

PET 리사이클링의 현황

김재동/이시간주립대 식품과학과 연구조교 및 Teaching 조교
본지 해외통신원

목 차

- 1. 서론
- 2. PET 병 리사이클링 배경
- 3. 새로운 PET 리사이클링
- 4. PET의 3차원 리사이클링 방법
 - 4-1. Methanolysis
 - 4-2. Glycolysis
 - 4-3. Hydrolysis
- 5. PET 식품용기의 3차원적 리사이클링 방법의 장단점 비교

1. 서론

최근 코카콜라와 펩시콜라는 가까운 장래에 콜라병으로 쓰고 있는 PET 레진에 부분적으로 리사이클된 PET 레진이 들어갈 것이라고 동시에 발표했다. 이들의 발표는 곧 재사용된 PET가 과연 건강에는 해롭지 않은가 하는 문제를 일으켰고 이의 안정성에 대한 토론이 점점 더 식품업계, 위생관련단체에서 격렬하게 벌어지고 있다. 본고에서는 PET 리사이클링 방법과 이에 대한 안정성에 대해 고찰해 보고자 한다.

2. PET병 리사이클링 배경

날로 심각해지는 환경문제와 미국 전체에 쓰레기 매립지가 거의 포화상태에 달함에 따라 도시쓰레기, 특별히 플라스틱 쓰레기 처리문제가 심각하게 대두되고 있다.

미국환경보호협회 (US EPA : Environmental Protection Agency)는 되도록 쓰레기 매립 (Landfill)을 피하고 리사이클링이나 쓰레기 소스 (Source) 자체를 줄이는 방향으로 법령을 설정했으며, 1995년에는 전체쓰레기중 55%만이 매립지로 가고 20%는 소각하고 25%는 리사이클링한다는 목표를 세우고 추진중이다.

플라스틱 리사이클링이 수년동안

계속되어 왔지만 대부분 1차원 리사이클링 즉 재사용 리사이클링에 그쳐왔다. 플라스틱 제품의 종류도 많고 다양해서 사용된 모든 플라스틱의 리사이클링이란 아직도 어려운 숙제이다. 그러나 PET 리사이클링은 이중에 예외의 하나로 성공적인 리사이클링을 하고 있다.

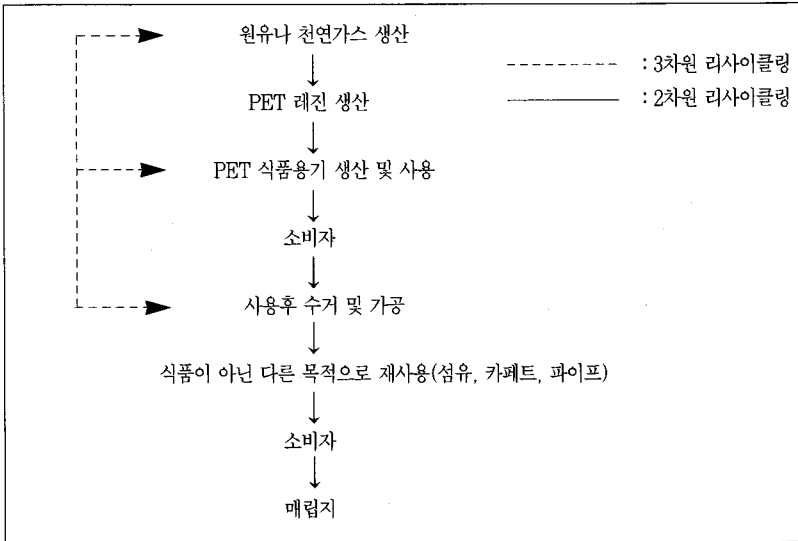
3. 새로운 PET리사이클링

포장용으로 사용되는 PET는 1993년에 180억파운드에 달하며 매년 10%씩 계속 증가할 전망이다. 과거 수십년간 PET리사이클링은 빠르게 성장해왔는데 1979년에는 8백만 파운드이던 것이 현재는 거의 2억파운드를 넘고 있다.

현재 PET리사이클링은 1차원 리사이클링을 넘어서는 2차원 리사이클링 공정인데, 이는 사용된 병을 물리적으로 분쇄시켜서 병이 아닌 새로운 제품을 만들어 내는 것을 말한다. 이 2차원 리사이클링 PET는 대부분 카페트나 파이프 등에 사용되고 있으며 아직은 음식을 싸는데는 사용되지 못하고 있다.

