

발 간 등 록 번 호

11-1541000-000897-01

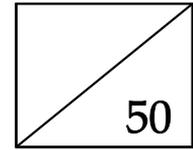
# 해조류 바이오매스 통합공정을 위한 유기산 제조공정 연구

2011. 8



**농림수산식품부**

Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries



# 해조류 바이오매스 통합공정을 위한 유기산 제조공정 연구

2011. 8



## 제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 『해조류 바이오매스 통합공정을 위한 유기산 제조공정 연구(연구기간 : 2010. 12. 23~2011. 08. 22)』 용역사업의 결과보고서로 제출합니다.

2011. 8.

총괄연구책임자 : 우희철(부경대학교)

연 구 원 : 김정숙(부경대학교)

: 이철우(한밭대학교)

연 구 보 조 원 : 이은미(부경대학교)

: Phung Thanh Khoa  
(부경대학교)

: 이현정(부경대학교)

: 최수영(한밭대학교)

: 김영덕(한밭대학교)

: 김정성(한밭대학교)



# 요 약 문

## I. 제 목

해조류 바이오매스 통합공정을 위한 유기산 제조공정 연구

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

### 1. 연구 목적

- 해조류로부터 여러 가지 화학원료로 사용될 수 있는 유기산을 얻기 위해서는 준 파일럿 규모의 혐기성 소화에 의한 유기산 생성 실증 설비 구축이 필요함.
- 기반구축연구를 통해 경쟁력 있는 요소기술들의 통합을 도모하고, 최종적으로 해조류의 대량생산을 통한 그린에너지화 및 부산물의 통합활용을 위한 상용화 연구들이 체계적 프로그램에 의해 본격적으로 수행되어야 함.
- 해조류 바이오매스 통합공정을 위한 준 파일럿 규모의 유기산 제조 공정 기술 개발을 통한 생산기반 구축.
- 첨단 융합기술을 접목한 해조류 유용물질의 효율적 분리 및 회수 기술의 개발을 통한 국가 경쟁력 확보
- 해조류의 통합적 활용을 위한 부산물 응용 기술개발.

### 2. 연구 필요성

- 해조류 혐기성 소화에 의한 준 파일럿 규모의 유기산 생산 구축으로 경제성 제고.
- 해조류 혐기성 소화에 의한 유기산 생산을 위한 대체 영양제 가능성 탐색.
- 준 파일럿 규모의 혐기성 소화시 발생하는 공정 운전 문제점 도출 필요.
- 해조류로부터 유용물질 추출기법에 따른 유기산 생산성 비교 연구 필요.

## III. 연구개발의 내용 및 범위

#### 1. 해조류 대용량 전처리 공정 개발

- 다시마의 대용량 전처리 기술 개발
- 대량생산 시 발생하는 문제점 파악 및 해결 방안 강구

#### 2. 혐기성 소화에 의한 bench scale 유기산 생성 공정 구축

- 준파일럿 규모의 유기산 생성장치를 설계 및 설치
- 준파일럿 규모의 혐기성 소화에 의한 유기산 생성 조건 검토

### IV. 연구개발결과

#### 1. 해조류 대용량 전처리 공정 개발

- Powder 형태의 다시마를 처리할 수 있는 대용량 추출공정을 확립하였다. 대용량 추출 시 filtration 공정에서 bottle-neck으로 작용하는 것을 파악할 수 있었는데, 그 대책으로 산 처리후 여과를 행하는 것 보다 중화 반응을 마친 후 여과를 하는 것이 바람직하다고 판단된다. 또한, granule 형태의 대용량 추출공정도 수행중에 있다.

#### 2. 혐기성 소화에 의한 bench scale 유기산 생성 공정 구축

- 본 연구를 통하여 유기산 생산을 위한 대량장치의 설계, 운전 가능성을 제시하였다. 8일의 수리학적 체류시간인 연속식 실험에서 평균 및 최고 총유기산 생성농도는 각각 7.4g/L와 8.8g/L로 나타났다. 건조 다시마 1톤당 생산된 총 유기산으로 계산을 하면 약 370kg의 유기산이 생성된 것으로 나타나므로, 정량적인 목표인 300kg은 달성하였다. 향후, 수소화 반응과 에스테르화 반응을 첨가하여 혼합알코올을 생산하는 연구의 기초자료가 될 수 있을 것으로 생각된다. 또한, 본 연구 결과, 여러 가지 화학원료로 사용될 수 있는 유기산의 대량 생산이 가능하다는 것을 제시하였다.

### V. 연구개발결과의 활용계획

- 국가정책 측면
  - 저 탄소 녹색성장을 지향하고 온실가스 배출을 최소화하는 부분에서 세계를 선도하려고 하고 있는 현재의 국가정책에 적극 부합되는 연구결과를 낼 수 있을 것으로 사료

- 해조류 바이오매스 개발, 생산 관련 일자리 창출, 해조류 바이오매스 생산 단지 조성 등의 해조류 바이오매스 자원의 개발을 위한 국가정책을 수립 하는데 기여
- 향후 고유가 시대 및 기후 변화 협약에 대비한 화석에너지를 대체할 신재생에너지가 필요함에 따라 바이오 연료 보급 활성화를 위한 정책의 대안 제시

#### ■ 연구개발 측면

- 해양자원을 이용한 그린에너지 전구체(혼합 유기산) 대량 생산개발 기술 확립
- 바이오에너지 개발에 있어서 현재까지는 주로 목질계 바이오매스를 원료를 하여 바이오연료를 생산하기 위한 전처리, 당화, 발효공정 연구가 진행되고 있다. 따라서 목질계 바이오매스와는 물리적, 화학적 성상이 전혀 다른 해조류 바이오매스를 원료로 이용하기 때문에 이에 대한 연구개발 결과물은 그 신규성으로 인하여 특허화 할 경우 국내 및 해외의 관련 기업에 대한 기술이전 및 해외 우수저널에 게재 가능
- 해양자원의 응용 및 분별/분리 공정은 기존의 석유계 소재분야의 대체뿐만 아니라, 새로운 식품 및 의약 산업에도 적용 가능하며, 이를 통한 효소/발효 공정 모델링, 최적화 기술, 공정 설계 기술 등은 바이오 에너지 생산 공정뿐만 아니라 여타의 바이오리파이너리(biorefinery) 기술에 광범위하게 적용 가능하여 생물 산업에 파급효과가 매우 큼.

#### ■ 산업화 측면

- 본해조류 바이오매스 및 현재 활용률이 저조한 육상계 바이오매스를 이용함으로써 재생 가능한 산업시스템을 형성할 뿐만 아니라, 새로운 비즈니스와 고용 기회 창출 제공
- 바이오 에너지·소재 산업에 있어서 국내 원천기술 확보를 통한 대외무역 역조현상 해소와 해외 로열티 수입원 확보 가능
- 해해조류 통합적 활용에 대한 최적 통합공정 설계 및 경제성 평가는 기업의 투자 활성화에 기여



# 목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 .....	9
제 1 절 연구의 목적 및 필요성 .....	11
제 2 절 기술의 종류 및 범위 .....	12
제 2 장 국내외 기술개발 현황 .....	25
제 1 절 통합공정을 위한 해조류 에너지화 기술개발 동향 .....	27
제 3 장 혐기성 소화에 의한 준파일럿 규모의 유기산 생성공정 구축 .....	29
제 1 절 해조류 대용량 전처리 공정 개발 .....	31
제 2 절 혐기성 소화에 의한 bench scale 유기산 생성 공정 구축 .....	35
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 .....	49
제 1 절 연구개발 목표 및 내용 요약 .....	51
제 2 절 기술 구성 및 연계도 .....	52
제 3 절 향후 계획 .....	54
부록 .....	55
A. 추진경과 일정표 .....	57
B. 심포지엄 개최 결과 요약 .....	58
C. 최종보고회 결과 요약 .....	62
D. 연구성과물 .....	64
E. 언론 홍보 .....	66



## 제 1 장

# 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구의 목적 및 필요성

제 2 절 기술의 종류 및 범위



# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1 절 연구의 목적 및 필요성

### 1. 연구 목적

- 해조류로부터 여러 가지 화학원료로 사용될 수 있는 유기산을 얻기 위해서는 준파일럿 규모의 혐기성 소화에 의한 유기산 생성 실증 설비 구축이 필요함.
- 기반구축 연구를 통해 경쟁력 있는 요소기술들의 통합을 도모하고, 최종적으로 해조류의 대량생산을 통한 그린에너지화 및 부산물의 통합활용을 위한 상용화 연구들이 체계적 프로그램에 의해 본격적으로 수행되어야 함.
- 해조류 바이오매스 통합공정을 위한 준 파일럿 규모의 유기산 제조 공정 기술 개발을 통한 생산기반 구축.
- 첨단 융합기술을 접목한 해조류 유용물질의 효율적 분리 및 회수 기술의 개발을 통한 국가 경쟁력 확보.
- 해조류의 통합적 활용을 위한 부산물 응용 기술개발.
- 해조류의 통합적 활용을 위한 최적 통합공정 설계 및 경제성 평가.
- 해조류 추출물을 이용한 기초 생활제품 설계.

### 2. 연구 필요성

- 해조류 혐기성 소화에 의한 준 파일럿 규모의 유기산 생산 구축으로 경제성 제고.
- 해조류 혐기성 소화에 의한 유기산 생산을 위한 대체 영양제 가능성 탐색.
- 준 파일럿 규모의 혐기성 소화시 발생하는 공정 운전 문제점 도출 필요.
- 공정모사기를 이용한 개별 단위공정의 최적 모델링 필요.
- 해조류로부터 유용물질 추출기법에 따른 유기산 생산성 비교 연구 필요.
- 1차년도 연구결과에 기초하여 기초생활 시제품(세제류 등)을 제작 해조류 추출물을 이용한 기초생활제품 설계 필요.

## 제 2 절 기술의 종류 및 범위

### 1. 해조류의 전처리

#### 가. 물리적 방법

##### (1) 기계적 분쇄(Mechanical Comminution)

일반적으로 전처리 공정은 단독의 기술을 적용하기보다는 몇 가지 기술의 조합에 의하여 수행된다. 그 중 가장 대표적이고 초기에 요구되는 전처리 공정이 바로 기계적 분쇄 과정인데, 여기에는 바이오매스의 크기가 1-3 cm 정도가 되는 분쇄(comminution) 외에도 마쇄(grinding) 또는 세분(milling) 과정이 포함된다.

증기폭쇄 전처리공정(chopped size; 1-3cm 정도)을 제외하고는 거의 모든 공정들이 마쇄 또는 세분(0.2-2.0mm) 공정을 필요로 하는데, 기계적 세분공정들을 통해 바이오매스의 표면적은 증가되게 되고, 따라서 발효성 당 고분자의 가수분해율도 증가하게 될 것이다. 그러나 이러한 공정들은 시간이 많이 소요되고, 에너지 소모가 매우 큰 공정들이다. 바이오매스의 크기가 0.15 mm 이하일 때에 소요되는 에너지는 그 바이오매스가 가지고 있는 총 에너지 25% 이상을 차지하고, 크기가 0.07-0.08 mm 이하일 경우에는 오히려 바이오매스 총 에너지의 100%가 넘는 에너지가 요구된다고 하였다. 바이오매스의 종류나 구성에 따라 다소 차이는 있겠지만 지금까지 발표된 전처리 공정에 관한 연구결과들이 주로 0.25 mm 이상 크기의 바이오매스를 다룬 것도 바로 이와 같은 이유에서 비롯된다.

##### (2) 알칼리 팽윤(Alkali Swelling)

NaOH, 아민, 그리고 암모니아 등은 팽윤제(swelling agent)로 작용하여 수분이 포함되어 있는 바이오매스의 팽윤을 촉진시킨다. 천연 바이오매스의 내부기공이 30,000 Dalton일 때 NaOH 팽윤 처리 후, 기공의 크기가 40,000-50,000 Dalton까지 증가된다. 기공 또는 모세관의 확장은 효소나 산 등의 침투를 용이하게 하여 가수분해율을 증가시킬 수 있다. 또한 팽윤제는 결정형 구조를 개조시키거나 심지어는 결정성 구조를 파괴시키기도 한다.

알칼리 팽윤 후 바이오매스의 소화도는 리그닌 함량과 상관관계가 있다고 하였다. 비교적 리그닌 함량이 적은 초본식물이나 볏짚 등의 농경잔여물에서는 약 알칼리 팽윤 처리가 높은 효과를 보였지만, 리그닌 함량이 높은 소프트우드에서는

거의 효과를 보지 못하였다고 하였다. 알카리 처리의 기본 원리는 비발효성 당 고분자, 리그닌 그리고 섬유소 간의 에스터결합(ester bond)의 비누화 반응(saponification)이다. 특히 헤미셀룰로오스의 자일란과 리그닌 성분들의 uronic ester 결합의 비누화 반응으로 바이오매스 팽윤도는 물에서보다의 높은 팽윤 특성을 갖게 된다. 유사한 기작으로 암모니아 또한 팽윤제로 작용한다. 알카리 처리에서 에스터 결합의 비누화 반응에 의해 카르복실기가 이온화되지만, 암모니아 처리에서는 에스터 결합의 ammonolysis에 의해 아미드가 생성된다. NaOH 처리에 비해 암모니아 처리에서 팽윤도는 다소 떨어지지만 암모니아는 NaOH에 비해 가격이 1/3 정도에 미치고, 휘발성을 가지고 있기 때문에 회수가 용이하다는 장점이 있어 다른 전처리 기술에서도 암모니아의 사용량은 점점 늘어나고 있다.

#### 나. 화학적 방법

##### (1) 약산 가수분해(Dilute Acid Pretreatment)

산, 특히 염산이나 황산과 같이 무기산(mineral acid)의 가수분해 촉매기능은 약산처리가 많은 바이오매스 전처리 공정의 근간이 되는 기능이다. 2차 세계대전 당시에는 강산을 이용해 바이오매스를 가수분해하였지만, 일정 온도 이상에서는 생성당의 분해로 인하여 낮은 당수율을 나타내었다. 현재에는 약산을 이용하여 비교적 온화한 조건으로 헤미셀룰로오스의 자일란을 자일로스로 가수분해하는데 이용하고 있으며, 자일란의 자일로스로의 고전환율은 바이오매스 전처리의 총괄 경제성을 증가시키는데 기여할 수 있다. 또한 리그닌과 섬유소로부터의 헤미셀룰로오스의 이탈은 섬유소의 반응성을 한층 증가시키는 결과를 갖는다. 헤미셀룰로오스의 가수분해 속도는 산의 농도, 반응온도, 그리고 고/액 비율에 의존하며, 보통 헤미셀룰로오스가 완전하게 가수분해되기 위해서는 160°C에서 5~10분, 140°C에서 30~60분의 반응시간이 소요된다. 옥수수 속대(corn cobs)에 대해 황산 0.45-0.5%로 140-160°C의 반응온도로 전처리 할 때 섬유소의 당 수율이 90% 이상이라고 보고되었다.

약산 전처리 공정은 미국 국립 신재생에너지연구소(NREL)의 바이오매스-에탄올 프로그램에서 전처리공정으로 채택되어 있으며, 최근에는 두 단계 온도변환, 환류 흐름방식 등의 약산 전처리 공정의 효율을 증대시키기 위한 연구가 진행되고 있다. 그러나 약산 전처리 공정은 생성당의 분해를 최소화하여야 하고, 공정완료 후 다른 화학물질들을 이용하여 생성물을 증화시켜야 한다는 근본적인 문제점을 가지고 있어 이에 관한 연구가 선행되어야만 효과적인 전처리 공정이 될 수 있다.

## (2) 증기 폭쇄 전처리(Steam explosion)

증기 폭쇄 전처리 공정은 오늘날 가장 상업화하기 쉬운 공정으로 여겨지고 있다. 다른 전처리 공정에 비해 비교적 크기가 큰 바이오매스를 가압 반응기에 충전시키고 160~260℃의 포화증기를 불어넣어 수초에서 수분동안 가압반응(100~700 psia)을 시킨 다음, 갑작스럽게 압력을 방출시키면 파열된 바이오매스를 얻을 수 있다. 이 과정에서 헤미셀룰로오스의 가수분해, 리그닌의 구조가 파괴되고 한다. 그러나 과도한 반응조건은 생성당의 분해를 야기시키는데, 250℃에서 1분간 가압 반응을 진행했을 때 자일란이 완전 용해되고 2분간 처리했을 때에는 60% 이상의 자일로스가 파괴되었다고 한다. 증기 폭쇄 전처리의 장점은 우선 급속한 헤미셀룰로오스의 용해로 인한 바이오매스의 구조변화를 들 수 있고, 두 번째로 압력강하에 의한 기계적 마찰이 바이오매스에 부과되어, 섬유질의 파쇄로 인한 바이오매스의 표면적 증가를 들 수 있다.

약산 처리공정에서와 마찬가지로 발생하는 생성당의 분해물은 에탄올 발효에 있어 미생물에 대한 독성 영향을 미치게 되므로 별도의 세척공정을 필요로 하며, 이 과정에서 용해된 당의 손실이 야기되므로, 총괄 당 수율이 떨어지는 문제점이 남아있다.

