

원유에서 재배유로

: 폐유를 바이오정제하여 석유를 대체합니다.

원유는 흔히 "석유"로만 불리며, 우리는 매일 접하지만 그 영향을 항상 깨닫지 못할 수도 있습니다. 지구 깊숙한 곳에서 추출한 이 물질은 자동차에 동력을 공급하고, 비행기에 연료를 공급하고, 배가 바다를 가로질러 나아갈 수 있도록 해줍니다. 석유는 연료 외에도 우리가 의지하는 많은 다른 제품의 원료입니다. 플라스틱과 합성 화학부터 옷, 화장품, 왁스, 태양광 패널, 심지어 의약품까지 다양합니다.



우리가 얼마나 많은 석유를 사용하는지 생각하면 정말 놀랍습니다. 2023년에 우리는 매일 약 9천6백만 배럴을 채굴했습니다. - 이는 약 150억 리터(약 40억 갤런)에 해당하며, 지구상의 모든 사람이 매일 약 2리터(0.5갤런)의 석유를 사용하는 것과 같습니다.

하지만 여기에 함정이 있습니다. 석유는 현대 사회의 원동력이었지만, 기후 변화의 주요 원인을 포함하여 환경에 돌이킬 수 없는 피해를 입히는 심각한 문제가 되었습니다. 석유 의존도를 줄이고 더 나은 대안을 찾는 것이 필수적입니다.

석유에서 벗어나는 이러한 변화의 핵심은 바이오정제에 있습니다. 바이오정제란 박테리아와 곰팡이와 같은 미생물에서 추출한 효소의 힘을 이용해 식물을 유용한 제품으로 변환하는 것과 같습니다.

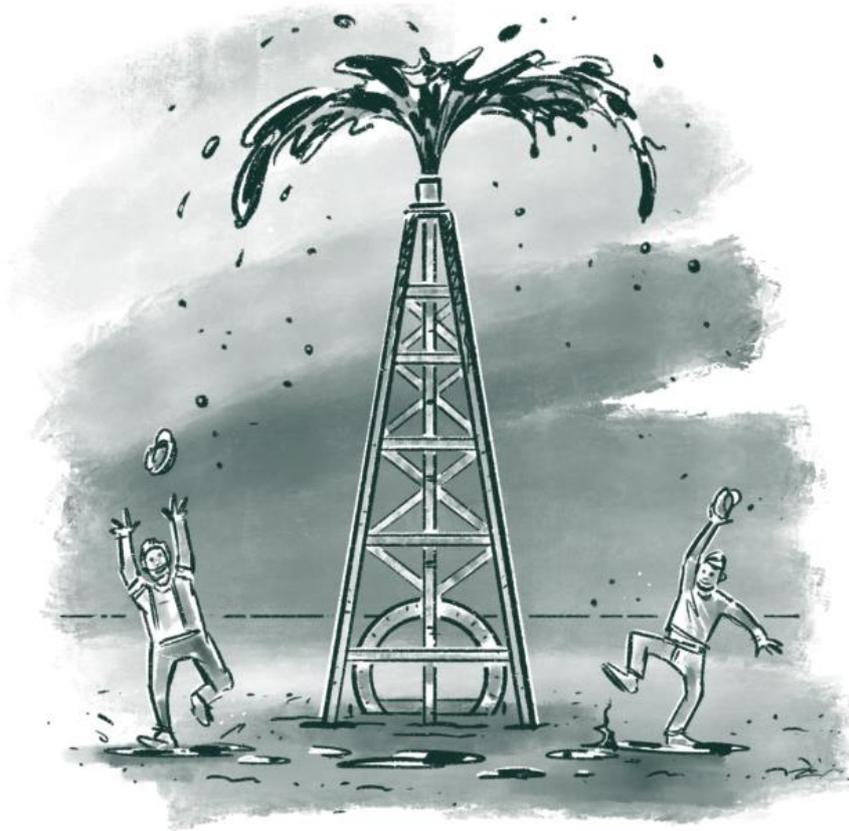
자동차, 비행기, 선박용 식물성 연료 생산이 그 예입니다. 이는 석유 의존도를 획기적으로 줄일 수 있습니다. 왜 그럴까요? 생산되는 석유 1배럴 중 약 87%가 운송 연료 생산을 위해 정제되기 때문입니다.