[그림 1]은 현재 PET 식품포장용기의 2차원 리사이클링 과정과 새롭게 코카콜라와 펩시콜라에서 추진중인 3차원 리사이클링 즉 폐쇄 (closing the loop) 리사이클링 과정

(그림 1) PET 식품용기의 리사이클링



을 보여 주고 있다.

즉 3차원 리사이클링(폐쇄 리사이클링) 바로 매립지로 가는 플라스틱 양을 최소로 줄일 수 있고 새로운 레진의 양도 줄일 수 있다.

이제까지 새로운 시스템인 폐쇄 리사이클링이 사용될 수 없었던 몇가지 주요 문제점이 있었는데 이는 첫째로 식품안전성(Food Safety)에 관한 소비자들의 우려와 FDA의 포장재 안전에 관한 승인이었고, 둘째는 폐쇄계로 재사용된 PET의 공정과 기술이 식품안전을 충분히 보장할 수가 없었기 때문이었다.

FDA의 승인에 관해서 플라스틱 협회(Society of Plastics Industry : SPI)의 상임법률고문인 Jerry Heckman에 따르면 재사용된 레진이 외부물질에 전혀 오염되지 않았으며 이 레진 자체가 FDA의 규정을 충분히 만족시켜 준다면 굳이 FDA의 승인 없이도 식품용기에 사용할 수 있다고 주장하고 있으며, 마침내 1991년 1월 10일에 이러한 제안이 FDA의 승인을 얻게 되었다. 그러나

문제는 리사이클링된 PET 레진이 정말로 오염이 되지 않았다고 증명하는 것이다. 사실 말이 쉬우나 이 말이 포함하고 있는 내용은 그리 간단치가 않다. 문제의 핵심은 오염원(Contaminants)이 음료의 잔유물 뿐만 아니라 빈병에 화학물질을 담았다거나 기타 다른 용도로 사용된 병에는 다른 외부물질도 많이 있기 때문이다. 즉 기름이나 제초제, 화학약품 등이 있을 수 있기 때문이다.

이와 같이 문제를 해결하기 위해서는 3차원 리사이클링의 정제공정이 가장 큰 이슈로 등장하고 있다.

4. PET의 3차원 리사이클링 방법

3차원 리사이클링 방법에는 여러가지가 있으나 크게 3가지로 구분되는데 첫째는 Methanolysis(메탄올로 PET 고분자를 다시 분해해 내는 것)이고, 둘째는 Glycolysis(에틸렌 글리

콜로 PET 고분자를 다시 분해해 내는 것)이고, 셋째는 Hydrolysis(물로 PET 고분자를 분해해 내는 것)이다.

이중 어느 것도 아직 PET 식품용기의 리사이클링으로 상업화되지 않았으나 현재 펩시콜라와 Goodyear사와 공동으로 이 연구를 추진하고 있는 코카콜라는 적어도 이들중에 하나의 공정으로 FDA의 최종 승인을 받았다고 발표하고 있다.

4-1.Methanolysis

Methanolysis는 사용후 수거된 PET병을 메탄올로 화학처리하여 PET의 원재료인 Dimethyl terephthalate(DMT)와 ethylene glycol로 분해해 내는 것으로 ethylene glycol은 다시 정화되어 냉각수 사장으로 재사용되기도 한다. DMT는 Crystallization과 Distillation 공정을 거쳐서 보다 정제된 DMT 모노머로 PET 레진으로 다시 만들어진다.

4-2. Glycolysis

Glycolysis는 사용후 수거된 PET병을 ethylene glycol을 넣고 가열하여 단지 부분적으로 고분자 체인을 끊은 후 bis-hydroxy ethyl terephthalate(BHET)와 Oligomer로 바꾼다. Glycolysis로는 정제된 물질을 얻기가 어려운데 이는 결과물이 crystallization과 distillation 공정을 거치기가 어렵기 때문이다.

그러나 용제로 추출하는 공정을 거치면 정제된 결과물을 얻을 수 있으나, 문제는 사용된 용제의 독성과 잔유물 문제가 아직 해결되지 못하고 있다.