## (3) 암모니아 폭쇄(AFEX; Ammonia Fiber Explosion)

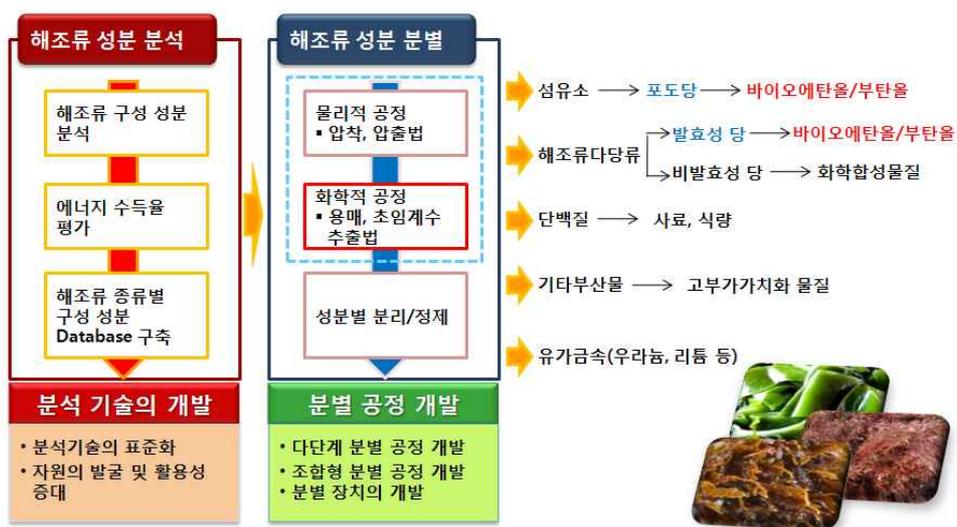
바이오매스를 암모니아수로 가압 반응시킨다. 증기폭쇄 전처리와 비교하여 비교적 온화한 반응조건(상온 ~ 90℃, 150~180 psia)에서 암모니아의 고휘발성에 의해 바이오매스의 폭쇄 현상이 일어난다. 암모니아와 바이오매스를 약 1:1(w/w)의 비율로 반응기에 넣고 수십분에서 수시간동안 반응시키면 암모니아는 바이오매스 구조로 쉽게 침투해 들어가는데, 반응 후에는 잔여 암모니아를 증발시키도록 방치시켜 놓는다. AFEX 전처리를 초본식물이나 농경 잔여물 등에 적용했을 때, 약 80~90%의 당수율을 나타내었지만, 하드우드나 소프트우드에서는 불과 50% 이하의 당수율을 나타내어 리그닌 함량이 높은 바이오매스에 대해서는 효과적인 결과를 얻지 못하였다. 폐신문지에 AFEX를 적용하였을 때, 역시 하드우드에서와 마찬가지로 40% 이하의 당수율을 나타냈다고 하여, AFEX는 적용 가능한 바이오매스가 한정되어 있음을 알 수 있다. AFEX 전처리는 알카리 처리에서의 기작과 마찬가지로 암모니아에 의해 섬유소의 반응성이 증가하였을 뿐만 아니라, 섬유소 결정성에도 영향을 준다고 보고되었다. 또한 암모니아의 급속한 증발속도로 인해 증기 폭쇄 처리에서와 같이 바이오매스의 표면적을 효과적으로 증가시켜준다. AFEX 전처리에서는 약산 전처리에서처럼 반응 후 중화 공정이 요구되지 않으며, 상대적으로 낮은 온도 조건으로

생성당의 분해를 줄일 수 있어 별도의 세척공정이 따르지 않는다는 장점이 있다.

또한 전처리된 바이오매스에는 약 0.5-1.5% 정도의 암모니아가 잔존하는데 이것은 발효공정에서 미생물의 질소원으로 이용될 수 있으며, 농경잔여물 등의 사료화에 특히 효과적이라고 볼 수 있다.

#### (4) 바이오매스 분별 (Biomass Fractionation)

바이오매스의 알카리 추출물이나 리그닌 분해물들은 발효억제물로서 작용하고, 헤미셀룰로오스 및 자일로스는 섬유소와 비교해 전처리 공정에 대해(특히 산 처리) 더 민감하다. 또한 섬유소로부터 생성된 당(포도당)은 헤미셀룰로오스로부터 생성된 당(주로 자일로스) 보다는 발효 효율이 높은 편이다. 이러한 바이오매스 구성 물질들의 차이점은 이들을 한 반응기 또는 일괄 공정으로 처리하기에는 효율의 저하라든지, 경비 및 에너지의 낭비를 초래하는 원인이기도 하다. 바이오매스 분별의 주 목적은 이들 구성 성분들을 일련의 전처리 기술 조합에 의해 분리해 내어, 각각의 용도에 맞게 다른 공정을 유도하여, 바이오매스 이용률을 극대화하는 것이다. 여러 연구에 의해 알카리 추출 방법과 약산 처리 기술을 이용하여 바이오매스를 분별 방법이 제시되었고 또한, 약산 침출 공정과 암모니아 침출 공정을 조합하여 switch-grass의 구성 성분들을 분별하는 것도 가능하게 되었다. 약산을 이용하여 완전하게 헤미셀룰로오스를 분리해 내었을 때, 잔류 바이오매스의 성분은 70%의 섬유소와 30%의 리그닌 조성을 보였으며, 이어지는 암모니아 침출공정에 의해 10%의 리그닌만이 함유되어 있는 우수한 섬유소 잔류물을 얻을 수 있었다고 보고하였다.

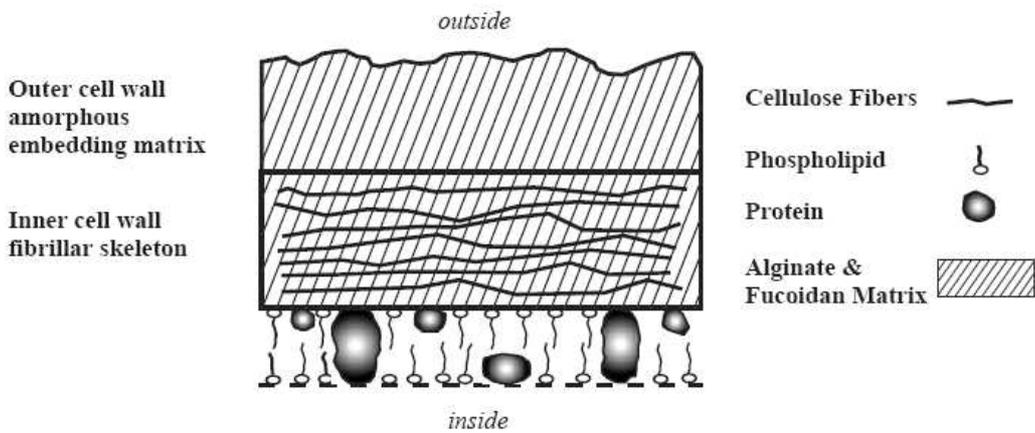


[그림 1-2-1] 화학적 해조류 전처리 기술.

다. 생물학적 방법

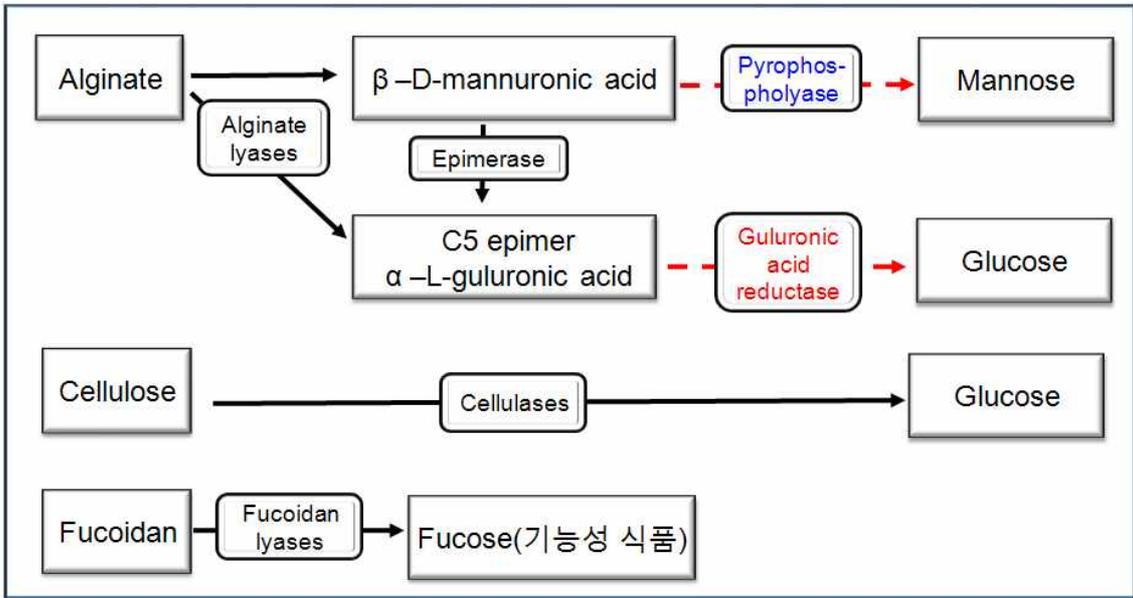
(1) 갈조류 분해효소 개요

갈조류의 생물학적 분해에 이용되는 효소는 효소로서의 기질 특이성을 갖기 때문에 구성성분에 맞는 효소의 개발이 필요하므로 구성성분에 대한 이해가 필요하다. 갈조류의 탄수화물은 세포벽의 주 구성성분으로 존재하거나 저장 탄수화물 형태로 존재한다. 갈조류의 세포벽에 존재하는 탄수화물은 alginate와 fucoidan으로 주로 구성되어 있으며 cellulose fiber 등이 소량 존재한다. Alginate는 갈조류 건중량의 12-34%에 해당되며 Fucoidan의 녹조류나 홍조류에는 거의 존재하지 않으며 갈조류에 다량 존재한다. 종마다 함유량은 차이가 있으며 세포벽의 건중량의 약 8-15%까지 존재한다고 알려져 있다.



[그림 1-2-2] Cell wall structure in the brown algae.

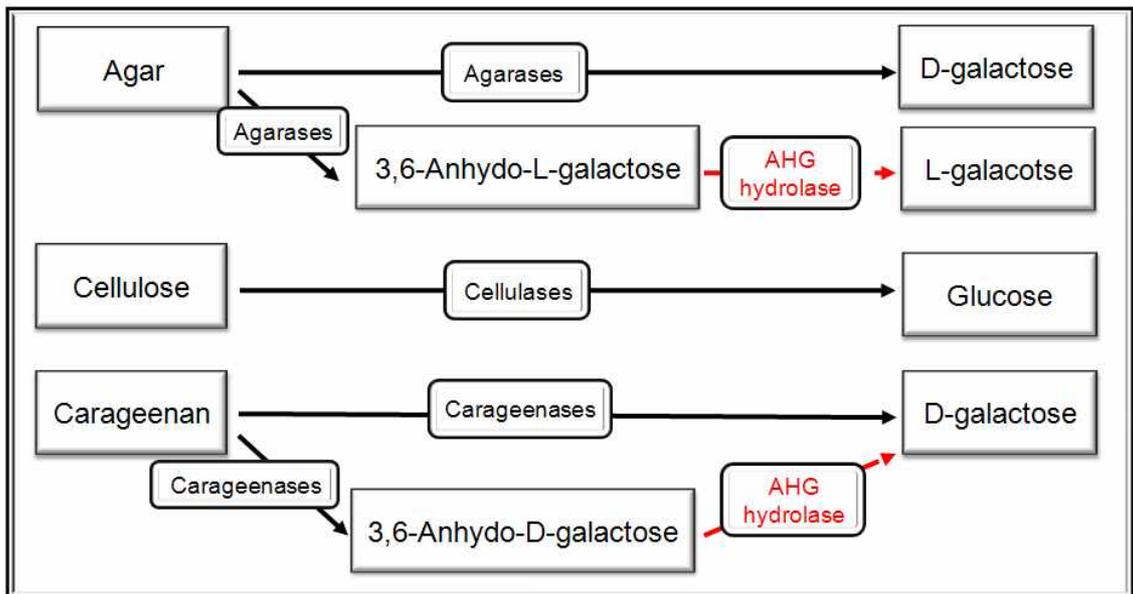
갈조류의 저장 탄수화물은 크게 두 종류로 구성되어 있는데 mannitol과 laminaran으로 구성되어 있다. Mannitol의 경우 수확시기에 따라 차이가 있지만 건중량의 최대 6.8-15%까지 존재하며 laminaran은 glucose로 이루어져 있으며 0.5-3.7%이상 존재한다고 알려져 있다.



[그림 1-2-3] 갈조류 구성성분별 생물학적 전환 과정 모식도.

(2) 홍조류 분해효소의 개요

홍조류의 주요 구성산물은 agar와 carrageenan으로 구성된 갈락탄이다. 이것은 홍조류 탄수화물의 60%에 해당되며 20% 가량의 cellulose를 포함하고 있다.



[그림1-2-4] 홍조류 구성성분별 생물학적 전환 과정 모식도.

(3) 생물학적 전환 효소 개발 현황

[표 1-2-1] 해조류의 효소 개발 현황

신규 효소 <sup>1)</sup>	개발 효소 <sup>2)</sup>	개량 효소 <sup>3)</sup>
Glucuronic acid reductase (녹조류) AHG hydrolase (홍조류) Gululuronic acid reductase (갈조류)	C-5 epimerase (갈조류) Pyrophosphorylase (갈조류)	Cellulase (공통) Glucuronase (녹조류) Xyloglucanase (녹조류) Alginate lyase (갈조류) Agarase (홍조류) Carageenase (홍조류)

- 1) 신규효소: 전 세계적으로 찾지 못한 효소로서 존재한다고 예측하고는 있으나 단백질 정제를 못하였거나 유전자를 찾지 못한 효소
- 2) 개발효소: 단백질에 대한 유전자 정보가 알려져 있지만 정확하게 활성을 규명하지 못하였거나 활성이 미약한 효소
- 3) 개량효소: 단백질에 대한 연구가 많이 이루어진 효소로 다른 자원으로부터 새로이 얻어야 하거나 개발된 것의 활성을 증진 시켜 사용하여야 하는 효소

#### (4) 신규 효소개발 방법

##### (가) 탄수화물 분해물 미생물의 스크리닝

해조류를 이용하여 성장하는 미생물들을 스크리닝하여 분해능을 갖는 미생물군들을 선별한다. 이를 토대로 해당 미생물을 순수 분리 및 배양 후 분해능이 갖는 미생물 군들을 재선별한다. 선별된 균주를 형태적, 배양적 특성과 16S rRNA gene sequence analysis와 API test(당대사)를 이용하여 동정한다. 활성을 증진시키기 위해 자외선이나 변이유발물질을 이용하여 돌연변이를 일으킨 후 adaptation을 시킨 후 분해능이 탁월한 균주를 최종 선별한다.

##### (나) 분해 효소의 분리 및 동정

선별한 미생물 균주를 이용하여 해조류를 분해하는 효소를 chromatography를 이용하여 분리·정제하여 서열 분석을 통해 효소를 동정하고 유전자 데이터 베이스를 이용하여 알려진 효소와의 상동성을 확인한다. 또한 대량생산과 분리를 용이하기 위해 his-tag 단백질을 적절한 host를 이용하여 클로닝을 하여 발현여부를 확인한다.

##### (다) 효소 개량

효소의 활성을 증진시키기 위해 해당 단백질 구조를 규명하여 단백질의 특성을 파악하고 또한 유전자 reshuffling등의 방법을 통해 단백질의 특이성 및 활성

을 개선시킨다.

#### (라) 효소 생산 및 공정

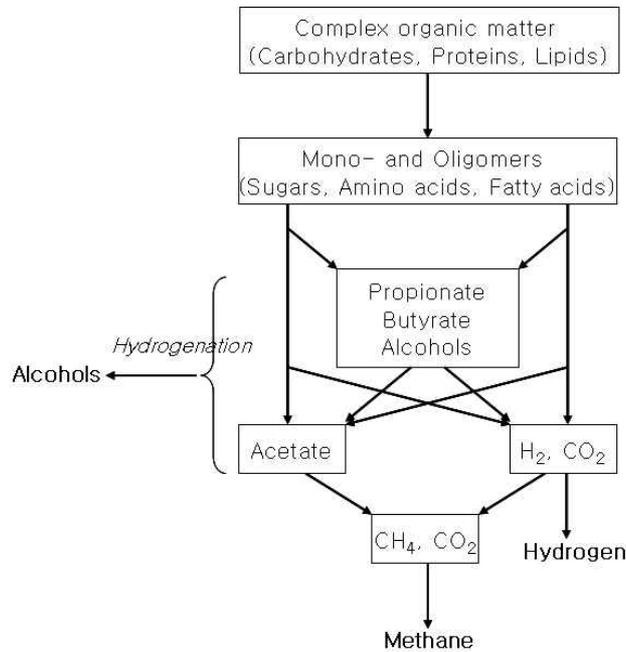
단백질의 생산을 극대화하기 위해 온도, pH, 배양시간을 최적화하여 단백질의 생산을 증진 시키고 pH, 온도, 반응시간을 조절하여 단백질의 최적 반응 조건을 결정한다. 또한 CBM(CBP) 및 익스팬신과 같은 보조단백질과 metal ion등의 보조인자들을 이용하여 반응성 증진을 시키고 RSM을 이용하여 효소들의 최적 농도를 결정하여 반응을 극대화시켜 탄수화물로부터 one-step 당화기술을 확보한다.

## 2. 혐기성소화 플랫폼

### 가. 기술개요

혐기성 소화(혹은 VFA; volatile fatty acid) 플랫폼은 혐기성 혼합배양에 의하여 바이오매스를 일단 유기산 혼합물로 분해한 후 이것을 필요에 따라 메탄, 수소 등 가스 상태의 연료로 전환시켜 회수하거나 수소첨가반응을 통하여 알코올혼합물 형태의 액체연료로 전환하는 방법이다.

이 때 생산되는 유기산은 초산(C2), 프로피온산(C3), 부티르산(C4) 등으로 구성되며 이들은 수소첨가반응을 통하여 각각 에탄올, 프로판올, 부탄올로 변환된다. 액체연료를 목표로 할 경우에는 혐기성 혼합 배양시 메탄발효 저해성분을 추가하거나 반응조건을 조정함으로써 메탄가스로의 전환을 억제할 수 있다.



