**폴리프로필렌(PP)의 순환과 재활용 전략**

**권대원 김태민**

**인천과학예술영재학교**

ABSTRACT: 플라스틱 빨대는 일회용 제품으로 인한 환경 오염의 주요 원인으로 대두되고 있으며, 종이 빨대가 대안으로 등장했으나 소비자 거부감이 크다. 본 논문은 폴리프로필렌(PP) 빨대와 배달용기를 비롯한 폴리프로필렌(PP)의 밸류체인을 중심으로 재활용과 순환 경제 모델을 구축한다. PP는 재활용이 가능하지만, 현재 밸류체인 내 재활용 공정이 미흡해 효율성이 낮다. 본 연구는 생산부터 재활용에 이르는 밸류체인 개선을 통해 PP빨대의 순환 경제를 실현, 환경적 지속 가능성을 제시한다.

**서론(Introduction)**
플라스틱 빨대는 일회용 제품으로 널리 사용되며, 그로 인한 환경 오염이 심각한 문제로 대두되고 있다. 특히 플라스틱 빨대는 사용 후 바로 폐기기되며, 그 작은 크기와 가벼움 때문에 수거와 재활용이 어려워 해양 쓰레기의 구성 요소 중 하나가 되었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 많은 국가와 기업들이 플라스틱 빨대 사용을 제한하거나, 종이 빨대와 같은 대체재를 도입하는 등 다양한 노력을 기울고 있다. 그러나 대체재로 사용되는 종이 빨대는 소비자들 사이에서 불편함과 거부감을 유발하며, 기대했던 만큼의 효과를 거두지 못하고 있다. 이러한 상황에서 폴리프로필렌으로 제작된 플라스틱 빨대의 재활용과 순환 경제를 위한 새로운 접근이 필요하다. PP는 내구성이 뛰어나고, 다양한 환경 조건에서 안정적으로 유지되고, 재활용이 가능한 플라스틱 재질이다. 현재의 PP 빨대는 재활용 시스템 내에서 충분히 순환되지 못하고 있으며, 이는 결국 자원의 낭비와 환경 오염을 야기한다.
본 논문은 PP 빨대의 생산, 소비, 수거, 재활용에 이른 밸류 체인을 분석하고, 이를 개선하기 위한 전략을 제시하고자 한다. 특히, PP 빨대의 순환과 재활용을 최적화하기 위해 기존의 재활용 공정을 재검토하고, 효율적인 분해 및 업사이클링 방안을 탐구한다. 또한 업사이클링을 통해 만든 것이 산업에 어떻게 활용될 수 있는지 논의한다. 본 연구는 플라스틱 빨대의 순환 경제 구축이 가능함을 보여주고, 이를 통해 자원 효율성을 극대화하여, 환경적 지속 가능성을 달성할 수 있음을 입증하는 것을 목표로 한다. 이를 통해 플라스틱 빨대 뿐만 아니라 다른 종류의 일회용 플라스틱 제품에도 적용 가능한 모델을 제시하고, 플라스틱 산업의 지속 가능한 발전에 기여하고자 한다.

**Process**

Open question (1) 폐기: 구상할 밸류체인에서 대상으로 할 플라스틱의 종류를 설정하고, 해당종류의 플라스틱이 배출되고 있는 실태를 정리한다.

우리가 구상할 밸류체인에서 대상으로 할 플라스틱의 종류는 폴리프로필렌(PP)이다. 폴리프로필렌은 우리가 플라스틱의 빨대의 구성성분으로 쉽게 볼 수 있는 플라스틱이다. 폴리프로필렌은 높은 내열온도를 가져 고온에서도 쉽게 변형되지 않고 환경 호르몬도 배출하지 않는다. 또한 안정성이 우수하여 보건용 마스크나, 의료장비를 제작할 때에도 주로 사용되며 재활용 또한 가능한 장점이 있다. 그러나 배달용기로 사용되는 PP는 혼합배출되는 과정에서 음식물 오염이 심하다는 단점이 있다. 폴리프로필렌 재질의 포장재 중 음식 용기,트레이가 주로 선별되지 않았고, 특히 배달음식 용기가 많았다.