4-3. Hydrolysis

Hydrolysis는 물이나, 산, 가성소다나 Amonium Hydroxide를 이용해서 고분자를 분해해 내는 공정으로 다른 두 공정에 비해 아직 실험실 단계에 머무르고 있는데 이는 반응혼합물과 부산물로 나오는 각종 염들로부터 Telephthalic acid(TPA)를 정제해 내기가 어렵기 때문이다.

5. PET 식품용기의 3차원적 리사이클링 방법의 장단점 비교

[표 1]은 이들 세 공정의 장단점을 아래 요인에 따라 비교해 보여주고 있는데 첫째요인은 수거된 PET용기의 품질, 둘째요인은 공정원가(보통 : \$0.03~\$0.08/1b, 높음 : \$0.08~\$0.13/1b), 셋째요인은 리사이클링으로 인해 매립지로 갈 쓰레기의 감소율, 마지막 네번째로 리사이클링된 제품의 품질이다.

먼저 수거된 PET용기의 품질면에서 볼 때 Methanolysis 방법은 수거된 PET용기의 품질이 좀 나빠도 좋

[표 1] PET 식품용기의 3차원 리사이클링 방법의 장단점 비교

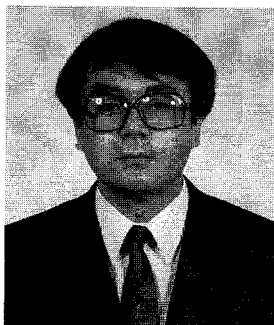
구 분	hydrolysis	Glycolysis	Methanolysis
수거된 PET용기의 품질	높다	높다	낮다
공정원가	보통	보통	높다
재사용효과	추후 결정될 수 있음	추후 결정될 수 있음	무제한
제품품질	높다	높다	낮다

은 제품을 만들 수 있는데 이는 Crystallization이나 Distillation과 같은 정제공정이 있는 반면, 다른 두 방법도 이 정제공정이 어렵기 때문에 수거된 PET용기의 품질이 높아야만 한다. Methanolysis가 갖고 있는 이 독특한 정제공정으로 말미암아 다른 두 공정에 비해 공정원가가 높은 편이나 원자재(수거된 PET병)의 아주 높은 품질을 요구치 않기 때문에 다른 두 공정에 비교할 때 서로 상쇄될 수 있다고 볼 수 있다.

다른 어떤 공정보다도 Methanolysis가 갖는 장점은 단지 고분자 분해공정으로 연구한 폐쇄리사이클링 시스템을 가질 수 있어 매립지로 가는 PET량을 절대적으로 줄일 수 있다는데 있다. Methanolysis로 제조된 PET 레진의 원자재인 Dimethyl terephthalate 모노머는 원래 오리지널 제품과 거의 똑같은 제품으로 90% 정도까지 만들 수 있다. 사실

PET는 100% 리사이클링된 레진을 써도 큰 문제는 없으나 현재는 경제적인 수지타산 관계로 100% 리사이클링된 재료를 사용하지 못하고 있다. 왜냐하면 리사이클링 레진이 현재는 더 비싸기 때문이다.

Glycolysis나 Hydrolysis는 수거된 PET병의 품질이 높아야 한다는 한계가 있고 특히 색깔이 들어있는 PET의 경우 따로 분리해 내야 하는 어려움이 있다. 따라서 현재 기술로 볼 때 Methanolysis가 가장 좋은 입지조건을 가지고 있다고 말할 수 있다. 앞으로 플라스틱 리사이클링 시스템은 계속 3차원 지향의 리사이클링쪽으로 기술을 모아갈 것으로 예상되며, 1차원, 2차원 리사이클링도 계속 병행해 강조될 것으로 전망된다.



이 글의 필자인 김재능씨(사진)는 해외통신원으로 월간 『포장정보』의 편집에 참여, 앞으로 보다 신선하고 고급한 해외정보를 독자에게 제공해 드릴 것입니다.

- ▲ 85년 홍익대학교 화학공학과 졸업
- ▲ 86년 디자인포장센터(현 KIDP) 포장개발부 연구원 입사
인도 포장기구에 3개월간 포장공학 연수
- ▲ 87년 서울국제포장기자재전 및 제1회 우수포장대전 기획 및 실행
미국 Pratt Institute에서 2개월간 포장디자인 연수
- ▲ 87~90년 중소기업 포장기술 지도 및 용역 업무 다수
- ▲ 91년 미시간 주립대 포장학과 연구조교
- ▲ 현재 동 대학 박사과정 이수중