[그림 1-2-5] 혐기성 소화 플랫폼의 개념도

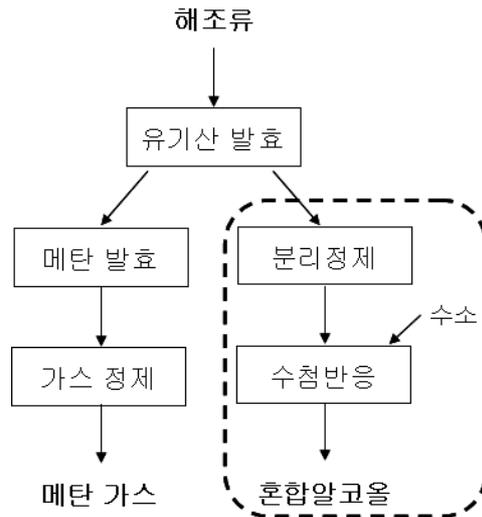
혐기성 소화 플랫폼의 가장 큰 장점은 특정미생물을 이용하는 것이 아니라 자연계에 존재하는 분해미생물을 그대로 활용하는 혼합배양이므로 별도의 살균공정이 필요 없고, 이에 따라 살균에 필요한 막대한 에너지가 절약될 수 있으며 바이오매스의 종류에 관계없이 적용이 가능하다는 점이다. 또한 바이오매스 분해를 위하여 고가의 효소를 별도로 투입할 필요가 없다.

메탄이나 수소가 최종목표산물일 경우에는 배양액으로부터 자동적으로 분리되므로 회수비용이 적게 든다. 반면에 액체연료가 목표산물일 경우에는 일단 저농도로 존재하는 유기산을 어떻게 경제적으로 농축하는가 하는 문제와 유기산을 알코올로 변환시키는데 필요한 수소를 어떻게 확보하느냐 하는 문제가 해결되어야 한다. 또한 최종적으로 생산되는 산물이 알코올의 혼합물이므로 순수한 바이오연료를 원할 경우에는 추가적인 정제공정을 필요로 하는 단점이 있다. 이러한 이유로 인하여 현재까지는 메탄가스를 만드는 공정만이 실용화에 접근하여 있다.

#### 나. 해조류로부터 혐기성 소화를 통한 액체연료 생산기술 적용

해조류를 원료로 이용하여 혐기성 소화를 통하여 메탄가스를 생산하는 기술과 목질계 바이오매스를 건식 소화를 통하여 VFA를 생산한 후 이를 혼합알코올로 전환하는 기술은 개별적으로 개발되어 각각 실용화 가능단계에까지 접근해있다. 이 두 가지 기술을 융합한 기술, 즉 해조류로부터 혐기성 소화 중 산 발효까지만 수행

하고 여기서 생성된 VFA들을 회수한 후 수소첨가 반응을 통하여 혼합알코올을 생산하는 기술은 아무도 시도해본 적이 없다([그림 1-2-14]).



[그림 1-2-6] VFA 플랫폼을 이용한 해조류로부터의 혼합알코올 생산 개념도

VFA 플랫폼은 해조류에 특히 적합할 것으로 예측된다. 즉 Holtzapple 등 (2008)의 연구 결과에 의하면 목질계 바이오매스를 이용한 VFA 공정은 목질계에 포함된 리그닌의 분해가 느리게 진행되기 때문에 50 ~ 80일 간의 오랜 반응시간이 필요하나, 해조류의 경우에는 리그닌이 포함되어 있지 않기 때문에 산 생성 반응 (acidogenesis)은 3일 정도의 짧은 기간에 끝나는 것으로 보고되고 있다(Matsui et al., 2006). 또한 해조류의 경우에는 생산성이 높기 때문에 목질계와 같은 야적형 건식 소화 설비가 아니라 밀폐형 반응기의 사용도 가능하기 때문에 산 발효시에 생성되는 수소를 회수하여 추후 수소 첨가반응에 활용하기가 용이하고, VFA 플랫폼의 문제점으로 예상되는 악취문제도 관리하기가 용이하다.

해조류의 VFA 플랫폼에 의한 처리는 다음과 같은 많은 장점을 가지고 있다.

당화플랫폼에 비하여,

- 원료(해조류의 종류)에 대한 제한이 없거나 낮다.
- 따라서 여러 가지 해조류를 섞어서 사용할 수도 있다.
- 특정 효소를 개발할 필요가 없다.
- 단백질, 지방 등 탄수화물 이외의 유기성분들도 VFA로의 전환에 이용되므로 수

율이 높다.(당화플랫폼의 1.5배 이상)

- 혼합배양이기 때문에 멸균을 할 필요가 없으며 따라서 이 때 필요한 에너지를 절감할 수 있다.
- 혼합알코올은 순수 에탄올보다 연료 특성이 우수하다.
- 유기산 생성까지는 이미 일본에서의 실증연구와 폐수처리에서의 오랜 경험을 통하여 상대적으로 기술축적이 많이 되어 있으므로 빠른 시간 내에 실용화까지 이를 수 있다.

메탄가스 생성에 비하여,

- 산발효(체류시간 2~3일)는 메탄발효(체류시간 15~25일)보다 반응속도가 5~6배 빠르므로 생산성이 높다.
- 메탄발효 단계에서 CO<sub>2</sub>로 손실되는 carbon을 회수함으로써 높은 수율이 기대된다.  
(일본에서의 실증시험 결과로는 100 kg의 유기산으로부터 22 Nm<sup>3</sup>의 메탄을 회수하여 Carbon 회수율은 50%에 불과하다. 즉 유기산 중의 carbon의 50%가 미전환 혹은 CO<sub>2</sub>로 loss)
- 유기산으로부터 알코올을 얻는 수율을 80%로 가정할 경우 해조류 1톤(수분 90%)으로부터 기대되는 혼합알코올의 양은 61 kg이다(에탄올 기준 77 l). 이를 에너지로 환산할 경우 메탄 대비 2.1 배, 가격으로 비교할 경우 메탄 대비 3.5배의 높은 부가가치를 가진다([표 1-2-2]).

[표 1-2-2] VFA 플랫폼에 의하여 생성되는 혼합알코올(에탄올을 대표로 가정함)과 메탄의 에너지 수율 및 부가가치 비교

	메탄	에탄올
생산량(톤당)	22Nm <sup>3</sup>	77 l
연소열	50MJ/Kg	26.8MJ/Kg
에너지 수율(MJ/톤)	786	1628
비율	1	2.1
단가	700 원/Nm <sup>3</sup>	700 원/ l
부가가치(원/톤)	15,400	53,900
부가가치 비율	1	3.5

이에 반하여 VFA 플랫폼은 다음과 같은 다음과 같은 문제점이 예상된다.

당화플랫폼에 비하여,

- 유기산 분리 정제의 문제: 산발효에 의하여 생성된 유기산을 경제적으로 농축 회수하기 위한 별도의 정제공정의 개발이 필요하다. 에탄올의 경우에는 물보다 비등점이 낮기 때문에 distillation에 의한 분리방법이 적용이 되고 있으나 VFA의 경우 대부분 물보다 비등점이 높기 때문에 다른 정제방법의 도입이 필요하다.
- Hydrogenation 단계에서 필요한 수소의 확보 및 경제성 문제: VFA 플랫폼의 경제성 분석 결과를 보면 바이오매스 가격 다음으로 높은 항목이 수소 가격이다. 따라서 수소를 저렴하게 확보하는 것은 본 VFA 플랫폼의 경제성을 좌우하는 매우 중요한 요소이다. 전술한 바와 같이 산 발효시 생성되는 바이오가스 중에는 상당량의 수소가 포함되어 있으므로 이를 일부 활용하고 나머지는 외부로부터 공급하는 방안을 찾아야 한다. 혹은 해조류를 이용하는 생물학적 수소생산 공정과 결합하는 방법도 가능하다.

메탄가스 생성에 비하여,

- 유기산 분리 정제의 문제: 바이오가스는 기체이기 때문에 저질로 배양액으로부터 분리가 된다. 그러나 VFA는 배양액에 낮은 농도로 용해된 상태로 존재하기 때문에 에스테르화 반응과 수소화 반응을 하기 전에 먼저 배양액으로부터 분리시키고 농축시키는 단계가 필요하다. 따라서 이 공정에 들어가는 에너지와 비용을 최소화시키는 기술의 개발이 필요하다.
- 수소의 확보 및 경제성 문제: 바이오가스 생산 시에는 불필요한 문제이다. 따라서 바이오가스 생산보다 높은 경제적 타당성을 가지기 위해서는 이 공정에 들어가는 모든 비용들을 최소화하여야 한다.



## 제 2 장

# 국내외 기술개발 현황

제 1 절 통합공정을 위한 해조류 에너지화 기술개발 동향



## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제 1 절 통합공정을 위한 해조류 에너지화 기술개발 동향

#### 1. 일본의 해조류 에너지화 기술개발 동향

일본 도쿄가스에서는 해안에 쌓이는 파래(*Ulva* sp.)를 수거하여 소각하는 대신 이를 원료로 하여 혐기성 소화를 통하여 메탄가스를 생산한 후 이를 이용하여 전기를 발전하는 기술이 현장시험단계까지 와있다. 이들의 보고에 의하면 5개월간의 시험운전 결과 1톤(습중량)의 원료(파래 또는 다시마(수분 90%))로부터 평균 22 Nm<sup>3</sup>의 메탄가스를 획득하였다.

또 다른 연구그룹인 Tokyo 대학의 연구 결과에 의하면 다시마로부터 혐기성 소화에 의하여 0.25-0.28 Nm<sup>3</sup>/kg-vs 의 메탄 Yield를 얻었다. 이는 다시마 중의 vs(volatile solid) content(0.112 Kg/Kg wet-weight)를 감안할 때 상기 Tokyo Gas의 연구 결과와 유사한 수준이다(22-25 Nm<sup>3</sup>/톤).



[그림 2-1-1] 일본 Tokyo Gas의 해조류를 원료로 한 메탄가스 생성공정.

#### 2. 미국과 유럽의 해조류 에너지화 기술개발 동향

미국의 Dupont사와 BAL 연구소는 해조류로부터 바이오부탄올 연구를 위해 DOE로부터 9백만달러 펀드를 조성 받았으며, 미국 연안의 2.5%를 이용하여 연간 68억리터의 바이오연료를 생산할 계획에 있다.

영국 스코틀랜드의 에너지부는 해조류를 이용한 “6백만유로 BioMara research project”를 착수하였으며, 2020년까지 운송연료의 10%를 대체를 목표로 하고 있다. BioMara사는 European Union’s INTERREG IVA Programme 등으로부터 약 4.9백만유로를 지원받아 기후변화대응 및 CO<sub>2</sub> 감축을 위해 해조류 대량양식 및

바이오연료 개발 연구를 수행 중에 있다.

노르웨이의 Seaweed Energy Solutions as(SES)사는 트론헤임 앞 연안에서 파 일롯 규모로 해조류 배양 시험연구를 수행 중이며, 50,000 ha 클러스터에서 15,000 천톤의 해조류를 생산하여 바이오에탄올 32억리터(혹은 바이오메탄 20TWh)를 생산 할 계획에 있다.

### 3. 국내의 해조류 에너지화 기술개발 동향

최근 농산물 대신 해조류(홍조류)인 우뚝가사리 등으로 바이오에탄올을 만들 수 있는 기술이 국내 기술진에 의해 개발되었는데 한국생산기술연구원 김경수 박사팀은 우뚝가사리 등 홍조류로 바이오에탄올을 제조하는 데 성공했다(대한민국 특허 “해조류로부터 알콜생산 연구는 홍조류를 이용한 바이오알코올 제조방법” 제10-2007-0018867호, “홍조류를 이용한 바이오알코올 및 아세톤 제조방법” 제 10-2007-0070687호, “녹조류 및 갈조류를 이용한 바이오알코올 제조방법” 제 10-2007-0076030호). 우뚝가사리는 발효 가능한 탄수화물의 함량이 목질계 원료에 비해 1.5-2배 정도 높은데다, 목질계 원료에서 반드시 제거해야 하는 리그닌 성분이 없어 제조공정이 간편하다는 장점을 지닌다. 홍조류로부터 직접당화법과 다단계당 화법 등의 당화법을 통해 수율을 높이는 방법으로 총 전환 수율이 20~32%인 바이오 에탄올을 제조하는 데 성공했는데 현재 목질계의 에탄올 전환 수율은 20~25%인 것과 비교하면 충분한 경제성이 있다고 생각된다. 또한 질소(N)를 영양분으로 삼는 홍조류의 특성상 연안해역의 해수정화 효과가 탁월하고, 이산화탄소 배출감축 제도가 본격 시행되는 2013년부터는 환경과 에너지 문제를 동시에 해결할 수 있는 가 용자원으로 급부상할 전망이다.

또한 국내에서는 한천 생산 해조류인 꼬시래기, 녹조류인 구멍갈파래 등을 대상으로 한 알콜 생산 연구가 알려져 있으며, 한천을 황산으로 분해시킨 후 효모 를 이용하여 알콜 생산을 위한 기술을 개발 중에 있으나, 원료 해조류로부터 알콜 생산수율이 낮아 추가적인 연구가 수행 중에 있다.

## 제 3 장

# 혐기성 소화에 의한 준파일럿 규모의 유기산 생성공정 구축

제 1 절 해조류 대용량 전처리 공정 개발

제 2 절 혐기성 소화에 의한 bench scale 유기산 생성  
공정 구축



## 제 3 장 통합공정 및 제품개발

### 제 1 절 해조류 대용량 전처리 개발

#### 1. 연구 목적 및 내용

##### 가. 연구 목적

해조류로부터 유용한 원료나 에너지를 얻기 위해서는 해조류의 생산에서부터 가공에 이르기까지 관련 분야의 기반구축 연구를 통해 경쟁력 있는 요소기술들의 통합을 도모하고 최종적으로는 해조류의 대량생산을 통한 그린에너지화 및 부산물의 활용을 위한 상용화 연구들이 체계적으로 수행되어야 한다.

해조류로부터 여러 가지 화학원료로 사용될 수 있는 유기산을 얻기 위해서는 대규모의 혐기성 소화에 의한 유기산 생성 실증 설비 구축이 필요하고 이를 위해서는 해조류의 대용량 전처리에 의한 원료의 확보가 필수적이다.

따라서 본 연구에서는 다시마의 산 처리에 의한 당화 반응을 수행하여 혐기성 소화 연구의 기초 원료를 대용량으로 제공하고자한다.

##### 나. 연구 내용

- (1) 250L Glass 반응기를 이용하여 다시마의 대용량 전처리
- (2) 산의 농도와 반응시간에 따른 전처리 효율 극대화
- (3) 혐기성 소화 효율 극대화를 위한 해조류의 대용량 전처리 작업을 통해 산처리에 따른 혐기성 소화 수율과 해조류 종류에 따른 전처리 효율 비교
- (4) 대량 생산 시 발생하는 문제점 파악 및 해결 방안 강구
- (5) 대량 생산 시 생산 원가의 기초 자료 확보
- (6) P&ID 작성

## 2. 연구 방법

### 가. 실험장치 및 재료

#### (1) 재료 및 시약

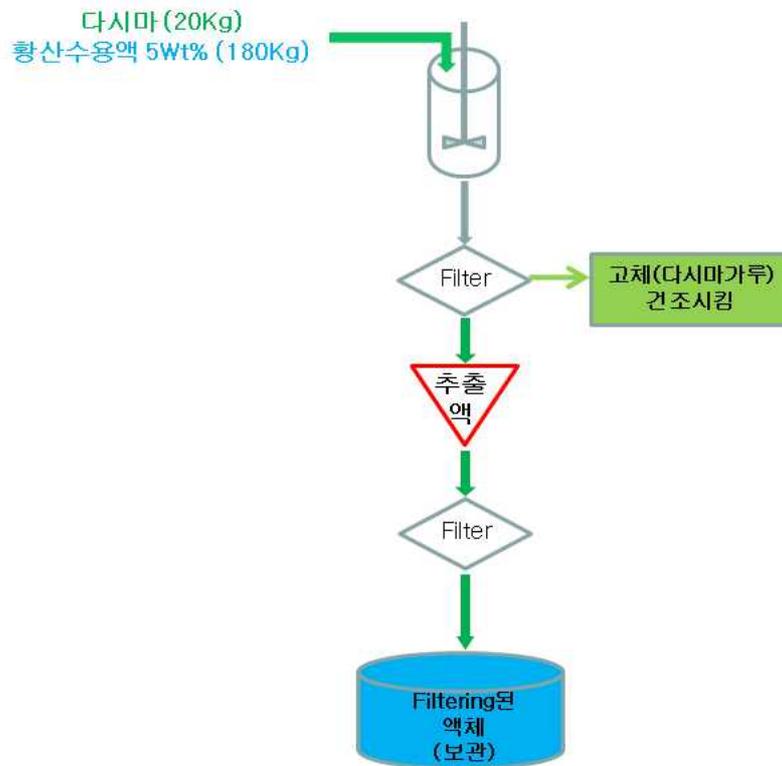
		
seaweed powder	98% CaCO <sub>3</sub>	95% 황산

#### (2) 실험장치

		
GL-250L반응기	Filtering 장치	
		
자동건조장치	필터수지	

나. 실험 절차

- (1) 다시마 20kg과 5wt% 황산수용액 180kg을 250L 반응기에 투입한다.
- (2) 반응기의 내부온도를 100°C로 승온시키고 500분 반응 시킨다.
- (3) 반응기의 내부온도를 상온으로 냉각시킨 후 반응물을 200L 플라스틱 통에 받아들  
둔다.
- (4) 반응물을 여과한다.
- (5) 여과된 반응물에  $\text{CaCO}_3$ 를 주입하여 중화시키고 여과하여  $\text{CaSO}_4$ 를 제거한다.
- (6) 여과액은 모아서 보관하고, 걸러진  $\text{CaSO}_4$ 는 폐기한다.



[그림 3-1-1] 실험절차.