하지만 연료에만 국한되는 것은 아닙니다. 식물은 플라스틱이나 화학 물질처럼 현재 석유로 만들어지는 다른 제품들을 만드는 데에도 도움을 줄 수 있습니다.

다음 섹션에서는 바이오피이너리가 무엇이고 어떻게 더 푸른 미래를 위한 길을 열어줄 수 있는지 살펴보겠습니다. 하지만 먼저, 석유의 급증과 그것이 우리 환경에 미친 중대한 영향을 잠시 살펴보겠습니다.

청소부터 석유 채굴까지

인류가 수천 년 동안 석유를 사용해 왔다는 사실을 알고 계셨나요? 바빌로니아, 이집트, 중국을 비롯한 고대 문명이 다양한 목적으로 석유를 활용했다는 사실에 놀라실지도 모릅니다. 이러한 초기 용도는 지구의 균열을 통해 석유가 자연적으로 지표면으로 스며든 지역에서 석유를 채취하는 것이었습니다. 그러나 석유는 19세기 후반까지 인류 발전에 큰 역할을 하지 못했습니다.



에드워드 드레이크의 혁신적인 석유 시추.

이 모든 것은 1859년 미국 펜실베이니아주 타이터스빌이라는 작은 마을에서 에드워드 드레이크라는 사업가가 혁신적인 방식으로 땅을 파서 석유를 추출하면서 시작되었습니다. 드레이크의 팀은 암반을 뚫고 21미터 깊이까지 시추한 후 석유를 발견했습니다. 그의 발명은 석유가 더 이상 채굴해야 하는 자원이 아니었기 때문에 유정 시추에 대한 전 세계적인 상업적 관심을 불러일으켰습니다. 원하는 대로 추출할 수 있었기 때문입니다!

이제 석유가 손 닿을 곳에 있게 되었으니, 다음 단계는 이 석유를 효율적으로 활용하는 것이었습니다. 이제 우리 이야기의 다음 장, 정유 공장에 대해 이야기해 보겠습니다.

석유는 고래를 구하고, 정유소는 세상을 돌게 합니다.

최초의 전구는 1879년에 발명되었고, 그로부터 수십 년 후 가정에 전기가 보급되었습니다. 그래서 사람들은 20세기 초반에도 램프를 사용하여 집을 밝혔습니다.

석유가 널리 보급되기 전, 사람들은 고래 기름, 즉 "고래 기름"으로 등잔불을 밝혔습니다. 이러한 관행은 과도한 고래 사냥으로 이어져 일부 종은 멸종 위기에 처했습니다. 그러나 석유시추가 확산되고 석유 공급이 증가하면서, 고래 연료 사냥의 암흑기는 견잡을 수 없이 길어졌습니다.

램프에 원유를 태우는 것은 연기와 불쾌한 냄새라는 몇 가지 문제를 야기했습니다. 이러한 문제 때문에 석유 생산업체들은 석유를 정제하여 사람들에게 더 깨끗한 연료를 제공하게 되었습니다. 바로 등유입니다. 더 깨끗하게 타고 냄새도 덜한 정제된 석유 말입니다.



정유 공장에 대한 몇 가지 상식입니다. 등유 생산 과정은 1853년 폴란드 약사 이그나치 루카시에비치가 개척했습니다. 그는 세계 최초의 등유 램프를 개발했을 뿐만 아니라 1856년 폴란드 야슬로에 세계 최초의 정유 공장을 세웠습니다. 비록 규모가 작았지만, 진정한 변화는 1년 후 루마니아 플로리에슈티에 세워진 최초의 대규모 정유 공장에서 시작되었습니다. 이 초기 정유 공장들은 자연적으로 유출된 원유를 사용하여 사용 가능한 등유로 전환했고, 이후 시추를 통해 추출한 원유를 정제하기 시작했습니다.