Open question (2) 수집: 대상으로 정한 플라스틱이 주로 어느 용도로 쓰이는지, 어떤 폐기 과정을 거치는지, 플라스틱 종류에 따른 분리수거비율 등에 집중하여 폐플라스틱이 환경에 미치는 영향을 제시한다.

폴리프로필렌은 주로 버려지는 빨대, 배달 용기에서 볼 수 있는데 이러한 두가지 물체는 모두 음식점, 배달용품으로 제공되기 때문에 음식물 오염이 존재하고 분리하여 수집할 수 있다는 특징을 가지고 있다.

새로운 순환 시스템

배달에서 사용된 폴리프로필렌(PP) 재질의 빨대와 용기를 효율적으로 재활용하기 위해 다음과 같은 구체적인 재가공 프로세스를 제안한다.

1. 초기 수거 단계:

먼저, 카페나 식당과 같은 장소에 빨대와 용기를 쉽게 회수할 수 있는 전용 수거함을 설치한다. 이 수거함은 사용된 빨대와 용기를 소비자가 간편하게 반납할 수 있도록 설계되며, 수거된 재료는 정기적으로 회수된다. 이를 위해 각 수거함은 일정량이 채워지면 알림이 발생하여 수거팀이 효율적으로 회수할 수 있게 된다. 또한 PP로 만든 배달용기와 빨대에는 용이한 식별과 회수를 위해 특별한 라벨을 부착한다. 이 라벨에는 재질 정보와 함께 배달 앱과 연동된 QR 코드가 포함되어 있어, 고객이 사용 후 쉽게 용기를 반환할 수 있도록 안내한다. QR 코드를 스캔하면, 고객이 해당 용기를 수거함에 반납한 것으로 기록되고, 리워드 포인트가 적립될 수 있다.

2. 세척 및 분류:

수거된 빨대와 용기는 재활용 시설에서 자동화된 세척 공정을 거친다. 이 공정은 고온, 고압의 물과 세정제를 사용해 음식물 찌꺼기와 오염 물질을 철저히 제거한다. 세척 과정에서는 환경 보호를 위해 친환경 세정제를 사용하며, 폐수는 별도로 처리하여 오염을 최소화한다. 세척된 빨대와 용기는 재질별, 색상별, 크기별로 정밀하게 분류된다. 이 과정은 AI 기반의 자동 분류 시스템을 통해 이루어지며, 높은 정확도로 재활용 효율을 극대화합니다. 특히 PP 재질만을 선별하여 다음 단계로 이송된다.

3. 분쇄 및 펠릿화:

분류된 PP 소재는 산업용 분쇄기를 통해 작은 조각으로 분쇄된다. 이 단계에서는 분쇄된 플라스틱의 크기를 균일하게 유지하여 이후 펠릿화 과정에서 높은 품질의 원료를 확보할 수 있도록 한다. 분쇄된 PP 조각은 고온에서 녹여 펠릿(작은 알갱이) 형태로 가공된다. 펠릿은 재활용 플라스틱의 표준 원료 형태로, 다양한 플라스틱 제품의 원재료로 사용될 수 있다. 이 펠릿은 품질 검사를 거쳐, 불순물 함량이 낮고 내구성이 높은 제품 생산에 적합한 원료로 분류된다.

4. 재성형 및 제품화:

생산된 PP 펠릿은 압출 성형, 사출 성형, 블로우 성형 등의 공정을 통해 새로운 제품으로 재성형됩니다. 이 과정에서 펠릿은 다양한 형태의 배달 용기, 포장재, 빨대 등으로 제작되며, 생산된 제품은 기존 제품과 동등한 품질을 보장한다. 추가적으로, 재생 플라스틱을 이용해 내구성이 강화된 친환경 제품을 개발할 수 있다. 예를 들어, 여러 번 사용할 수 있는 다회용 배달 용기나, 생분해성 코팅이 된 빨대를 제작하여 재활용률을 높이고 환경 부담을 줄일 수 있다.