### 3. 연구수행 결과

구분	Batch	다시마 처리량(Kg)	수행기간(일)	비 고
대용량 용매추출 (Extraction)	E-1	45Kg	24일(2 Batch)	주정추출 3회, 헥산 추출 3회
	E-2	20Kg	5일(1 Batch)	주정추출
	E-3	120Kg	17일(4 Batch)	주정 추출3회, 헥산추출 2회, EA추출 2회
대용량 전처리 (Pretreatment)	P-1	20Kg	5일	P-1 : 부정대에 발송
	P-2	20Kg	5일	P-2 : 부정대에 발송
	P-3	20Kg	5일	P-3 : 부정대에 발송
	P-4	20Kg	5일	P-4 : 부정대에 발송
	P-5	20Kg	5일	P-5 : 부정대에 발송
	P-6	20Kg	5일	P-6 : 부정대에 발송

### 4. 요약 및 제언

가. Powder 형태의 대용량 추출공정 확립 (다시마 185Kg 처리완료)

(주정, Hexane, Ethyl Acetate)

나. Granule 형태의 대용량 추출 수행 예정

다. 다시마 대용량 전처리 공정 완료 (다시마 120Kg 처리완료)

라. 다시마 전처리 공정에서 filtration 공정이 bottle-neck으로 작용

(1) 산처리후 Filter 불가

(2) 중화 반응 후 Filtration 가능

마. 향후 Filter press 도입이 필요

### 5. 향후계획 및 수행

가. 해조류의 대용량 산처리시 발생한 문제점 수정 보완

나. 고압반응기 도입으로 고압반응 및 고압추출 가능

## 제 2 절 혐기성 소화에 의한 bench scale 유기산 생성 공정 구축

### 1. 연구 목적 및 내용

#### 가. 연구 목적

현재, 본 연구팀에서는 해조류로부터 에너지를 얻기 위하여 적용가능한 플랫폼기술 중 혐기성 소화를 통하여 여러 가지 화학원료로 사용될 수 있는 유기산의 생성 공정 기술 개발을 행하고 있다. 본 연구는 실험실 규모의 연구를 토대로 하여 해조류 바이오매스 통합공정을 위한 준 파일럿 규모(bench scale)의 기술을 개발하여 유기산의 대규모 생산기반을 구축하는 것이 목적이다. 본 연구는 해조류의 통합적 활용을 위한 부산물 응용 기술개발의 기초연구가 될 수 있을 것으로 생각된다.

#### 나. 연구 내용

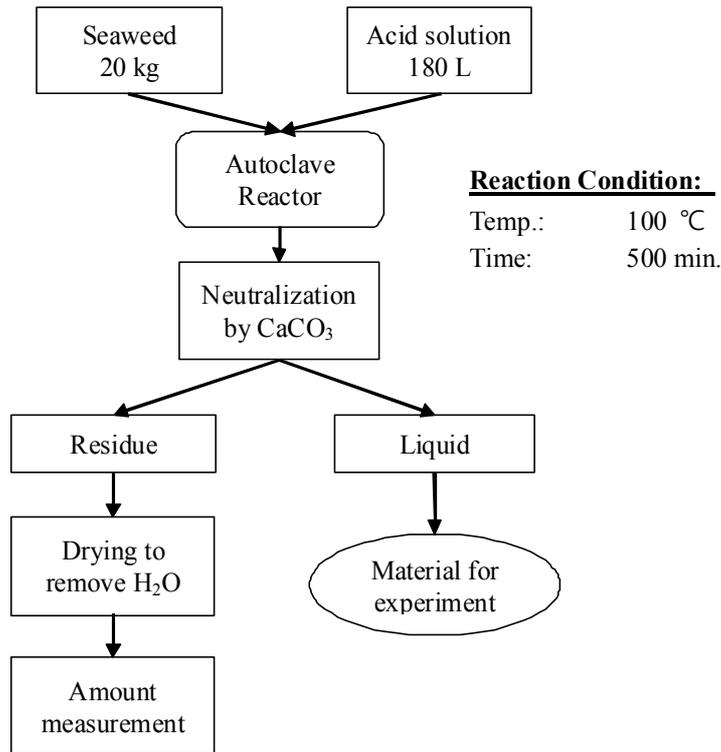
혐기성 소화는 혐기성 미생물의 대사작용에 의해 유기성폐수·폐기물을 분해하는 생물학적 공정이다. 이 기술은 오래전부터 오수·슬러지 정화처리에 이용되어 왔으며, 호기성처리에 비해 산소가 필요 없어 유지관리비가 적게 소요되는 경제적인 처리방법이다. 또한 바이오 매스에서 유기산, 수소 및 메탄을 생성하는 생물학적 에너지 분야에서도 주목을 받고 있다. 이처럼 광범위한 혐기성미생물의 기술 분야를 적절하게 나타내는 용어로서 “혐기성 바이오테크놀로지(anaerobic biotechnology)”라는 표현도 사용되고 있다. 혐기성 소화 과정에서 생산되는 유기산은 초산(C2), 프로피온산(C3), 부티르산(C4) 등으로 구성되며 이들은 수소첨가반응을 통하여 각각 에탄올, 프로판올, 부탄올로 변환된다. 따라서, 본 연구는 해조류 바이오매스 통합공정을 위한 준 파일럿 규모의 유기산 생성장치를 설치하여 혐기성 소화에 의한 유기산 생성 조건을 검토하고 시운전 조건을 선정하여 다량의 유기산을 생성하는 최적 상태를 파악하고자 한다.

### 2. 연구 방법

#### 가. 실험장치 및 재료

(1) 해조류 전처리

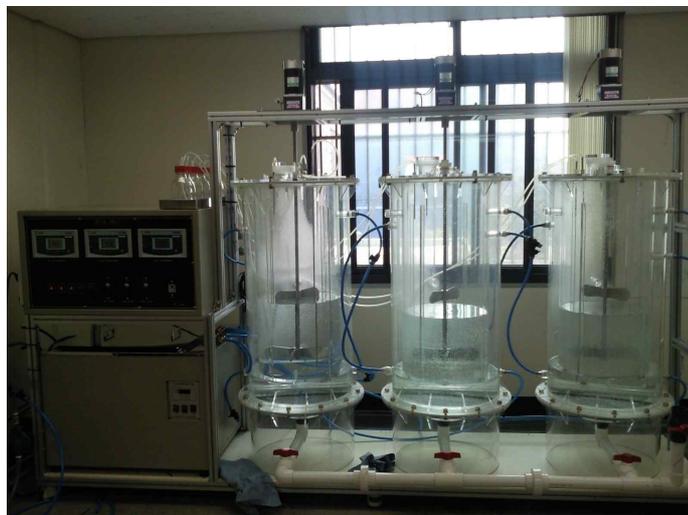
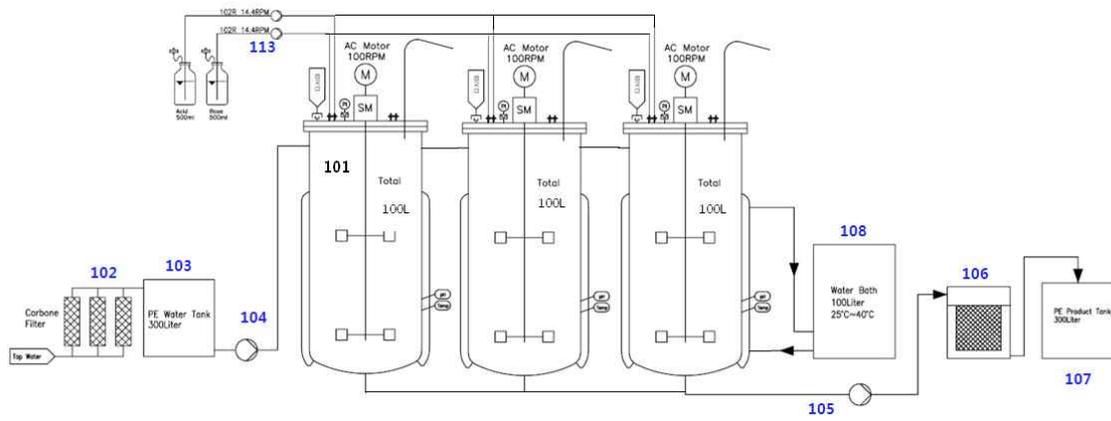
연구에 사용된 해조류는 완도에서 생산된 다시마로, 파우더 형태로 된 것을 사용하였다. 해조류는 황산( $H_2SO_4$ )으로 전처리를 행하였으며, 황산 전처리 후 중화를 위하여 탄산칼슘( $CaCO_3$ )을 사용하였다. 해조류의 황산 전처리는 [그림 3-2-1]과 같으며 세부 자세한 사항은 제3장 제1절의 ‘해조류 대용량 전처리 공정 개발’과 같다.



[그림 3-2-1] 해조류 전처리.

(2) 유기산 발효 장치

본 연구에 사용된 장치로서는 내경 40cm, 높이 100cm로 100L용량의 3개의 반응기가 직렬로 연결이 되어 있으며, 필요에 따라 회분식(batch)과 연속식(continuous) 어느 방법으로도 운전이 가능하도록 설계하였다. 연속식으로 운전을 할 때는 침전지를 설치하여 혐기성미생물의 반송을 유도하였다. 유입수는 상향류로 주입되며 반응기 내부에는 미생물과 해조류의 혼합을 위하여 교반장치가 설치되어있다. 반응기 상부에는 pH 및 온도 자동 조절 장치가 설치되어 있으며 필요에 따라 시료를 채취할 수 있도록 시료채취구가 설치되어 있다. [그림 3-2-2]는 유기산 발효 장치의 상세도이다.



[그림 3-2-2] 유기산 발효 장치 상세도.

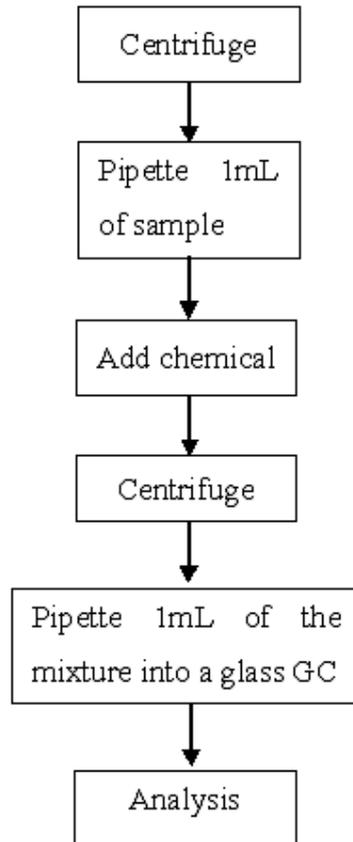
### (3) 발효 미생물과 영양분

유기산 발효에 사용된 미생물은 부산시 남구 소재 하수처리장 소화조의 반송 슬러지를 사용하였다. 반송슬러지의 TS, VS 함량은 각각 mg/L였다. 이 미생물은 반응조에 각각 3, 6, 9L를 주입하였다. 실험에 사용한 영양염은  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  2g/L,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  1g/L,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.01g/L, NaCl 0.001g/L,  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0.001g/L,  $\text{CaCl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0.001g/L,  $\text{MnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0.0015g/L 및 0.00278g/L 이다.

### 나. 실험 절차

실험은 회분식으로 운전을 먼저 행한 후, 회분식에서 얻어진 기초자료를 토대로 연속식으로 운전을 하였다. 회분식의 실험 절차는 미생물 주입량에 대한 해조류 바이오매스의 유기산 생성량을 조사하였다. 해조류의 농도는 20g/L가 되도록 주입하고 각종 영양염을 주입한 후, 산소제거를 위해 질소가스를 10분간 주입하였다. 그 후 슬러지를 각각 3, 6, 9L 주입하고, 혐기성 소화가 진행되면서 낮아지는 pH를 조절하기 위한  $\text{NaHCO}_3$  용액을 pH controller에서 조절되어 주입되도록 하였다. pH는 6.7~7.0을 유지시켜 주었으며 온도는 35°C로 유지하였다. 배양액을 혼합하기 위하여 교반장치를 이용하여 30rpm으로 교반시켜 주었으며, 메탄생성균에 의하여 유기산이 소비되지 않도록 억제제로서 요오드포름(indoform:  $\text{CHI}_3$ )을 에탄올(ethanol:  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )에 녹인 20g  $\text{CHI}_3$ /L  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 를 주입하였다. 반응기에서 발생하는 총 가스를 측정하기 위하여 가스를 포집기를 설치하여 분석을 행하였다. 반응기의 연속식 운전은 회분식 실험의 결과를 토대로 미생물을 9L 주입하였으며 침전지와 슬러지 반송펌프를 설치하여 반송시켰다. 연속식에서의 수리학적 체류시간(HRT)은 8시간으로 시작하여 5시간까지 변화시켜 실험을 행하였다.

분석은 유기산의 경우는 배양액의 일정량을 원심분리(3,500rpm, 5min)하여 균체와 상정액을 분리하고, 상정액 10ml에 10-mM의 메칠 발레르산(internal 4-methyl-valeric acid: ISTD)와 3-M의 인산(phosphoric acid:  $\text{H}_3\text{PO}_4$ )을 각각 1ml씩 첨가하였다. 화학약품을 첨가한 시료는 다시 원심분리(15,000rpm)을 행한 후 모세관 칼럼(capillary column, Agilent Technologies, Inc. model HP-FFAP, 50m  $\times$  0.32mm  $\times$  0.50 $\mu\text{m}$ )이 장착된 GC(gas chromatograph, Shimadzu 17A)을 사용하여 측정하였다. 검출기로는 불꽃이온화 검출기(flame ionization detectot: FID)를 사용하였다. 반응기 운전 중 발생하는 가스는 열전도도 검출기(thermal conductivity detector: TCD)를 장착한 GC(Shimadzu 9A)를 이용하여 측정하였다. 메탄측정을 위한 GC의 조건은 injector 온도 200°C, detector 온도 250°C였으며, flow rate는 30cc/min로 유지하였다. 유기산의 측정절차는 [그림 3-2-3]과 같다.



[그림 3-2-3] 유기산 분석 절차.

### 3. 연구수행 결과

#### 가. 회분식 실험

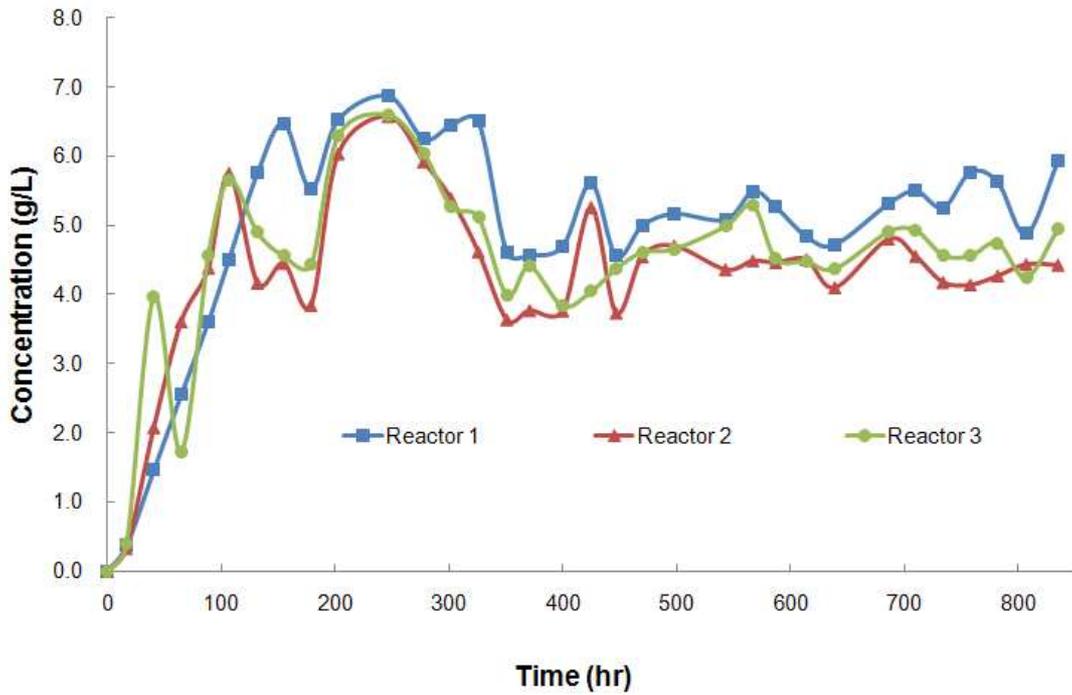
[표 3-1-2]는 각 반응기별 총 유기산 생성량을 나타낸 것이다. 각 반응기 모두 20시간 이후부터 소량의 유기산 생성이 측정되었다. 실험실 규모의 0.9L 반응기 실험에서 얻어진 결과에 따르면 18g/L의 해조류 농도에서 실험 시작 200시간 정도에서 최고 14.5g/L의 총 유기산 농도를 얻었다. 300L 규모의 준파일럿 규모의 회분식 운전에서 총 유기산의 농도는 점차 증가하여 약 200시간에서 최고치를 나타내었다. 20g/L의 해조류 농도에서 최고 6.6g/L의 총 유기산 농도를 얻었다. [그림 3-2-4]는 시간당 발생한 총 유기산량을 나타낸 것이다.