에드윈 드레이크의 혁신적인 시추 기술에 대한 소식이 미국에 전해지자 투자가 급증했습니다. 산업계는 재빨리 이 흐름에 편승하여 미국 전역에 대규모 정유 공장을 건설하고 새롭게 발견된 석유를 최대한 활용했습니다.

19세기 후반과 20세기 초는 석유 정제 기술의 황금기였습니다. 존 D. 록펠러가 이끈 스탠더드 오일과 같은 회사들은 정유 산업을 새로운 차원으로 끌어올렸습니다. 그들은 대규모 정유 공장을 건설하고 석유 한 방울 한 방울에서 더 많은 것을 얻을 수 있는 방법을 고안해냈습니다.

자, 이야기에 반전이 있습니다. 초창기에는 휘발유가 사실상 폐기물로 여겨졌습니다! 최초의 휘발유 자동차는 1886년 칼 벤츠가 개발했고 이후 여러 자동차 회사에서 자동차를 개발했습니다. 자동차가 증가함에 따라 정유 공장의 휘발유 수요도 증가했습니다.

수년에 걸쳐 석유 정제 기술이 향상되면서 디젤로 운행되는 차량용 디젤과 플라스틱을 만드는 데 필요한 석유 기반 화학 물질 등 더 많은 제품이 석유에서 생산되었습니다. 정유 공장은 이제 원유를 다양한 가치 있는 제품과 부산물로 변환합니다. 그 중 몇 가지와 그 용도를 간략하게 살펴보겠습니다.

운송:

휘발유(가스), 디젤, 항공유, 선박용 연료.

난방유:

가정과 사업장의 난방을 위한 용광로와 보일러에 연료를 공급합니다.

액화석유가스(LPG):

난방, 요리, 일부 차량에 사용됩니다.

아스팔트:

도로 건설과 지붕재에 필수적입니다.

윤활유:

모터 오일과 기어 오일을 포함하여 엔진과 기계가 원활하게 작동하게 합니다.

석유화학제품:

플라스틱, 합성 고무, 나일론과 폴리에스터와 같은 섬유, 비료, 살충제, 의약품의 구성 요소로 사용됩니다.

나프타:

고옥탄가 가솔린을 만드는 데 사용되며 세척제의 용제로도 사용됩니다.

역청:

도로 포장 및 방수에 사용됩니다.

파라핀 왁스:

양초, 포장재, 화장품, 식품 코팅재로 사용됩니다.

