

# 해조류 양식과 CO<sub>2</sub> 포집을 위한 복합공정

한국과학기술정보연구원  
전문연구위원 황선일  
(whang462@reseat.re.kr)

## 1. 개요

- 지금까지 해조류(algae) 양식 시스템에서의 영양소로서 탄소성분의 공급은 대부분 CO<sub>2</sub>를 생물반응기를 통해 기포상태로서 주입하는 방식이 이용되었다. 이러한 방식은 액상에서 CO<sub>2</sub>를 효율적으로 접촉하기 위해 과다한 에너지의 소요량이 요구될 뿐만 아니라 탄소원 영양소의 비용에 따른 생산비용의 상승을 초래하는 문제점이 있다.
- 이 발명(WO 2013/022349 A1)의 목적은 탄소원으로서 발전소의 연도가스, 생분해성 폐기물, 인간 및 동물의 폐기물 등에서 발생하는 CO<sub>2</sub>를 흡착할 수 있는 흡착액을 해조류 성장매체에 혼합함으로써 CO<sub>2</sub>의 포집 효율의 향상과 함께 생산비용을 줄일 수 있는 시스템을 제공하는 데 있다.

## 2. 기술 현황

- 현재 해조류는 식용재료, 비료, 바이오플라스틱, 염료 및 착색제, 화학원료, 해조류 유래 연료 등 다양한 제품의 원료로써 이용된다. 해조류의 양식에는 물, CO<sub>2</sub>, 무기질 영양물질(mineral) 및 빛이 중요한 인자이며, 해조류의 종에 따라 소비량에 차이가 있다.
- 해조류양식 방식으로는 주로 개방형 연못 생물반응기와 폐쇄형 광생물반응기(photo-bioreactor)가 주로 사용되고 있다.
  - 해조류로부터 식품보조제의 생산 공정으로는 *Chlorella*와 *Spirulina*를 이용한 2가지의 제조방법이 주로 이용된다. 2004년, 중국에서는 독자적으로 약 40,000톤의 *Spirulina*를 생산하였으며, 이에 들어간 생산비용은 미국화폐 가치로 약 17백만 달러에 달한다.

- 특히 탄소와 같은 영양소의 비용이 전체 운전비용의 10~25%를 차지하는 것으로 *Spirulina* 바이오매스의 최종 생산비용을 상승시키는 주요 요소로 되고 있다.
- 개방 수로형 연못 시스템을 사용한 상업적 생산을 위해서는 CO<sub>2</sub> 일부를 능동적인 흡착작용으로 얻는 것이 효율적이다. 가장 좋은 상업적 생산 공정으로는 CO<sub>2</sub>와의 접촉을 대체할 수 있는 석탄 화력발전소의 연도가스, 생분해성 폐기물이나 인간 및 동물의 폐기물과 같은 다른 탄소원의 이용이다.

### 3. 발명의 내용

- 이 발명은 해조류 양식 시스템, 해조류 유래 제품, CO<sub>2</sub> 방출의 감축 및 해조류 양식을 위한 통상적인 해조류성장 매체와 아민(일반적으로 알칸올아민)이나 아미노산을 포함한 다양한 형태의 용매로 구성된 흡착액체와의 혼합 조성물을 제공하고 있다. 흡착액체의 재생은 통상적인 100℃ 이상의 가열방식 대신에 대기온도에서 해조류에 의해 수행된다.
- CO<sub>2</sub>를 함유한 흡착액체를 이용한 해조류의 성장과정은 ①흡착액체와 CO<sub>2</sub>가 포함된 가스흐름과의 접촉, ②흡착액체에 의한 가스흐름으로부터의 CO<sub>2</sub> 흡착, ③CO<sub>2</sub>를 함유한 흡착액체와 해조류의 접촉에 의한 해조류의 성장촉진의 3단계로 구성된다. 이어서 ④해조류가 흡착액체에 함유된 CO<sub>2</sub>를 생물화학적으로 전환함으로써 흡착액체는 재생되고, 재생된 흡착액체의 순환으로 새롭게 ①단계부터의 연속적인 반복이 이루어진다.
- ①~③단계는 동시에 일어나며, 가스흐름은 해조류성장 매체와 흡착액체가 혼합된 슬러리에 지속해서 공급됨에 따라 CO<sub>2</sub>가 첨가된다. 흡착액체는 해조류성장 매체에 함유된 CO<sub>2</sub>를 효율적으로 포집하여 CO<sub>2</sub>의 손실을 억제한다.
- 동시에 해조류성장 매체 중의 해조류가 포집된 CO<sub>2</sub>를 전환함으로써 흡착액체는 재생된다. 상기의 과정이 일정 기간 지나면 충분히 성장

한 해조류는 수확된다.