[그림 3-2-5]~[그림 3-2-7]은 각 반응기별 각종 유기산의 농도 변화를 나타낸 것이다. 혐기성 미생물을 3L 주입한 반응기 1의 경우, 최고 총유기산 농도는

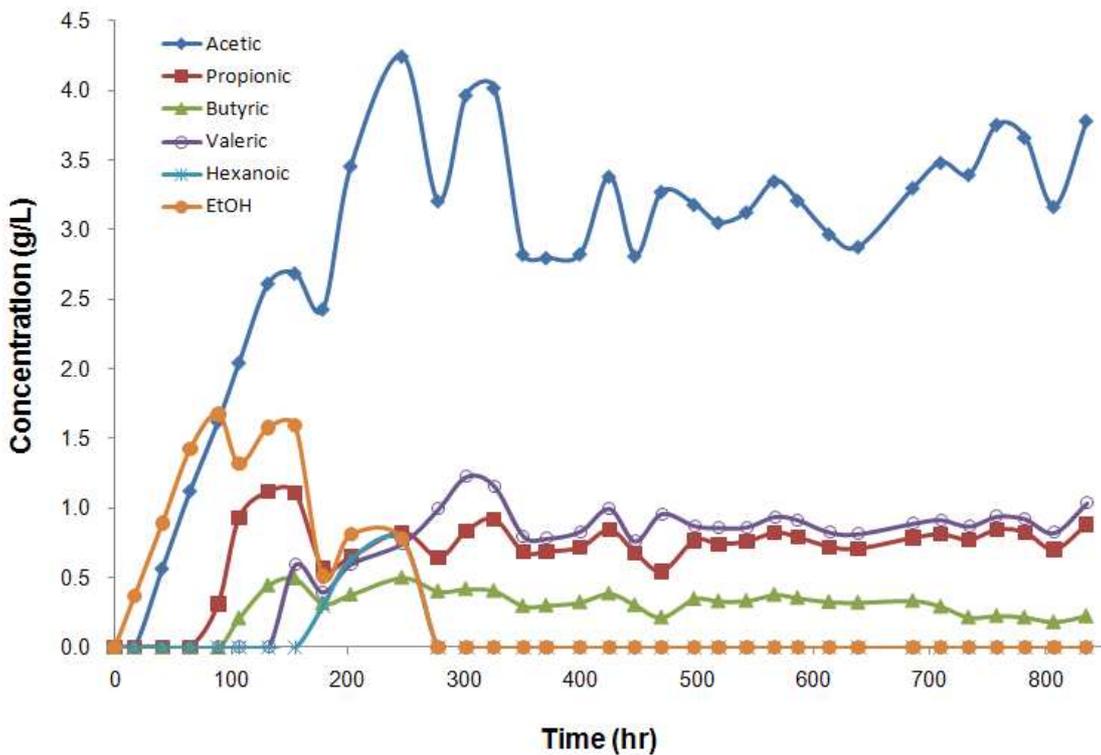
6.87g/L를 보였으며, 미생물을 6, 9L를 주입한 반응기 2, 3의 경우에는 각각 6.58, 6.59g/L로 미생물 주입량에 따라 큰 차이를 나타내지 않았다. 일반적으로 처리효율은 미생물량이 증가할수록 증가한다고 알려져 있다. 본 연구에서도 미생물을 많이 주입한 반응기 3에서의 유기산 생성량이 많을 것으로 추측하였으나 그 차이는 미비한 것으로 나타났다. 이는, 각 반응기의 미생물 순차 과정의 영향이거나 300L 규모에 비해 미생물 변화량이 적은 것에 기인한 것으로 추측한다. 모든 반응기에서 초기에 에탄올의 생성이 높게 나타났는데 이는 탄수화물의 당화 및 알코올발효가 진행된 것으로 파악된다. 생성된 유기산의 종류는 아세트산(acetic acid), 발레릭산(Valeric acid) 및 프로피온산(propionic acid)의 농도가 높게 나타난 것으로 나타났다. 유기산의 사용용도에 따라 프로피온산이나 뷰트릭산(butyric acid)의 농도를 높이기 위한 운전 절차에 대해 추후 연구를 진행시킬 예정이다.

[표 3-2-2] 회분식 실험결과

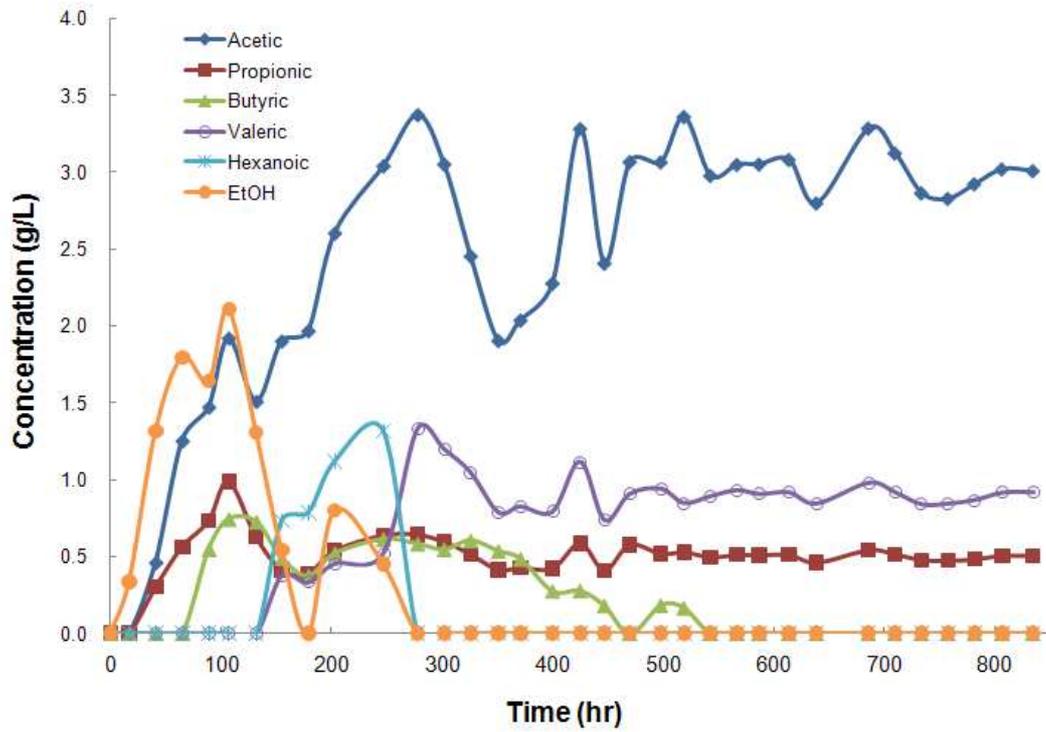
Time(hr)	Total acid concentration (g/L)		
	Reactor1	Reactor2	Reactor3
0	0.000	0.000	0.000
20	0.370	0.335	0.386
40	1.456	2.079	3.959
60	2.547	3.611	1.729
80	3.607	4.388	4.574
100	4.503	5.757	5.661
120	5.751	4.169	4.896
160	6.471	4.454	4.553
180	5.526	3.850	4.427
200	6.526	6.038	6.286
240	6.866	6.578	6.589
280	6.246	5.925	6.047
300	6.446	5.389	5.260
300	6.503	4.619	5.111
330	4.602	3.640	3.990
350	4.566	3.774	4.406
370	4.697	3.767	3.831
400	5.608	5.262	4.043
420	4.554	3.735	4.370
450	4.993	4.552	4.609
470	5.166	4.707	4.654
500	5.081	4.365	4.985



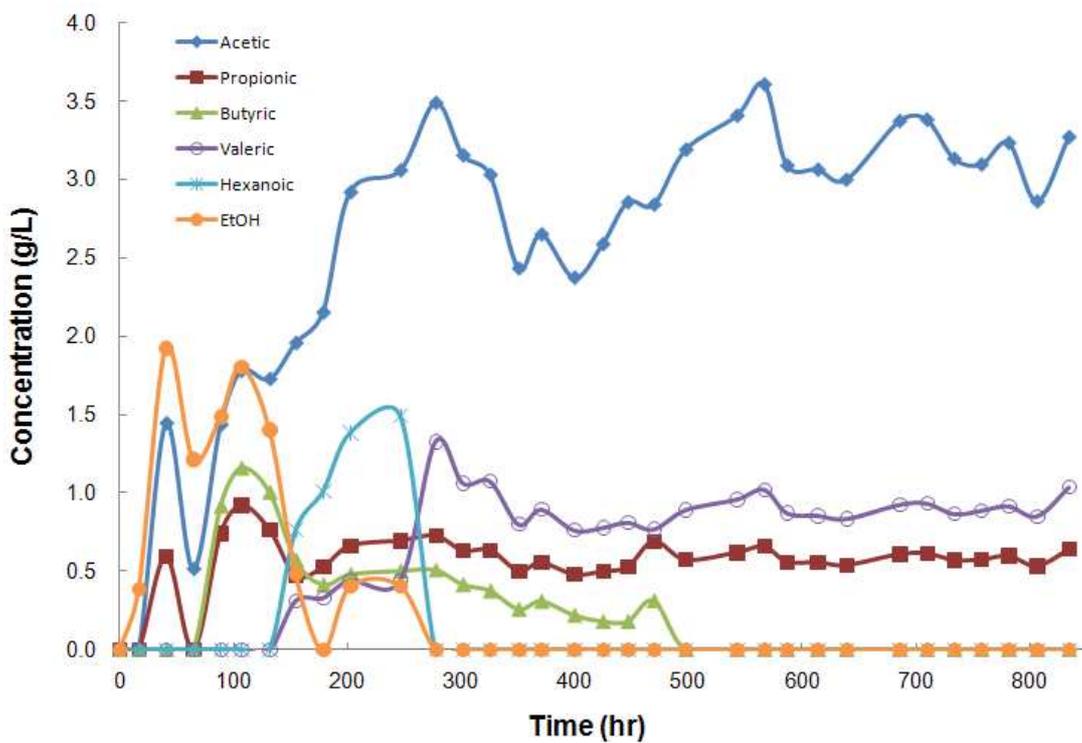
[그림 3-2-4] 회분식 실험에서의 총 유기산 생성 농도 변화.



[그림 3-2-5] 회분식 실험에서의 유기산 농도 변화 (Reactor 1).



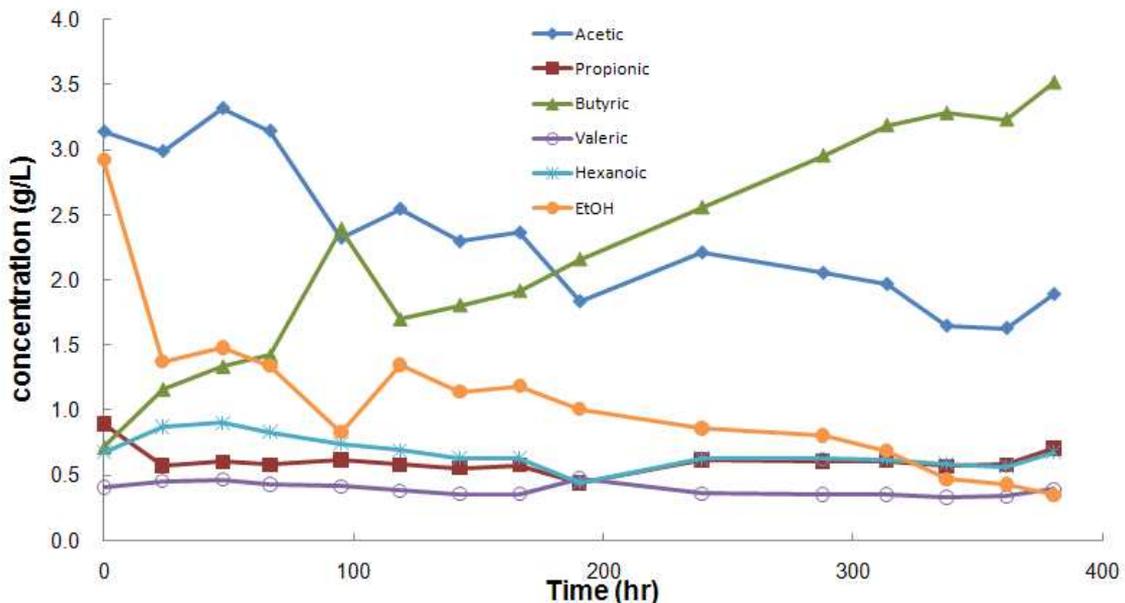
[그림 3-2-6] 회분식 실험에서의 유기산 농도 변화 (Reactor 2).



[그림 3-2-7] 회분식 실험에서의 유기산 농도 변화 (Reactor 3).

#### 나. 연속식 실험

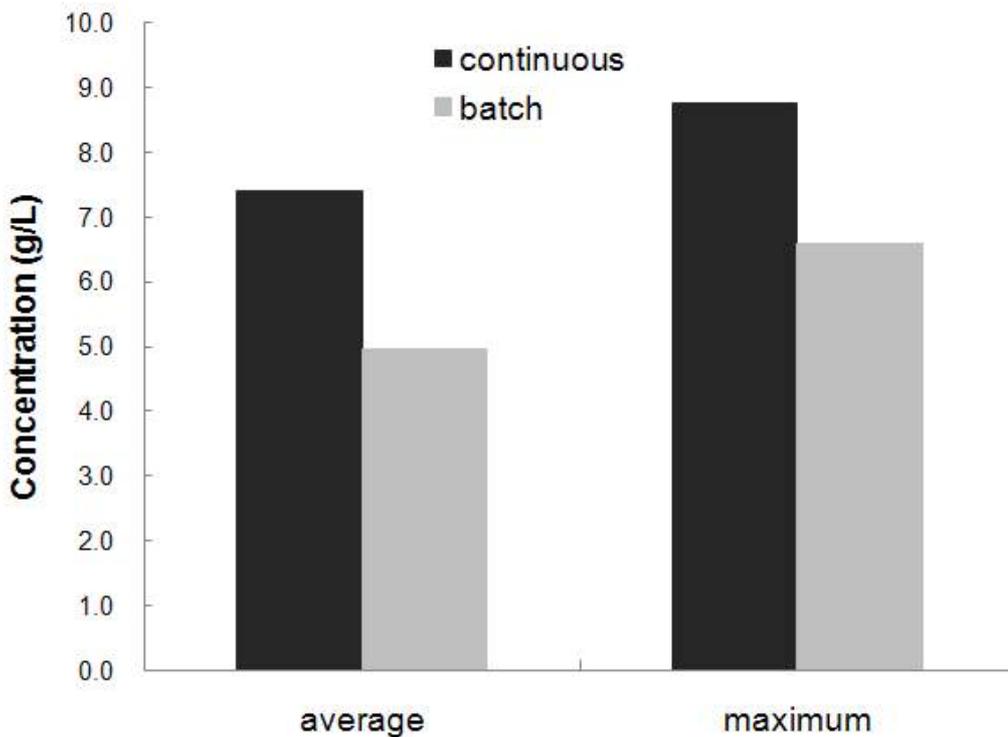
회분식 실험에서 얻어진 결과를 토대로 연속식 실험을 행하였다. 본 회분식 실험에서는 미생물 투입변화에 대해 큰 변화를 나타내지 않았지만, 일반적으로 생물 반응조에서 미생물량이 많을수록 처리효율이 높게 나타나는 것에 착안하여 연속식 실험에서의 발효효율을 높이기 위하여 미생물을 가장 많이 투입한 회분식 반응기 3과 같이 운전하였다. 연속식 실험의 관건은 생물반응기 내에 미생물을 어떻게 보유하며 유입수와 미생물의 접촉을 얼마만큼 원활하게 유지하는가에 달려있다. 본 연구에서는 별도의 침전지를 생물반응기 다음단계에 설치하고, 침전지에서 가라앉은 미생물을 반송하여 미생물의 손실이 일어나지 않도록 하였다. 연속식 실험에서의 유기산 생성은 실험 시작 직후부터 원활하게 이루어졌는데, 이는 연속식 실험에 사용한 미생물이 유입수인 해조류 추출물에 충분히 순치된 회분식에서 사용했던 미생물을 사용했기 때문으로 평가된다. 수리학적 체류시간은 회분식과 비슷한 약 8일로 운전하였다. 8일의 수리학적 체류시간인 연속식 실험에서 평균 및 최고 총유기산 생성농도는 각각 7.4g/L와 8.8g/L로 나타났다. 본 연구 결과에 의하면, 안정적으로 하루 330g의 유기산을 생성할 수 있다고 판단된다. 향후, 생물반응기의 scale-up 및 운전조건과 방법을 파악한다면 더 많은 유기산을 안정적으로 생산해 낼 수 있을 것이다. [그림 3-2-8]은 연속식 실험에서의 유기산 농도 변화를 나타낸 것이다.



[그림 3-2-8] 연속식 실험에서의 유기산 농도 변화.

다. 회분식과 연속식 실험 비교

8일의 수리학적 체류시간인 연속식 실험에서 평균 및 최고 총유기산 생성농도는 각각 7.4g/L와 8.8g/L로 나타났으나, 회분식 실험에서는 각각 5.0g/L와 6.6g/L로 나타났다. 연속식 실험에서 유기산 생성이 높게 나타난 이유는 침전지의 미생물을 반송시켜줌으로써 미생물의 활성이 촉진되었고 적정 F/M 비에 따른 정상상태 유지가 지속된 결과라고 판단된다.



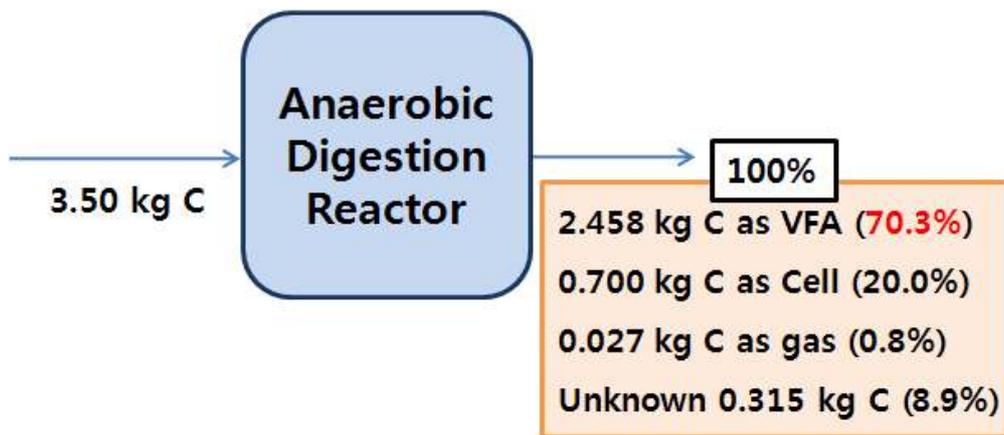
[그림 3-2-9] 회분식과 연속식 실험의 유기산 농도 비교.