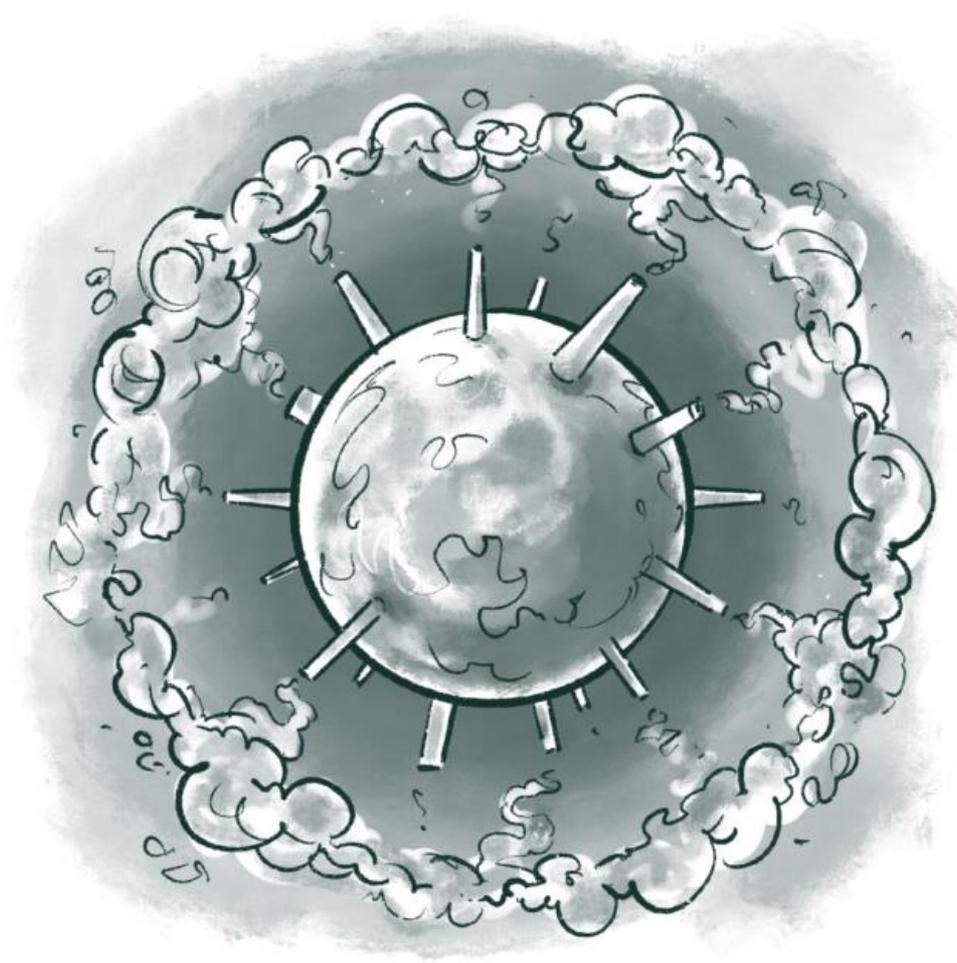
인류가 석유의 이점과 다양한 용도에 감탄하는 동안, 석유가 환경에 미치는 영향의 규모가 명확해지는 데는 오랜 시간이 걸리지 않았습니다. 그리고 바로 여기서 우리의 다음 장이 시작됩니다. 석유 붐이 어떻게 지구에 큰 타격을 주기 시작했는지 살펴보겠습니다.

석유의 환경 영향에 대한 해명

석유에 대한 우리의 집착이 지닌 부정적인 측면은 1950년대에 드러나기 시작했습니다. 캘리포니아 공과대학(Caltech)의 뛰어난 과학자 아리 하겐-스밋 박사는 놀라운 발견을 했습니다. 캘리포니아에 드리운 스모그는 사실 자동차 배기가스 때문이었습니다. 이는 "대기오염"이라는 용어가 대중의 관심을 끌게 된 중요한 사건이었습니다. 사람들은 석유와 기타화석 연료를 태우는 것이 단순히 연료와 전력만을 위한 것이 아니라 심각한 환경 및 건강문제까지 야기한다는 사실을 깨닫기 시작했습니다.

하지만 경종은 거기서 끝나지 않았습니다. 1967년, 유조선 토리 캐년호가 콘월 해안에서 좌초되어 3,700만 갤런(약 1만 리터) 이상의 원유가 바다로 유출되었습니다. 1989년에는 엑손 발데즈호 기름 유출 사고가 발생하여 약 1,100만 갤런(약 3,800만 리터)의 원유가 알래스카 프린스 윌리엄 해협에 유출되었습니다. 기름에 뒤덮인 새들과 해달들의 가슴 아픈 모습은 기름의 참혹한 현실을 사람들의 안방으로 직접 가져왔습니다.

1980년대 후반, NASA의 제임스 헨슨과 같은 과학자들은 지구 온난화와 석유와 같은 화석연료의 연소 사이의 연관성을 밝혀냈습니다. 1988년에는 기후 변화를 연구하기 위해 기후 변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)가 설립되었습니다. 1992년 보고서에서 석유, 가스, 석탄과 같은 화석 연료의 연소가 지구 온난화를 유발하는 대기 중 이산화탄소농도 증가의 주요 원인 중 하나라고 지적했습니다.