5. 열분해 및 에너지 회수:

재활용이 어려운 플라스틱은 열분해 공정을 통해 에너지를 회수한다. 열분해는 플라스틱을 고온에서 가열하여 가스 형태로 분해하는 과정으로, 이 과정에서 생성된 가스는 연료로 사용되거나 전력 생산에 이용될 수 있다. 이는 폐플라스틱의 최종 처리 방법으로, 매립이나 소각 대신 에너지를 생산하여 환경 보호와 자원 활용을 동시에 달성할 수 있는 방법이다.

6. 지속 가능한 밸류체인 구축:

회수된 용기와 빨대가 다시 제품으로 재탄생하고, 이 과정이 지속적으로 반복될 수 있도록 순환 경제 체계를 구축한다. 배달 업체, 소비자, 재활용 기업이 협력하여 자원을 최대한 활용하고, 폐기물을 최소화하는 구조를 형성한다. 이를 통해 지속 가능한 플라스틱 사용 문화를 촉진하고, 환경에 미치는 부정적인 영향을 줄일 수 있다. 마지막으로, 고객의 참여를 장려하기 위해 배달 앱과 연동된 리워드 프로그램을 운영한다. 고객이 사용한 용기를 반환하면 포인트를 적립해주고, 이를 통해 할인 혜택이나 친환경 제품을 구매할 수 있도록 유도한다.

이와 같은 재가공 과정은 배달 산업에서 발생하는 플라스틱 폐기물을 효율적으로 관리하고, 지속 가능한 자원 순환을 촉진하는 데 기여할 것이다. 특히, 고객과 기업이 모두 참여하는 순환 경제 모델을 통해 플라스틱 사용을 줄이고, 환경 보호를 강화할 수 있을 것이다.

**Conclusion**

이 연구는 폴리프로필렌(PP) 소재인 빨대와 배달 용기와 같은 제품의 재활용 및 업사이클링에 초점을 맞춘 포괄적인 순환 경제 모델을 제시한다. PP는 높은 내구성과 재활용 가능성 등 여러 가지 이점을 가지고 있지만, 현재의 재활용 공정은 음식물 오염과 같은 문제로 인해 비효율적이다. 본 연구는 이러한 문제를 해결하기 위해 수집 시스템을 효율화하고, 고도화된 자동 분류 및 세척 공정을 개발하며, 펠릿화 및 재성형을 통한 효율적인 자원 회수 방안을 제시한다.

소비자, 기업, 재활용 산업을 연결하는 지속 가능한 밸류체인을 구축함으로써 PP 제품이 환경에 미치는 영향을 크게 줄일 수 있다. 특히 배달 앱과 연계된 리워드 시스템의 도입은 소비자의 재활용 프로그램 참여를 증가시켜 자원 효율성을 극대화할 수 있다. 또한, 재활용이 어려운 PP 폐기물에 대해서는 열분해를 통한 에너지 회수 방법을 제안하여 자원 활용을 극대화하고 매립지 부담을 최소화한다.

이러한 순환 경제 접근을 통해 빨대뿐만 아니라 다양한 일회용 플라스틱 제품을 효과적으로 관리할 수 있음을 알 수 있으며, 이는 환경적 지속 가능성이라는 더 큰 목표에 기여할 수 있다. 본 연구에서 제시된 전략들은 배달 산업에서 발생하는 플라스틱 폐기물을 줄이는 데 기여할 뿐만 아니라 책임 있는 생산과 소비 문화를 조성하는 데에도 도움이 될 것이다. 이를 통해 주요 이해관계자들의 적절한 협력이 이루어진다면, 플라스틱 산업의 더 지속 가능한 미래를 만들어 나갈 수 있음을 입증한다.