라. 탄소물질 수지를 통한 해조류 바이오매스의 전환율

회분식 실험에서 전처리하여 추출한, 즉 혐기성 소화조에 유입수로 사용된 해조류의 TOC는 21g/L였다. 본 실험에서는 4배 희석하여 사용하였으므로 그 농도는 5.25g/L이다. 회분식 실험의 각 반응기(Reactor 1~3)에서 발생한 유기산을 g Carbon/L로 계산하면, Reactor의 경우 아세트산(C2), 프로피온산(C3), 뷰트릭산(낙산, C4), 발릭산(길초산 C5), 카프르산(C6) 및 에탄올(C2)는 각각 1.696, 0.401, 0.272, 0.438, 0.477 및 0.405g C/L로 총 생성된 탄소의 양은 3.689g C/L였다. 연속식의 경우에는 아세트산(C2), 프로피온산(C3), 뷰트릭산(낙산, C4), 발릭산(길초산 C5), 카프르산(C6) 및 에탄올(C2)는 각각 1.251, 0.433, 0.389, 0.239, 0.420 및 1.522g C/L로 총 생성된 탄소의 양은 4.258g C/L였다. 혐기성 소화에 의한 유기산의 전환율은 총 생

성된 탄소량을 유입시킨 탄소량에 대한 비율로 계산 가능하다. 본 연구결과 혐기성 소화에 의한 유기산 전환율은 70.3%로 나타났다. 전환되지 않은 부분은 혐기성미생물의 성장을 위한 합성과 가스 부분으로 전환되었다고 파악된다. 혐기성미생물의 합성으로 유입되는 탄소의 20%가 전환된다고 가정하면 0.7kg의 탄소가 소비된다. 실험기간동안 발생한 메탄과 이산화탄소의 가스량은 총 0.027kg이었다. 일반적인 혐기성 소화과정에서 발생하는 가스량보다 소량의 가스가 방출된 것은 가스 발생을 억제하기 위해 억제제를 주입하였기 때문으로 평가된다. [그림 3-2-10]은 탄소 물질 수지를 통한 혐기성 소화에 의한 유기산 전환율을 나타낸 것이다.

유입되는 탄소건조 다시마가 유기산으로 생성된 전환율은 혐기성 소화에 의한 유기산 전환율에 해조류의 전처리에 의한 탄소성분 전환율을 곱하여 계산할 수 있다. 향후 해조류의 전처리에 따른 탄소 성분 전환율을 전처리 방법에 따라 검토한다면, 건조 다시마가 혐기성 소화과정을 거쳐 유기산으로 전환되는 율을 계산가능하며, 유기산으로의 전환율을 높이는 전처리 방법도 파악할 수 있을 것으로 생각된다.



[그림 3-2-10] 탄소 물질 수지를 통한 혐기성 소화에 의한 유기산 전환율.

#### 4. 요약 및 제언

300L 규모 혐기성 반응기의 회분식 실험에서 생성된 총 유기산의 농도는, 20g/L의 해조류 농도에서 6.58 ~ 6.87g C/L을 얻었다. 또한, 8일의 수리학적 체류시간인 연속식 실험에서 평균 및 최고 총유기산 생성농도는 각각 7.4g/L와 8.8g/L로 나타났다. 회분식 실험의 각 반응기별 각종 유기산의 농도 변화는 모든 반응기에서 에탄올, 아세트산, 프로피온산의 농도가 높게 나타났으나, 연속식 실험의 경우에는

아세트산과 뷰트릭산의 농도가 높게 나타났으며, 그 다음으로 에탄올이 높게 생성되는 것을 볼 수 있었다. 건조 다시마 1톤당 생산된 총 유기산으로 계산을 하면 약 370kg의 유기산이 생성된 것으로 나타나므로, 정량적인 목표인 300kg은 달성하였다. 향후, 수소화 반응과 에스테르화 반응을 첨가하여 혼합알코올을 생산하는 연구의 기초자료가 될 수 있을 것으로 생각된다. 또한, 본 연구 결과, 여러 가지 화학원료로 사용될 수 있는 유기산의 대량 생산이 가능하다는 것을 제시하였다.

## 5. 향후계획

향후, 안정적인 유기산 생성을 위한 대용량 장치의 설계 및 운전 방법을 파악하여 유기산 대량생산 최적화에 기술에 대해 지속적으로 연구할 계획이다.



## 제 4 장

# 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연구개발 목표 및 내용 요약

제 2 절 기술 구성 및 연계도

제 3 절 향후 계획



## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제 1 절 연구개발 목표 및 내용 요약

#### 1. 연구 개발의 목표

구분	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
통합공정 및 제품개발	해조류의 대용량 전처리 공정 개발	○ 다시마의 대용량 전처리 기술 개발 ○ 대량 생산시 발생하는 문제점 파악 및 해결 방안 강구
	협기성 소화에 의한 bench scale 유기산 생성 공정 구축	○ 준 파일럿 규모의 유기산 생성장치를 설계 및 설 치 ○ 준 파일럿 규모의 협기성 소화장치의 유기산 생 성 조건 검토

#### 2. 계획대비 달성도

번호	세부연구목표 (연구계획서상에 기술된 연구목표)	달성내용	달성도 (%)
1	건조 다시마 1ton 당 유기산 300kg 이상 생성	- 건조 다시마 1ton 당 유기산 370kg 이상 생성	100
2	협기성 소화 해조류의 대용량 전처리 기술 개발	- Powder 형태의 대용량 추출공정 확립	100

## 제 2 절 기술 구성 및 연계도

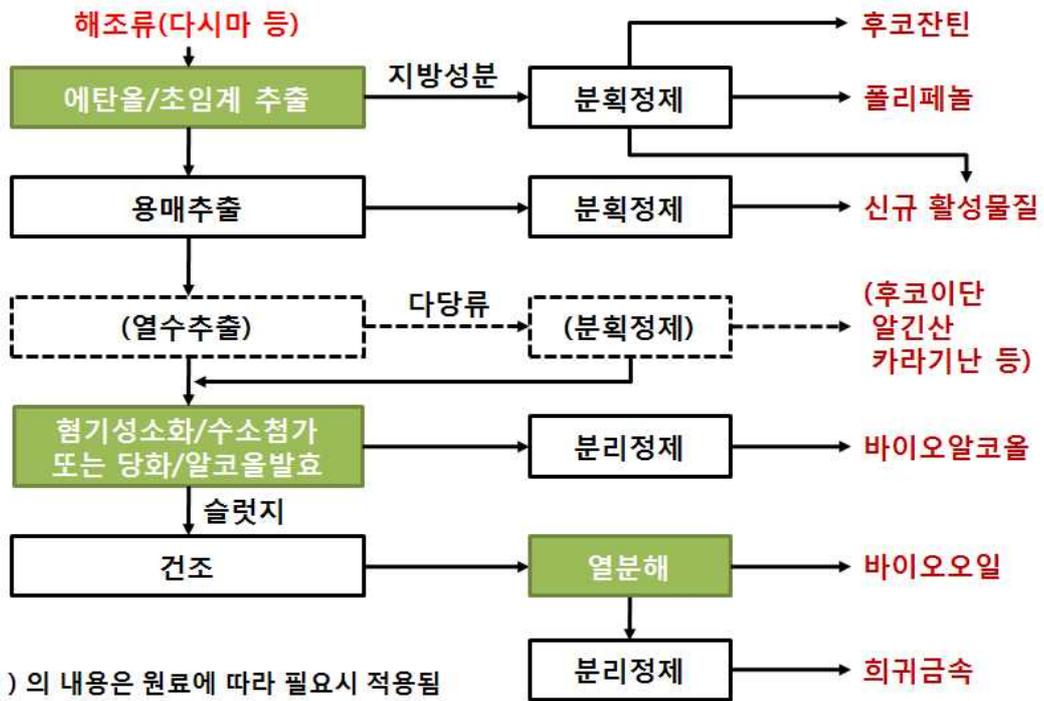
### 1. 해조류 바이오매스의 통합적 활용기술 연계도

본 사업을 수행하여 확보한 결과로부터 해조류 바이오매스의 통합적 활용방안을 가시적으로 도출하였다. 통합적 활용방안은 [그림 4-2-1]과 같이 건조 다시마 1톤으로부터 휘발성 유기산 400kg, 혼합알코올 260kg을 얻을 수 있는 것으로 파악되었다.

해조류 바이오매스의 통합적 활용기술을 위한 체계도를 [그림 4-2-2]와 같이 구축할 수 있다. 먼저 에탄올/조임계, 용매, 열수 등의 여러 추출기술을 적용하고 분획을 정제하여 후코잔틴, 폴리페놀, 후코이단, 알긴산, 카리기난, 신규 활성물질 등을 회수할 수 있을 것이다. 이와 같이 유용성분이 제거도니 해조류 바이오매스는 혐기성 소화 및 수소 첨가 또는 당화 및 알코올 발효를 통하여 바이오알코올을 생산할 수 있을 것이다. 이후 슬러지를 건조하여 급속 열분해공정에 투입하여 바이오오일을 생산하고 고상 또는 액상에 농축된 희귀금속을 회수하는 통합적 활용기술 체계도를 완성할 수 있다. 연구가 지속될수록 체계도는 더욱 상세한 형태를 갖추게 될 것으로 기대한다.



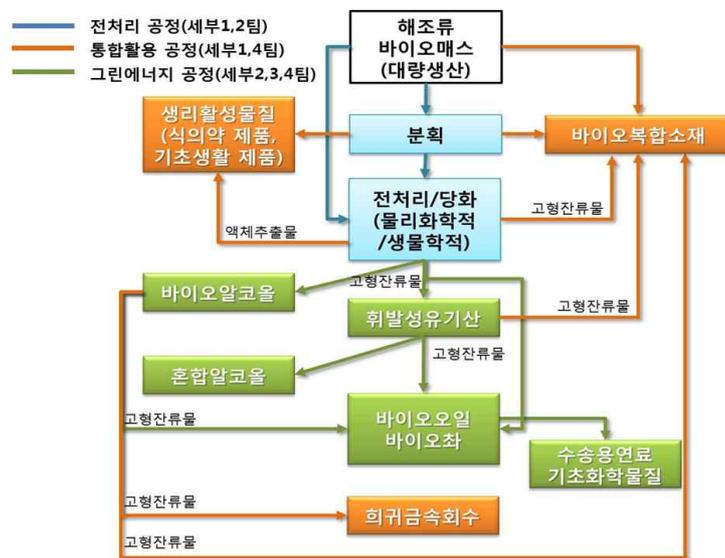
[그림 4-2-1] 해조류 바이오매스 에너지화 통합공정도.



[그림 4-2-2] 향후 해조류 바이오매스의 통합적 활용기술의 가치사슬.

### 제 3 절 향후 계획

본 용역사업을 통하여 해조류 바이오매스의 통합적 활용을 위하여 1차년도 연구결과에 이어 보다 구체적이고 다양한 기술을 적용하였으며, 그 결과 보다 구체적인 기술통합연계도를 도출하여 [그림 4-3-1]과 같이 나타내었다. 본 연구의 목적 달성을 위해 4가지 분야의 세부연구로 구성하였다. 세부1연구의 건강신소재 개발팀에서는 해조류의 통합적 활용을 위한 원료의 데이터베이스 구축과 해조류로부터 생리활성물질의 대량분리조건 확립 및 건강기능성 식품 소재화를 통한 고부가가치화 기술개발을 수행하며, 세부2연구의 생물학적 전환공정개발팀에서는 해조류에 포함된 탄수화물 또는 당으로부터 생물학적 전처리 및 당화공정의 개발을 통한 고수율 발효성 당류 및 바이오알코올 생산기술 개발 연구를, 세부3연구의 그린에너지 융합 공정개발팀에서는 그린에너지를 생산하기 위한 탄소원인 해조류로부터 경제성 있는 공정을 개발하고, 현재까지 가장 높은 에너지 회수율을 보이는 혼합알코올 생산 기술개발 연구, 또한, 알코올로는 만족시킬 수 없는 다양한 품질의 연료 확보가 가능한 바이오오일 생산기술 개발 및 고품질화 방안 도출 연구수행, 세부4연구의 통합 활용 및 제품개발팀에서는 해조류 바이오매스로부터 통합적 활용을 위한 최적의 통합공정 설계 및 경제성을 평가하고, 단위공정에서 발생하는 해조류 부산물을 활용하여 기초생활제품 및 친환경 바이오복합재료 개발 연구, 또한, 조기 상용화를 위한 Demo(pilot) 플랜트 공정 구축을 위한 연구를 수행하고 있다. 3차년도 연구에서는 2 단계 사업의 기술통합(2013년~2016년, 4년)을 위해 집중과 선택으로 각 단위기술들을 연계하며 기술을 확립할 예정이다.



[그림 4-3-1] 해조류 바이오매스 활용을 위한 기술통합공정도

## 부 록

- A. 추진경과 일정표
- B. 심포지엄 개최 결과 요약
- C. 최종보고회 결과 요약
- D. 연구성과물
- E. 언론 홍보



## 부록 A 추진경과 일정표

### □ 연구관리 업무 및 일정

월	연구관리 업무	대외 업무	기타 사항
10	○ 운영위원회 회의	○ 해조류 원료 확보 관련 협의 (완도군, 해조류바이오연구센터) ○ 내외해 다시마 비교양식	○ 원료 확보방안 토의 ○ 대량생산업무 추가
11	○ 홍보전시회 개최(2건) - 한국생물공학회(7-9일) - 한국화학공학회(20-22일)	○ 국내 유관 연구단지 방문/미팅	○ 인적네트워크 토의 ○ 전시회 부스 설치
12	○ 1차 워크샵 개최 (16일-17일) - 장소: 제주도 KAL 호텔 - 자문위원단 패넬토론	○ 폐자원 및 바이오매스 에너지 대책 실행계획, 추진실적 보고 (2일) ○ 보도자료 작성 및 배부 (15일, 21일)	○ 연구진행 점검
1	○ 세부과제팀별 점검회의	○ 수산 폐기물 현황조사(29일)	
2	○ 세부과제팀별 점검회의	○ 국내 유관 연구단지 방문/미팅	○ 인적네트워크 토의
3	○ 추진실적 보고(2일)		
4	○ 추진실적 보고(13일) ○ 중간보고회 개최(15일-16일) - 장소: 통영 경상대학교 - 자문위원단 패넬토론 ○ 자문위원단 회의(22일)	○ 경과보고 및 부처관계자 미팅(8일) ○ 보도자료 작성 및 배부 (16일)	○ 연구진행 점검 ○ 향후계획 검토
5	○ 운영위원회 회의(19일) ○ 자문위원단 회의(24일)	○ 언론홍보 - KBS 9시 뉴스 촬영 ○ 한국청정기술학회지 홍보	
6	○ 자문위원단 회의 ○ 운영위원회 회의(11일) ○ 결과종합회의 ○ 실적정리(논문, 특허 등)	○ 국가위 R&D 사업설명회 ○ 해외 연구기관 방문 및 회의 - 미국 BAL 연구소 및 Algen Sustainables 회사 - 기술동향 파악 및 MOU 협의	○ 해조류 바이오매스의 활용방안 토의
7	○ 국제 심포지엄 개최 (3일-5일) - 장소: 완도군 장보고관 - 해외연사초청(미국, 일본) - 자문위원단 연석회의 (패넬토론) ○ 최종보고회 ○ 결과보고서 발간	○ 보도자료 작성 및 배부(6일) ○ 해외 연구기관 방문 및 회의 - 인도네시아 발리 및 자카르타 ○ 지자체와 MOU 체결(완도군) ○ 최종 평가, 향후 계획 협의 ○ 부처관계자 미팅	○ 연구진행 점검 ○ 생산지 방문(완도) ○ 향후방안 토의

## 부록 B 심포지엄 개최 결과 요약

### 1. 국제 심포지엄 개요

- 일자 : 2011년 7월 3~5일(일~화)
- 심포지엄 명 : 해조류 바이오매스 대량생산 및 바이오에너지 국제심포지엄  
(International Symposium on Seaweed Biomass Production & Bioenergy)
- 참석자 수 : 회사 22명, 대학교 75명, 연구소 29명
- 주최 : 농림수산식품부
- 주관 : 부경대학교 청정생산기술연구소 , 완도군

### 2. 발표자 및 발표내용

- 가. 신명교(바이올시스템스, 연구원) : 홍조류로부터 바이오알콜 생산
- 나. Yuki Kashiya(BAL Chile 바이오 설계연구소, CEO, 미국) : 거대조류로부터 재생가능한 연료와 화합물 생성을 위한 생물합성
- 다. James Coke(Algen Sustainables, CEO, 미국) : 연안 자생 바이오매스의 활용(매콩델타에서의 기회와 도전)
- 라. Kazuo Miyashita(홋카이도 대학, 교수) : 건강 기능소재로서의 갈조류 지방
- 마. 우희철(부경대학교, 교수) : 한국의 해조류 바이오매스 기술현황과 연구개발 계획
- 바. 김남길(경상대학교 교수) : 한국의 다시마 대량생산 기술 개발
- 사. 김경현(고려대학교 교수) : 해조류의 생물학적 전환공정 개발
- 아. 김형락(부경대학교 교수) : 기능성 식품원으로서 해조류 이용
- 자. 서동진(KIST 청정에너지센터, 책임연구원) : 급속 열분해 및 혐기성 소화를 이용한 해조류의 바이오오일 생산기술 개발

### 3. 패널토론

- 가. 토론자 : 정해봉(에코프론티어), 박종문(포항공과대학교), 김화용(서울대학교), 이진석(한국에너지기술연구원), 배정환(전남대학교), 김진석(한국화학연구원), 김형락(부경대학교), 우희철(부경대학교), 류청로(부경대학교), 홍정표(수산자원사업단)

#### 나. 토론 내용 요약

- (1) 바이오에너지 생산공장을 항시 가동하기 위한 원료의 대량공급과 지속적인 해조류 바이오매스 공급을 위한 연중 생산 가능한 해조류 바이오매스 개발
- (2) 정부의 RPS (Renewable Portfolio Standard) 제도 실시에 따라 신재생에너지원으로 해조류 바이오매스를 활용하기 위한 정책적인 지원이 필요
- (3) 석유자원 고갈에 따른 바이오에너지 개발뿐만 아니라 바이오자원에서부터 석유화학제품 원료를 대체하기 위한 연구개발을 위한 정책적인 지원이 필요
- (4) 해조류 양식산업이 왕성한 일본, 중국과 공동으로 해조류양식으로 인한 이산화탄소 감축효과를 인정받기 위한 국제적인 노력이 필요
- (5) 해조류 바이오매스로부터 바이오에너지 생산공정비용을 절감하기 위하여 고부가가치 제품의 생산과 공정의 단순화에 대한 심층적인 기술개발이 필요
- (6) 해조류바이오매스의 대량생산과 수송의 자동화와 자연재해에 대비한 친환경 대량생산 시설구축이 필요

이번 심포지엄에서 패널토론을 통해, 2012년부터 신재생에너지 의무할당제(RPS) 시행과 2015년부터 탄소배출권(CER) 의무이행 제도에 따라 신재생에너지 확보가 중요함을 강조하였으며, 이에 육상 바이오매스로부터 액체연료 생산은 한계가 있어, 비식용 해조류를 이용한 액체연료 생산이 유리할 것이라는 의견을 제시하였다. 또한 국가 경쟁력 확보와 바이오에너지 분야 선도를 위해 정부의 지원이 중요함을 강조하였다.