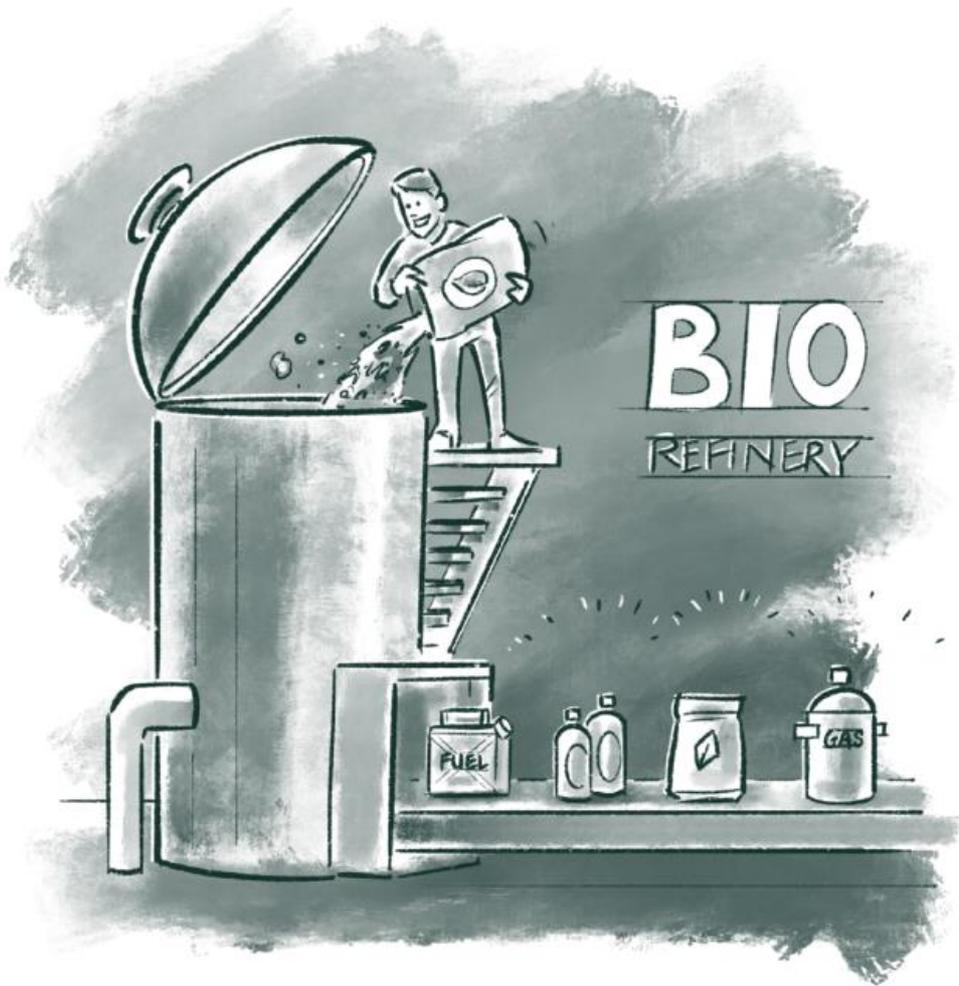
석유의 환경적 영향.

21세기에 접어들면서 석유의 영향에 대한 증거는 더욱 뚜렷해지고 있습니다. 유엔에 따르면, 현재 전 세계 이산화탄소 배출량의 거의 90%가 석유, 석탄, 가스를 포함한 화석 연료의 연소로 인해 발생합니다.

지구 깊은 곳에서 석유를 캐내는 대신, 우리 주변에 있는 식물처럼 자연적으로 재생산되는 것에 의지한다면 어떨까요?

음, 이건 단순한 꿈이 아닙니다. 바이오리파이너리 덕분에 현실이 되었습니다. 다음 섹션에서는 이러한 바이오리파이너리가 어떻게 작동하는지, 그리고 식물이 어떻게 더 친환경적이고 석유 의존도가 낮은 미래의 열쇠가 될 수 있는지 살펴보겠습니다.

