간이 지나면 자연소화되는 담배만을 판매하는 법률을 금년에 제정하였으며, 연방 및 다른 주에서도 현재 법안을 마련하고 있다.

화재 안전 담배를 위한 제품 설계로 우리가 생각할 수 있는 방안은 제품 담배

원주 감소, 켈런지의 조연제 사용의 억제 또는 제거, 낮은 기공도의 켈런지 사용으로 담배 연소성 감소 등을 우선 고려할 수 있다. 미국의 Philip Morris사는 켈런지 회사인 Schweitzer- Mauduit사와 지난 10여년간 공동 연구하여 자연소화 켈런지 일명 "Banded Paper"을 개발하여 이 제품을 생산 할 수 있는 설비 1라인을 설치 생산하여 Merrit Family Brand에 적용 뉴욕주에서 시험 판매중이다. 화재 안전 담배의 특징을 그림에 나타내었다.

개발 내용은 기존 켈런지에 그림에서와 같이 초박막의 밴드를 갖는 제품으로 켈런지와 같은 타입의 종이로 밴드를 형성하여 눈으로는 밴드가 구별되지 않으며, 담배 본당 2개의 밴드가 형성되도록 설계하였다.

담배에 불을 붙인 후 흡연하지 않고 일정 시간이 지나면 저절로 꺼지는 원리는 담배의 각초부위 중 밴드 부위는 다른 켈런지 부위 보다 기공도가 작아 연소시 연소선(lit end/burnig line)이 밴드 부위에 이르면 각초내로 외부 공기의 공급이 줄어들어 꺼진다. 그러므로 열량이 감소되고 연소속도가 느려져 기존담배보다 더 잘 꺼지게 된다. 그러나 애연가의 선호 문제, 재떨이에 올려 놓았을 경우 애연가들이 자체 소화되는 담배를 어떻게 받아 들일 것 인가가 문제로 남아 있다. 또한 BAT 그룹인 Brown & Williamson사도 화재 안전 담배 개발을 위한 과제를 현재 수행중에 있다.

### 3. 기타 재료품

알루미늄 박지는 저장중 담배의 수분 및 향기 성분의 보호, 그리고 미생물 발생의 억제를 위하여 사용되고 있다. 그러나 알루미늄박은 자연에서 분해되지 않아 환경보호의 목적으로 브라질의 Alcan사에서는 알루미늄이 부분 접합된 부분 알루미늄 박지를 사용하므로서 환경오염원인 알루미늄의 사용을 감소시키고 있으며, 독일의 Julius Glatz사에서는 알루미늄이 전혀 사용되지 않은 대체 알루미늄 박지

를 개발하여 Winston 제품에 적용하고 있다. 또한 Opp 필름의 경우 아직 환경 문제에 큰 주목을 받는 대상으로 되어 있지는 않으나 유럽에서는 환경보호를 위해 사용량 감소의 일환으로 필름의 두께를 제한하고 있다. 국내에서는 아직 문제화 되지는 않지만 (주)서통이 러시아의 국립과학기술연구소와 공동으로 광분해성 연신 PP 필름을 세계 최초로 개발하였다.

#### 4. 결 론

환경보호 운동의 확산으로 환경오염 물질들을 규제하고 있으므로 담배 재료품 또한 지구 환경 보호 차원에서 가능한한 환경친화적 재료를 사용해야 한다. 이미 선진국에서는 연구가 활발히 진행되어 실용화 또는 환경오염 규제에 적극 대처하고 있다. 담배꽂초는 비록 자연환경중 분해를 위한 충분한 조건에 있지 않다 하더라도 오랜 시간에 걸쳐 광분해 및 생분해되어 사라진다. 그러나 완전 분해가 되기 위해서는 수년 이상 걸릴 수도 있으므로 분해성 및 분리성 향상을 위해서는 재료의 성질을 개선해야 하며, 필터 자체의 구조를 보다 잘 분해될 수 있도록 연구해야 할 것이다. 기타 재료품도 환경 오염원 감소 또는 환경친화적 재료품으로 대체해 나가야 하며, 담배꽂초에 의한 화재 발생이 국내에서는 어느 정도 문제가 되는지는 확실히 알고 있지는 못하지만 화재 안전 담배에 대한 규제 역시 다가올 수 있기 때문에 연구되어야 한다고 생각된다. 회원들의 많은 관심이 이러한 분야에도 주목되어 담배산업 발전에 기여될 수 있기를 기대한다.