#### 4. 프로그램

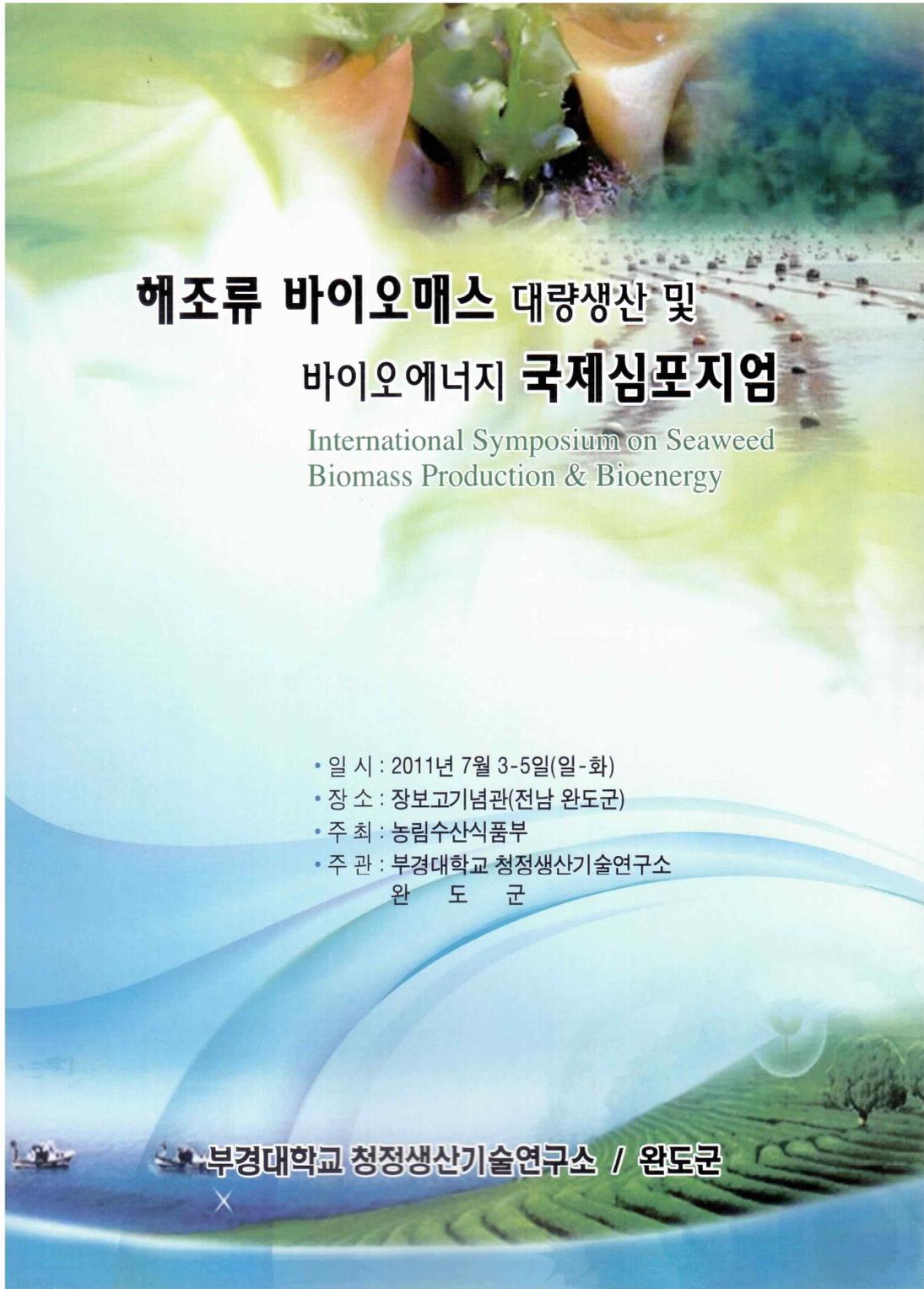
### International Symposium on Seaweed Biomass Production & Bioenergy July 3-5, 2011 / ChangPoGo Memorial Hall, Wando, Korea

- Supported by : Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries  
- Hosted by : The Institute of Cleaner Production Technology, Pukyong National University, Wando County

### Program

Date	Time	Subject	Lecturer	
7. 3	18:30~20:30	• Welcome Reception		
	08:30~09:00	• Registration		
	09:00~09:10	• Opening Remark		
	09:10~09:30	• Congratulatory Remark		
	Session 1	Chairman	Dr. Kyeongkeun Oh (Prof. Dankook University)	
	09:30~10:20	• Production of Bioethanol from Macro Red Algae	Dr. Myung Kyo Shin (Vice-President, Biolsystems)	
	10:20~11:10	• Synthetic Biology for Renewable Fuels and Chemical Production from Macroalgae	Mr. Yuki Kashiya (Co-founder & CEO of BAL Chile, Bio Architecture Lab, USA)	
	11:10~11:20	Coffee Break		
	11:20~12:10	• On-shore Aquatic Biomass: Opportunities and Challenges in the Mekong Delta	Mr. James Coke (CEO, Algen Sustainables, USA)	
	12:10~13:30	Lunch		
	7. 4	Session 2	Chairman	Dr. Heon-Tae Kim (Prof. Pukyong National University)
		13:30~14:20	• Brown Seaweed Lipids as Nutraceutical Ingredients	Dr. Kazuo Miyashita (Prof. Hokkaido University, Japan)
		14:20~14:40	• Current Status and R&D Roadmap of Seaweed Biomass Technology in Korea	Dr. Hee Chul Woo (Prof. Pukyong National University)
		14:40~15:00	• Introduction to the Mass Culture System of Kelp in Korea	Dr. Nam-Gil Kim (Prof. Gyeongsang National University)
15:00~15:10		Coffee Break		
Session 3		Chairman	Dr. Yong-Cheol Park (Prof. Kookmin University)	
15:10~15:30		• Biological Conversion of Seaweed Biomass into Fuels and Chemicals	Dr. Kyoung Heon Kim (Prof. Korea University)	
15:30~15:50		• Potential Utilization of Seaweed Biomass as Nutraceuticals	Dr. Hyeung-Rak Kim (Prof. Pukyong National University)	
15:50~16:10		• Green Liquid Fuel Production from Seaweed by Fast Pyrolysis and Anaerobic Digestion	Dr. Dong Jin Suh (Researcher, Clean Energy Center, Korea Institute of Science & Technology)	
16:10~17:00		Panel Discussion	Chairman Dr. Hyeung-Rak Kim, (Prof. Pukyong National University)	
7. 5	09:00~	Discussion and Seaweed Farm Tour		

5. 국제심포지엄 자료집



## 부록 C 최종보고회 결과 요약

### 1. 최종보고회 개요

- 일자 : 2011년 8월 3일(수)
- 발표자 : 연구책임자 우희철 교수
- 참석자 수 : 평가위원 4명, 부처관계자 7명, 연구위원 14명, 외부참석자 5명
- 토론 평가 요약

구분	소속	성명	내용
평가 위원	(주)해양 생태기술 연구소	손민호 박사	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 적은 연구자금에 비해 많은 연구성과를 도출함.</li> <li>- 현재 해조류 바이오매스 연구와 관련하여 각 부처간에 중복성이 있다고 범부처에서는 바라보고 있으며, 향후 2020년까지의 국가 장기 프로젝트로 전환시 타부처 경쟁에서 선점하기 위해 독창적이고, 우수한 성과를 이루어 미리 준비할 필요가 있음.</li> </ul>
	충북대	신채호 교수	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 과제는 최종목표를 이루기 위해 기획연구에서 이루어진 로드맵에 맞추어 충실히 수행되고 있는 것으로 보임.</li> <li>- 본 과제는 연속적으로 이루어져야 시너지 효과가 나올 것이며, 공백기간이 있다면 연구가 일시적으로 중단되는 문제가 발생해 연구목표 달성에 차질 있을 것임.</li> <li>- 향후 Demo(pilot) plant 구축을 위해 장치비가 많이 들어감으로 많은 연구자금을 투입 및 확보가 필요함.</li> </ul>
	한국화학 연구원	정순용 박사	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 부족한 연구자금에도 불구하고 많은 연구자들과 함께 전체적으로 우수한 연구성과를 이루어 낸 것 같음.</li> <li>- 현재까지 연구결과는 해조류 바이오매스의 그린에너지화 및 통합활용을 위해 여러 가지 단위기술들을 도출하였고, 기술의 수준도 많이 올라온 것 같음.</li> <li>- 앞으로는 bench scale 및 pilot plant로 가기 위해 많은 연구비가 필요함. 또한 부처관계자와 연구책임자는 도출된 여러 기술들에 대해 선택과 집중으로 투자할 필요가 있음.</li> </ul>
	경북대	박중곤 교수	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 연구는 해조류 feed stock 확보와 해조류 활용기술이 함께 이루어져야하며, 현재 투자되는 연구자금을 볼 때 (대량생산 약 5억, 통합활용 약 11억) balance가 맞지 않아 장기적으로 연구진행이 불균형해질 우려가 있어 균형적으로 투자와 연구개발이 이루어져야함.</li> <li>- 해조류 바이오매스 VFA 플랫폼은 현재 우수한 연구결과를 도출하고 있으며, 국제적인 기술선점을 위해 집중적으로 투자할 필요가 있다고 판단됨.</li> <li>- 해조류 대량생산과 관련하여 생산량 단위의 기준이 필요할 것 같음. wt. weight 단위를 사용할 때 수분함량 비율에 대한 기준이 필요함.</li> <li>- 해조류 바이오매스의 생산성을 높이기 위해 종개발, 수거 시스템 등의 분야외에도 기후변화인자도 고려되어야 됨.</li> </ul>

구분	내용
부처관계자	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 바이오에너지는 현재 경제성이 없지만, 화석연료 고갈과 함께 연료의 생산비용이 증가하고 있으며, 향후 어느 시점에서 본 연구사업이 새로운 시장을 선점할 것으로 기대함.</li> <li>- 현재 본 부처는 해조류 바이오매스 개발에 대한 법적기반을 갖추고 있으며, 본 부처의 주도로 해조류 바이오매스 개발을 실현할 예정임.</li> </ul>
외부참석자	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해조류는 기후변화 대응 및 온실가스 감축을 위해 바다 숲 조성 등 다양한 연구를 수행하고 있음.</li> <li>- 향후 본 사업 역시 크게 기여할 것으로 예상됨.</li> </ul>
연구위원	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해조류는 열대지방보다 온대지방에서 잘 자라며, 우리나라에서 갈조류를 대상으로 바이오매스를 확보하는 것이 유리하다고 봄.</li> <li>- 미세조류는 거대조류보다 대량생산하기에 현재 경제적으로 많은 문제점이 있음.</li> <li>- 또한, 육상바이오매스는 해조류에 비해 경작 및 수거비용이 많이드는 단점이 있음.</li> <li>- 현재 해조류를 대량생산을 위해서 내해는 다양한 양식장으로 포화되어 있어, 외해 대량생산을 구축할 것임.</li> </ul>

## 부록 D 연구성과

### ■ 특허출원 실적 : 총 1건

순번	산업재산권명	출원일자	출원번호	출원국가	출원자
1	전처리된 해조류 추출물을 이용한 휘발성 지방산 제조 방법	2011.08.02	10-2011-0077148	한국	우희철, 오경근 전병수, 김두운 장호남, 전영중 김경현, 서동진 외 1명

### ■ 학술발표 실적 : 국내 6건

순번	제목	학술지	박표자	발표일자	국내외
1	Volatile Fatty Acid Production by Anaerobic Fermentation Using Sewage Sludge	한국화학공학회	우희철 외 4명	2010. 10	국내
2	Mixed VFAs Production using Sewage Sludge from Kelp under Anaerobic Fermentation	한국청정기술학회	우희철 외 4명	2010. 11	국내
3	Short-chain Fatty acids from Kelp Using Sewage Sludge	한국화학공학회	우희철 외 4명	2010. 12	국내
4	해조류의 용매 추출	한국화학공학회	이철우 외 4인	2011. 04	국내
5	해양식물의 용매 추출	한국공업화학회	이철우 외 4인	2011. 05	국내
6	협기성 소화에 의한 bench scale 유기산 생성 공정	한국청정기술학회	김정숙, 우희철 외 3인	2011. 05	국내

관인생략  
출원번호통지서

**출원일자** 2011.08.02  
**특기사항** 심사청구(무) 공개신청(무) 참조번호(YP110042N)  
**출원번호** 10-2011-0077148 (접수번호 1-1-2011-0598909-62)  
**출원인명칭** 부경대학교 산학협력단(2-2004-016649-9)  
**대리인성명** 특허법인 이상(9-2008-100021-0)  
**발명자성명** 우희철 장호남 전영중 서동진 전병수 오경근 김경현 김두운  
 최재형  
**발명의명칭** 전처리된 해조류 추출물을 이용한 휘발성 지방산 제조 방법

특 허 청 장

<< 안내 >>

1. 귀하의 출원은 위와 같이 정상적으로 접수되었으며, 이후의 심사 진행상황은 출원번호를 통해 확인하실 수 있습니다.
2. 출원에 따른 수수료는 접수일로부터 다음날까지 동봉된 납입영수증에 성명, 납부자번호 등을 기재하여 가까운 우체국 또는 은행에 납부하여야 합니다.  
 ※ 납부자번호 : 0131(기관코드) + 접수번호
3. 귀하의 주소, 연락처 등의 변경사항이 있을 경우, 즉시 [출원인코드 정보변경(경정), 정정신고서]를 제출하여야 출원 이후의 각종 통지서를 정상적으로 받을 수 있습니다.  
 ※ 특허로(patent.go.kr) 접속 > 민원서식다운로드 > 특허법 시행규칙 별지 제5호 서식
4. 특허(실용신안등록)출원은 명세서 또는 도면의 보정이 필요한 경우, 등록결정 이전 또는 의견서 제출기간 이내에 출원서에 최초로 첨부된 명세서 또는 도면에 기재된 사항의 범위 안에서 보정할 수 있습니다.
5. 국내출원건을 외국에도 출원하고자 하는 경우에는 국내출원일로부터 일정한 기간 내에 외국에 출원하여야 우선권을 인정 받을 수 있습니다.  
 ※ 우선권 인정기간 : 특허·실용신안은 12월, 상표·디자인은 6월 이내  
 ※ 미국특허상표청의 선출원을 기초로 우리나라에 우선권주장출원 시, 선출원이 미공개상태이면, 우선일로부터 16개월 이내에 미국특허상표청에 [전자적교환허가서(PTO/SB/39)]를 제출하거나 우리나라에 우선권 증명서류를 제출하여야 합니다.
6. 본 출원사실을 외부에 표시하고자 하는 경우에는 아래와 같이 하여야 하며, 이를 위반할 경우 관련법령에 따라 처벌을 받을 수 있습니다.  
 ※ 특허출원 10-2010-0000000, 상표등록출원 40-2010-0000000
7. 기타 심사 절차에 관한 사항은 동봉된 안내서를 참조하시기 바랍니다.