식물의 모든 부분을 귀중한 자원으로 전환하는 바이오 정제소



바이오리파이너리의 목적과 기능을 이해하려면 먼저 토착 부족의 사냥 방식에 대해 놀라운 사실을 알아야 합니다. 자연에 대한 깊은 존중으로, 그들은 사냥한 동물의 모든 신체 부위를 활용합니다. 고기를 식량으로, 가죽을 옷과 거처로, 뼈를 도구로, 심지어 인대를 결합재료로 사용하기도 합니다.

이러한 전체적인 접근 방식은 동물을 존중할 뿐만 아니라 모든 부분이 어떤 유용성을 가지고 있기 때문에 아무것도 낭비되지 않도록 보장합니다. 생물정제소도 비슷한 철학에 따라 운영된다고 주장할 수 있습니다. 즉, 식물을 다양한 구성요소로 분해하고 각각을 가치 있는 제품으로 전환하는 것입니다.

전 세계적으로 식물이나 나무에서 가장 쉽게 활용할 수 있는 부분, 즉 과일, 목재, 씨앗 등을 뜯어내고 나머지는 버리는 것이 일반적인 관행입니다. 예를 들어, 옥수수 알갱이와 사탕수수에서 사탕수수를 수확하지만 껍질, 잎, 줄기는 종종 버려집니다.



식물의 모든 부분을 사용하면 어떻게 될까요?

식물의 사용되지 않는 부분은 어떻게 되나요? 대부분은 폐기물로 분류되거나 소각됩니다. 이러한 식물의 낭비적인 사용은 개선의 기회를 제공합니다.

예를 들어, 식물은 물, 비료, 토양 영양분 등 많은 자원을 사용하여 성장합니다. 흔히 폐기물로 간주되는 것을 포함하여 식물 전체가 더 많이 사용될수록, 우리는 각 자원으로부터 더 많은 가치를 얻습니다.

바로 이 지점에서 바이오리파이너리가 중요한 역할을 합니다.
바이오리파이너리에서는 식물을 기본 구성 요소까지 분해하여 다양하고 가치 있는
제품으로 전환함으로써 최대한의 활용을 보장합니다.

하지만 식물을 분해하면 어떤 구성 요소가 되고, 그 용도는 무엇일까요? 식물과
나무를 건물과 같다고 생각해 보세요. 건물은 벽돌, 시멘트, 나무, 금속과 같은 재료로
만들어지며, 각각 고유한 목적을 갖습니다. 마찬가지로 식물은 분자 수준에서 서로 다른
물질로 이루어져있으며, 이러한 물질들이 줄기, 뿌리, 잎, 새싹, 줄기, 열매 등 각 부분에
고유한 질감과 기능을 부여합니다. 이러한 중요한 구성 요소 중 일부를 살펴보겠습니다.

셀룰로오스:

집의 단단하고 튼튼한 콘크리트 기둥을 상상해 보세요. 셀룰로오스는 이 기둥처럼
작용하여 식물에 구조적 지지력을 제공합니다.

헤미셀룰로오스:

시멘트가 벽의 모든 벽돌이 서로 잘 붙어 있도록 하는 것처럼 헤미셀룰로오스는
셀룰로오스 섬유를 함께 묶어 식물에 강도와 유연성을 제공합니다.

리그닌:

리그닌은 나무 줄기에 강도와 내구성을 부여하는 물질입니다. 나무의 강성과 구조적
지지력을 제공하여 식물이 똑바로 서고 부패를 방지하는 데 도움을 줍니다.

녹말:

전분은 식물이 저장하는 에너지라고 생각하면 됩니다. 마치 간식을 나중에 먹기 위해
저장하는 것과 같습니다. 과일을 달콤하게, 곡물을 끈적하게, 감자를 단단하게 만드는
것도 전분 덕분입니다. 전분은 식물이 필요할 때 사용할 수 있는 에너지 저장소 역할을
합니다.

그렇다면 바이오리파이너리가 식물을 분해하여 유용한 제품으로 만드는 데 그토록
효과적인 이유는 무엇일까요? 핵심은 효소와 효모입니다.
효소는 박테리아나 효모 같은 작은 미생물부터 식물, 동물, 그리고 인간에 이르기까지
모든 생명체에서 발견되는 천연 촉매 단백질입니다. 바이오리파이너리는 미생물의
효소를 이용하여 식물을 다양한 구성 요소로 분해합니다. 바이오리파이너리에 사용되는
효소의 몇 가지 예는 다음과 같습니다.