- 이 발명에서의 CO<sub>2</sub> 흡착은 흡착액체에 의한 화학적인 속박이기 때문에 종래의 해조류 성장매체를 통한 기포상태의 CO<sub>2</sub>보다도 매우 높은 CO<sub>2</sub> 포집효율을 가진다. 따라서 이 발명의 흡착액체에 의한 CO<sub>2</sub> 흡착 시스템을 개방형 연못 설비에 적용하는 경우에는 대기 중으로의 CO<sub>2</sub> 손실을 크게 줄이는 것이 가능하다.

#### 4. 효과 및 응용

- 이 발명에서의 해조류 성장 메커니즘이 흡착액체에 의한 CO<sub>2</sub> 포집과 함께 해조류의 성장을 동시에 달성함으로써 운영비용(OPEX)의 절감효과가 크다. 또한, 흡착액체의 재생이 대기온도에서 해조류에 의해 실현되므로 에너지 소비를 줄일 수 있다.
- 이 발명의 특징 중의 하나가 CO<sub>2</sub>를 흡착액체 중에 “저장”하는 것이다. 이는 CO<sub>2</sub>를 화학적으로 속박하는 것임으로 종래의 해조류 성장매체를 통한 기포상태의 CO<sub>2</sub>에 비해 대기 중으로의 CO<sub>2</sub> 방출이 일어나지 않는다. 따라서 온실가스 방출을 억제하는 효과가 있기 때문에 지구온난화 방지에도 기여한다.

출처: Nederlandse Organisatie voor Toegepastnatuurwetenschappelijk Onderzoek Tno, "Combinning algae cultivation and CO<sub>2</sub> capture", WO 2013/022349 A1, 2013, pp.1~37

### ◁ 전문가 제언 ▷

- 석유가격의 급등과 화석연료의 사용에 따른 CO<sub>2</sub> 발생이 지구온난화의 주범으로 지적되면서 화석연료를 대체할 수 있는 재생 가능한 바이오 연료의 개발이 필연적이다. 한편, 현재 생산되고 있는 바이오디젤과 바이오에탄올은 주로 대두유, 채종유, 사탕수수, 옥수수과 같은 식용 및 사료용 자원을 이용함으로써 세계적인 식량난을 초래한다는 지적에 직면하고 있다. 따라서 바이오연료의 신규 자원으로는 식용자원으로서 가치가 없는 해조류 등의 미생물을 활용한 자원의 기술개발이 요구된다.
- 그러나 해조류를 대량으로 생산하기 위해서는 경제적인 대규모의 양식 및 수확방법이 확립되어야 한다. 특히, 실험실적 공정규모에서 공업적 규모로 확대하는 경우에는 물리적 및 비용적인 제약들이 더욱 많이 발생한다. 또한, 미생물 세포 내의 생성물을 활용하기 위해서는 석유유래의 제품과 가격경쟁이 가능하도록 미생물 세포 내 생성물의 비용 효과적인 추출방법의 개발도 필연적이다.
- 이 발명(WO 2013/022349 A1)은 해조류 양식 시스템에 있어서 CO<sub>2</sub> 방출의 감축과 함께 해조류의 성장을 촉진하기 위한 통상적인 해조류 성장매체와 아민이나 아미노산을 포함한 다양한 형태의 용매로 구성된 흡착액체와의 혼합 조성물을 제공한다. 이 발명에서의 CO<sub>2</sub> 흡착방법은 흡착액체에 의한 화학적인 속박에 의한 것으로 기존의 기포상태의 CO<sub>2</sub> 공급체계보다는 CO<sub>2</sub> 포집효과가 클 것으로 예상된다.
- 바이오연료의 대량생산을 위해서는 원료의 확보가 우선되어야 한다. 해조류는 생장성이 우수하며, 에너지 전환율이 매우 높아 기존의 당질계 원료보다도 경제성이 크다. 특히, 삼면이 바다인 국내의 지리적 여건 측면에서 해조류 양식이 원료확보 면에서 유리할 것으로 판단된다. 최근에는 생산기술연구원 등의 국내 기술진이 우뚝가사리를 이용한 에탄올 생산에 성공하였다. 이러한 기반을 바탕으로 산학연관의 협력체제에 의한 거국적인 바이오연료 개발체계의 확립이 필요하다.

이 분석물은 미래창조과학부 과학기술진흥기금, 복권기금의 지원을 받아 작성하였습니다.