1. 셀룰라아제:

이러한 효소는 줄기 등 식물 섬유에서 셀룰로오스를 분해하여 당으로 만들고, 이를 발효시켜 에탄올을 만드는데, 에탄올은 가솔린보다 깨끗한 대체 연료입니다.

2. 아밀라아제:

이러한 효소는 옥수수 알갱이와 고구마와 같은 물질의 전분을 설탕으로 전환하는데, 설탕은 에탄올로 전환될 수 있습니다.

3. 프로테아제:

이러한 효소는 펩타이드와 아미노산의 단백질을 분해하여 재생 가능 디젤과 SAF(지속가능한 항공 연료)의 원료인 증류 옥수수 기름의 방출을 증가시킬 수 있습니다.

효소가 제 역할을 다하고 나면, 이제 효모가 마법을 부리며 분해된 식물 성분을 유용한 제품으로 발효시킵니다. 이 과정에서 이산화탄소가 방출되는데, 이 이산화탄소는 탄소 포집 및 활용(CCU)이라는 과정을 통해 가치 있는 제품으로 가공될 수 있습니다.

인간은 수천 년 동안 효모와 깊은 인연을 맺어 왔습니다. 효모를 활용한 발효는 우리 삶을 풍요롭게 하는 수많은 해결책을 제시해 왔으며, 기후 변화 대응을 포함하여 우리의 미래를 지키는 열쇠를 쥐고 있습니다. 더 자세히 알고 싶으신가요? 효모, 발효, 그리고 그 역할이 우리 삶에 어떤 영향을 미치는지 여기에서 확인해 보세요.

또 다른 유형의 바이오 정제 공정은 습식 분쇄(wet mill)입니다. 습식 분쇄에서는 옥수수를 먼저 액체에 담가 알갱이를 부드럽게 만듭니다. 부드러워진 옥수수는 분쇄되어 전분, 글루텐, 섬유질과 같은 여러 성분으로 가공됩니다. 추출된 성분은 고과당 옥수수 시럽, 옥수수유, 옥수수 글루텐 가루와 같은 식용 및 동물성 식품을 포함한 다양한 제품으로 정제될 수 있습니다. 습식 분쇄는 옥수수의 각 부분을 효율적으로 활용하여 가치를 극대화하고 다양한 식품 및 산업 제품을 제공합니다.

바이오리파이너리는 어떻게 석유 의존도를 줄이는 데 도움이 될 수 있을까?

바이오리파이너리의 가장 큰 장점은 식물을 활용하여 다양한 제품을 생산할 수 있다는 점입니다. 이러한 제품들은 주로 석유에 의존해 왔습니다. 이러한 제품들은 다음과 같습니다.

1. 바이오연료:

바이오리파이너리는 식물에서 운송 연료를 생산하는 데 앞장서고 있으며, 이는 바이오연료가 석유보다 온실가스를 19%~86% 적게 배출하기 때문에 큰 도움이 됩니다. 바이오 리파이너리에서 식물에서 추출한 바이오연료는 다음과 같습니다.

- 에탄올: 옥수수나 사탕수수와 같은 작물에서 추출한 에탄올은 일반적으로 가솔린과 혼합되어 배출량을 줄이고 화석 연료에 대한 의존도를 낮춥니다.
- 바이오디젤: 식물성 기름, 도시 슬러지, 조류에서 생산되는 바이오디젤은 디젤 엔진에서 사용할 수 있어 석유 디젤보다 더 깨끗한 대안을 제공합니다.
- 지속 가능한 항공 연료: 바이오리파이너리에서 생산된 에탄올이나 폐식용유를 추가로 가공하여 SAF로 만들 수 있습니다.

2. 바이오플라스틱:

플라스틱은 현대 생활에 필수적이지만, 대부분은 석유로 만들어집니다. 바이오 정제 공정을 통해 발효된 식물성 당으로 만든 폴리락티드산(PLA)과 같은 재생 가능한 자원을 활용하여 플라스틱을 생산할 수 있습니다. PLA는 포장재나 일회용 식기류 등에 사용되어 기존 플라스틱에 대한 생분해성 대안을 제공합니다.

3. 생물 기반 화학 물질:

많은 화학물질이 석유에서 유래하지만, 바이오리파이너리는 식물성 원료에서 이러한 화학물질을 생산할 수 있습니다. 이러한 화학물질 중 하나는 숙신산으로, 가정용 세제, 의약품, 식품 첨가물 등 다양한 용도로 사용되는 다용도 화학물질입니다.

4. 바이오차와 농업 투입물:

바이오리파이너리는 식물 잔류물과 유기 폐기물로 바이오차를 생산합니다. 바이오차는 숲의 일종으로, 토양 비옥도를 높이고 종종 석유 기반인 합성 비료의 필요성을 줄여줍니다.



5. 바이오가스:

효소와 미생물의 도움으로 식물에서 생산된 바이오가스는 난방이나 전기로 사용할 수 있어 천연가스를 대체할 수 있습니다.

6. 동물사료:

가용성 물질이 함유된 건조 증류 곡물(DDG)은 에탄올 생산의 부산물이며, 가축의 고품질사료로 사용될 수 있습니다.

더 푸른 미래를 위해 식물과 효소를 수용하다

원유는 인류 문명을 형성하며 발전과 혁신을 주도해 왔습니다. 그러나 원유가 환경에 미치는 영향과 기후 변화에 미치는 영향은 더 이상 무시할 수 없게 되었습니다. 더 깨끗하고 친환경적인 대안에 대한 요구는 바이오 정제라는 획기적인 분야로 우리를 이끌었습니다. 효소의 혁신적인 힘을 활용함으로써 우리는 식물과 기타 유기 폐기물을 바이오 연료, 바이오플라스틱, 그리고 바이오 기반 화학 물질로 변환할 수 있습니다. 원유에서 재배된 자원으로의 이러한 전환은 단순히 필수적인 것이 아니라 지구와의 관계를 개선할 수 있는 기회입니다.

원료 기반 바이오리파이너리

바이오리파이너리는 특수 제품으로 정제되는 원료인 공급 원료의 종류에 따라 달라질 수 있습니다. 공급 원료의 종류에 따라 바이오리파이너리는 1세대, 2세대, 3세대로 구분됩니다.

1세대:

이러한 원료는 주로 식량 작물이며, 특히 옥수수과 사탕수수처럼 전분 및/또는 당 함량이 풍부한 작물입니다.

2세대:

공급 원료는 식물의 줄기나 잎, 농경지에서 나오는 폐기물, 심지어 깎은 목재 조각과 같은 비식용 식물 공급원이 될 수 있습니다.

3세대:

여기서는 원료 정제 기술이 가장 발전되어 있는데, 그 이유는 공급 원료가 도시 고형폐기물이나 산업 폐가스 등 모든 유기물이 될 수 있기 때문입니다.

전기 자동차 시대에 바이오연료를 사용해야 하는 이유는?

이 글을 읽으면서 "세상이 전기 자동차로 전환하고 있는데 왜 식물 연료가 필요한 걸까?"라는 의문을 품어 보셨나요? 전기 자동차(EV)에 대한 관심이 높아지고 있음에도 불구하고, 세계 자동차 시장에서 전기 자동차의 점유율은 여전히 상대적으로 낮습니다.

국제에너지기구(IEA)에 따르면 2023년 판매된 자동차 중 전기차는 18%에 불과했으며 이러한 판매는 대부분 소수 국가에 집중되어 있었습니다. 전기차의 인기가 높아지고 있지만, 전 세계 자동차 인구의 상당 부분은 여전히 휘발유와 경유에 의존하고 있습니다.

이러한 현실은 여전히 석유 기반 연료에 크게 의존하는 세계에 대한 해결책으로 바이오연료의 필요성을 보여줍니다.