## 부록 E 언론 홍보

구분	발표일자	제 목
보도 자료	2010. 12. 15	해조류 바이오매스 대량생산 및 통합활용 워크샵 개최 - 청정연료 혼합알콜 생산의 상용화 시동 - 해조류 유래 신소재 및 항장 시제품 생산 착수 - 비식용 해조류 대량생산 기술 연구 착수
	2010. 12. 27	해조류 바이오매스 통합 활용을 위한 대량생산 기술개발 체제 출범 - 외해 해조류 대량양식 시험가동 및 자동화 개념설계 착수 - 준파일럿 규모의 유기산 및 고부가가치 바이오소재 시제품 생산
	2011. 06. 30	미국, 일본의 선진 바이오에너지 기업 국내 해조류 에너지화 기술수준 인정, 파트너쉽 원해 - 해조류 바이오매스 대량생산 및 바이오에너지 국제심포지엄 개최 - 미국을 비롯 해외 네트워크 본격 가동 - 해외 연구진과의 상호보완적 관계 정립의 계기
	2011. 07. 06	국내 해조류 대량생산 및 에너지화 기술수준 인정, 국제협력구축 기틀 마련 - 2차년도 연구결과 유기산 생산수율 약 2배 증가 성공 - 국내외 기관과 실질적 MOU 체결 추진(미국-한국-일본)
방송 매체	2011. 05. 20	- KBS 9시 뉴스 부산방송
	2011. 07. 05	- KBS 9시 뉴스 목포방송 - MBC 9시 뉴스 목포방송



KBS 9시 뉴스 부산방송  
2011.5.20



KBS 9시 뉴스 목포방송  
2011.7.5



MBC 9시 뉴스 목포방송  
2011.7.5

## 건조 다시마에서 바이오 에너지 추출 성공

부경대 우희철 교수팀  
휘발성 유기산, 희귀 금속 등  
"1년 내 생산수율 80% 이룰 것"

오상준 기자 [lettbe@kookje.co.kr](mailto:lettbe@kookje.co.kr)

해조류에서 자동차 연료를 비롯한 청정 바이오 에너지를 뽑아내는 연구를 부산이 주도하고 있다. 그 중심에는 부경대 용당캠퍼스 청정생산기술연구소가 있다. 이 대학 화학공학과 우희철(55) 교수와 연구원들은 최근 건조 다시마에서 휘발성 유기산, 바이오 오일은 물론 부산물로 리튬 우라늄 같은 희귀금속을 추출해내는 데 성공했다. 우 교수는 "건조 다시마 1t에서 휘발성 유기산 400kg(혼합알코올을 280kg), 바이오 오일 95kg, 소량의 희귀금속을 생산함에 따라 바이오 에너지 생산수율을 55%까지 끌어올렸다"며 "1년 안에 생산수율이 70~80%에 이를 것"이라고 말했다. 초산 등이 포함된 휘발성 유기산은 기초 화학연료로 사용될 수 있다. 이를 촉매로 이용해 환원 반응을 거치면 혼합알코올로 전환되는데, 이는 기존 에탄올보다 우수한 가솔린 자동차



부경대 화학공학과 우희철 교수가 용당캠퍼스 청정생산기술연구소에서 건조 다시마를 활용해 휘발성 유기산을 추출하는 방법을 설명하고 있다. 김동희 기자 [kimsh@kookje.co.kr](mailto:kimsh@kookje.co.kr)

연료로 쓸 수 있다.

우 교수는 농림수산식품부에서 수행하는 해조류를 그린 에너지로 만드는 '해조류 바이오매스 연구'의 총책임자다. 우 교수는 다양한 에너지원을 동시에 생산하는 '해조류 바이오매스 에너지화 통합공정 원천기술'을 세계 최초로 개발했다. 미국은 아직 해조류에서 에탄올, 부탄올 등 한 종류의 에너지를 생산하는 수준이다. 이 연구에는 국립수산물연구원, 한국과학기술연구원(KIST) 등 14개 기관 25명의 교수 및 석·박사가 참여하고 있다.

과제는 경제성을 확보하기 위해 바

이오 에너지 원료인 해조류를 대량 생산하는 것이다. 우 교수는 "현재 kg당 4000원선인 건조 다시마 가격으로는 경제성이 부족하다"며 "먼 바다에 자동화생산시스템을 구축해 고밀도 대량 양식으로 해조류 가격을 10분의 1 가량 낮추면 경제성을 갖춰 상용화가 가능하다"고 설명했다. 농림수산식품부는 이를 위해 기장, 통영, 완도에서 모자반 등 4종의 비식용 해조류에 대한 양식실험을 하고 있다. 이를 통해 외해 대량양식에 적합한 종을 찾아 해조류 바이오매스 생산단지 클러스터를 구축할 계획이다.

## 국내 해조류 대량생산 및 에너지화 기술수준 인정, 국제협력체 제 구축 기틀 마련

차년도 연구결과 해조류 유기산 생산수율 약 2배 증가 성공

2011년 07월 14일 (목) 08:52:53

안희민 기자 | eewn@chol.com

농림수산식품부(장관 서규용)는 7월 3일부터 5일까지 전남 완도군 장보고기념관에서 「해조류 바이오매스 대량생산 및 바이오에너지 국제심포지엄」 개최를 통하여, 우리나라 해조류 바이오매스 활용이 세계적인 수준에 있음을 다시금 확인했다.

이번 심포지엄은 우리나라 해조류 주 생산지인 완도군에서 개최됐고, 미국과 일본의 선진 해조류 바이오에너지 분야관련 CEO와 학자를 초청, 현재 연구 성과를 및 기술내용의 수준을 짚어보는 장으로 활용됐다.

특히, 바이오에너지 선진국인 미국 기업들의 해조류 원료 확보 방안 및 바이오에너지 기술개발 수준과 일본의 해조류 고부가가치화 기술을 국내에서 최초로 공개했으며, 현재 농림수산식품부 등 국내 연구기관에서 추진하고 있는 해조류 바이오매스 확보 및 에너지화 기술개발 수준을 홍보하였다. 또, 국제협력 연구를 위해 MOU를 체결하기로 합의했다.

미국의 바이오 아키텍처협사는 칠레에서의 40헥타르 규모의 해조류 시범 생산과 이를 이용한 에너지 생산기술에 대해 발표했으며, 미국 서스테이너블즈사는 “베트남 메콩델타에서의 기회와 도전”이라는 주제로 메콩델타 지역을 활용한 해조류의 생산 및 이를 이용한 에너지 생산 계획을 발표했다.

농림수산식품부에서 연 10억원을 지원받아 연구과제를 수행하고 있는 「해조류 바이오매스 연구그룹」(책임자 : 부경대 우희철 교수)은 “해조류 바이오매스로부터 청정연료와 고부가 가치소재를 동시에 생산하는 통합공정 원천기술”에 대한 2차년도 연구성과를 발표했고, 국내기업 (주)바이올시스템즈는 “해조류로부터 바이오 알코올 생산”에 대한 연구성과를 발표했다.

## 해조류 바이오에너지 국제심포지엄 개최

입력시간 : 2011. 06.30. 00:00



해조류 양식장.

7월 4일부터 이틀동안 완도읍 장보고기념관 일원

해양생물 활성화 기대

완도군과 부경대학교가 공동으로 주최하는 '해조류 바이오에너지 국제심포지엄'이 내달 4일 완도에서 열린다.

완도군은 29일 "해양생물을 이용한 '해조류 바이오매스 대량생산 및 바이오에너지'란 주제로 국제심포지엄이 내달 4일부터 양일간 완도읍 장짜리에 위치한 장보고기념관 일원에서 개최된다"고 밝혔다.

이번 심포지엄은 농림수산식품부가 바이오에너지(Bio-Energy) 개발 사업을 추진, 부경대학교 청정기술연구소가 연구사업의 일환으로 국내외 해조류 바이오에너지 관련 CEO와 학계가 모여 그동안의 성과를 발표하고, 상호간 정보를 교환하는 자리를 마련하기 위해 열린다.

이날 심포지엄은 미국의 Algen Sustainable사의 경영자인 James Coke씨를 비롯한 외국 전문가 3명과 국내 바이오에너지 전문분야 대학교수 6명이 국내외 해조류 대량생산 방안과 바이오연료 생산기술 현황 등에 대한 발표와 토론으로 이뤄진다.

완도군은 부경대학교와 인하대학교, 조선대학교 등 학계와 연구소를 통해 해양바이오 에너지 개발에 협력기관으로 참여하고 있으며, 김과 미역·다시마 등 해조류를 이용한 바이오에너지 타운을 조성한다는 전략을 세웠다.

완도군 관계자는 "완도해역에서 연간 25만톤의 해조류를 생산, 전국에서 60~70%정도 차지한다"며 "완도에서 열린 국제 규모의 해조류 바이오에너지 관련 연구 사례발표를 계기로 해양생물 산업이 활성화되기를 기대한다"고 말했다.

완도=조성근기자      완도=조성근기자의 다른 기사 보기

## ‘해조류 바이오에너지 국제심포지엄’

각계 전문가 참석, 완도 장보고기념관서 열려

2011년 07월 05일 (화) 16:01:48

완도/김재일기자 ✉ jikim@shinailbo.co.kr



해조류 바이오에너지 국제심포지엄이 지난4일부터 2일간에 걸쳐 완도군 장보고기념관 일원에서 열렸다.

심포지엄은 완도군과 부경대학교가 공동으로 주관하고 1백여명의 국내외 해조류 바이오에너지 관련 CEO와 학자들이 참석했으며, 농림수산식품부의 바이오에너지 개발사업을 추진하는 부경대학교 청정생산기술연구소가 그동안의 성과를 발표하고 국내외 정보를 교환하는 자리가 되었다.

이날 발표는 미국의 ALGen Sustainables사의 경영자인 James Coke씨를 비롯한 외국 전문가 3명과 국내 바이오에너지 전문 대학교수 등이 했으며, 국내외 해조류 대량생산 방안과 바이오연료 생산기술 현황 등의 주제로 이루어졌다.

미국의 James Coke씨는 매콩델타에서의 기회와 도전이라는 주제로 육상의 수생 바이오매스에 대해 소개했으며, 일본 홋카이도 대학 Kazuo Miyashita 교수는 기능성 식품 성분인 갈조류 지질에 대해 발표를 했다.

국내에서는 부경대학교 우희철 교수의 한국의 해조류바이오매스 기술현황과 연구개발, 경상대학교 김남길 교수의 한국의 다시마 대량생산체계, 한국과학기술연구소 청정에너지센터 서동진박사의 해조류의 빠른 열분해와 합기성 소화를 통한 청정역체연료 생산 등에 대한 발표가 이어졌다.

이날 심포지엄에 참석한 김종식 완도군수는 “완도에서 생산되는 연간 해조류 생산량은 25만톤으로 전국에서 가장 많은 양이 생산되고 있다”면서 “최적의 지리적 여건을 활용 해조류 바이오에너지 타운을 조성해 나가겠다”고 말했다.

이 밖에도 둘째날에는 완도군의 해조류 생산현장을 직접방문 체험하기도 했다.

## 세계화로 가는 우리 해조류 바이오매스 기술

[97호] 2011년 07월 07일 (목)

수협중앙회



▲ 바다숲 해조류

**미국·일본 선진 바이오에너지 기업 국내 해조류 에너지 기술 인정  
파트너십 희망, 워크숍 개최 미국 등 해외 네트워크 구성 본격 가동**

미국과 일본의 선진 바이오에너지 기업들이 우리나라 해조류 에너지화 기술 수준을 인정, 파트너십을 원하고 있는 것으로 알려졌다. 이에 따라 국내외 해조류바이오매스 에너지화 연구동향과 연구성과를 발표하는 심포지엄이 개최된 주목된다.

이번 심포지엄에서는 미국 등 바이오에너지 선진 기업의 해조류 원료 확보방안과 에너지 기술개발수준이 국내 최초로 공개됐다. 농림수산식품부는 7월 3일부터 5일까지 전남 완도군 장보고기념관에서 '해조류 바이오매스 대량생산 및 바이오에너지 국제심포지엄'을 개최했다고 밝혔다.

이번 심포지엄은 해조류 주 생산지인 완도군과 해조류바이오매스 에너지화 연구를 총괄하고 있는 부경대학교 청정생산기술연구소가 공동으로 주관하는 것으로 국내외 해조류 바이오에너지 관련 기업의 CEO와 학자들을 대거 초청해 그 동안의 연구 성과를 발표하고 국내외 정보를 상호 공유하기 위하여 마련됐다.

특히 바이오에너지 선진국인 미국 기업들에서의 해조류 원료 확보 방안과 에너지 기술개발 수준을 국내 최초로 공개, 이를 토대로 농림수산식품부 등 국내 연구기관에서 추진하고 있는 해조류바이오 에너지 관련 연구 결과와 비교함으로써 국내 상업화를 보다 앞당길 수 있는 계기가 될 것으로 기대된다.

주요 참석자는 미국의 바이오에너지 기업의 알젠 서스테인어블즈사(Aigen Sustainable)의 경영자인 제임스 콕(James Coke), 바이오 아키텍처 랩사(Bio Architecture Lab)의 공동 설립자이자 경영자인 유키 카시야마(Yuki Kashiyama)와 일본 홋카이도(Hokkaido)대학의 가즈오 미야시타(Kazuo Miyashita) 교수 등이다.



잘사는 농어촌 행복한 국민

## 보도자료

제공일 : 2010. 12. 15.  
제공자 : 농림수산식품부 자원환경과  
과 장 : 박 범 수  
사무관 : 차 태 황  
전 화 : 02-500-2381  
쪽 수 : 2P  
별첨자료 : 있음(3P)

이 자료는 2010년 12월 16일 조간 이후에 보도하여 주시기 바랍니다.

### 해조류 바이오매스 대량생산 및 통합 활용 워크숍 개최

- 청정연료 혼합알콜 생산의 상용화 시동
- 해조류 유래 신소재 및 망장 시제품 생산 착수
- 비식용 해조류 바이오매스 대량생산기술 연구 착수

- 농림수산식품부는 『해조류 바이오매스 대량생산 및 통합 활용』 워크숍을 12월 16일(목)부터 17일(금)까지 이틀간 제주도 서귀포 KAL 호텔에서 개최한다고 밝혔다.
- 이번 워크숍은 부경대 청정생산기술연구소가 주관이 되어 관련분야 산학관련 전문가들이 참여하며 연구결과의 공유와 질적 수준 향상을 위해 개최하는 것이다.
- 1차년도 연구결과('09.6~'10.4)에서는 세계 최초로 해조류 바이오매스로부터 청정연료와 고부가가치 소재를 동시에 생산하는 통합공정 원천기술을 발표한 바 있다.
- 2차년도 연구내용은 “에너지화 수율 향상, 바이오소재 고부가가치 시제품 생산, 준파일럿 규모의 유용물질 및 혼합알콜 생산공정 구축” 등 상용화에 초점을 둔 연구를 수행할 예정이다.

- 섹션별 발표 주제는 1부 해조류 대량생산기술, 2부 해조류 그린에너지개발, 3부 통합공정 및 제품개발에 대한 것이며, 4부 종합토론에서 농식품부 관계자와 자문위원들이 연구내용의 적합성에 대해 논의한다.
- 본 연구는 온실가스 저감 효과를 통한 기후변화대응에 기여할 뿐만 아니라 고부가가치 유용물질의 활용도 가능해 새로운 녹색 수산산업 창출에도 기여할 것으로 기대된다.
- 한편, 이번 워크숍에는 농식품부에서 수습중인 새내기 공무원들이 대거 참여(16명)할 예정인데 해조류바이오매스의 신성장동력화 방안에 대한 열띤 토론이 기대된다.

<별첨>

2010년 농림수산물부 기반구축연구

**해조류 바이오매스 대량생산 및 통합 활용 워크숍**

□ 개요

- 일 시 : 2010년 12월 16일(목) - 17일(금)
- 장 소 : 제주도 서귀포 KAL 호텔
- 주 최 : 농림수산물부
- 주 관 : 부경대학교 청정생산기술연구소
- 프로그램 :

12월 16일(목)			
구분	시간	발표주제	발표자(소속 및 직위)
개회	14:00-14:30	등록	
	14:30-14:40	인사말	어업자원관
	14:40-14:50	총괄보고	우희철 교수(부경대)
1부	14:50~16:00	대량 생산 기술	국립수산물과학원 경상대, 부경대 전남대, 단국대
2부	16:00~17:40	그린에너지 개발	한국과학기술연구원 한국과학기술원 고려대, 국민대 전남대, 경원대 성균관대
3부	17:40~18:50	통합공정 및 제품개발	한국에너지기술연구원 부경대, 충남대 한밭대
토의 및 정리	18:50~22:00	세부과제별 자유토론	
12월 17일(금)			
4부	09:00~11:00	종합토론	

## <참고자료 1>

### □ 1차년도 연구결과('09.6~'10.4)

#### ◇ 통합적 활용 기술에 의한 고부가 유효성분 및 청정연료 생산

- 건조 다시마 1톤(기준)을 가지고, 용매추출하여 부가가치가 높은 유용 성분인 후코잔틴 및 폴리페놀 추출물 5kg을 회수하였고, 남은 고형물 975kg을 미생물로 무산소 발효시켜 혼합유기산 233kg(혼합알코올 전환시 143kg)을 생산하였다. 유기산은 분리정제해서 화학원료로도 사용할 수 있고, 혼합알코올(에탄올, 프로판올, 부탄올 등이 주된 성분임)로 간단한 화학적 처리에 의해 전환되어 자동차의 청정연료로 사용될 수 있다.
- 혼합유기산을 얻은 후 남은 슬러지 230kg을 급속열분해시켜 바이오 오일 81kg을 얻었다. 해조류에서 얻어진 바이오오일은 목질계에서 얻어지는 오일보다 가솔린 및 디젤과 유사한 구조의 탄화수소로 구성되어 있어 화학적처리 공정을 거쳐 석유대체 연료로 사용될 수 있다. 또한 이 과정에서 부가적으로 에너지원 또는 화학원료로 사용 가능한 탄소분말 83kg과 바이오가스 60kg를 얻었다.

#### ◇ 산업용 희귀금속도 회수 가능

- 최종적으로 남은 물질을 성분 분석한 결과 희귀금속 리튬(3g)과 우라늄(0.4g) 등이 농축 함유되어 있음을 확인하였다. 이는 앞으로 본 연구 프로그램속의 대량생산과 연계시킴으로서 희귀금속 자원의존국에서 자원자립국으로 도약하는데 일조할 것이다.

#### ◇ 해조류 구성 당류 데이터베이스 구축

- 이들 결과는 앞으로 해조류의 통합적 활용을 위한 데이터베이스 구축을 진행하여 국내 거대해조류 10여종에 대한 구성성분 및 조성을 조사 파악하였으며, 앞으로는 해외종에 대해서도 데이터베이스화 함으로서 국가 해조류 바이오매스 자원 확보 및 활용에 이용될 예정이다.

<참고자료 2>

해조류 바이오매스 유용성분 및 에너지 회수 통합공정 개요도



해조류 바이오매스 확보 및 통합적 활용 방안





잘사는 농어촌 행복한 국민

## 보도자료

제공일 : 2010. 12. 21

제공자 : 농림수산식품부 자원환경과

과 장 : 박 범 수

사무관 : 차 태 황

전 화 : 02-500-2381

쪽 수 : 2P

별첨자료 : 있음(3P)

이 자료는 2010년 12월 22일 조간 이후에 보도하여 주시기 바랍니다.

### 해조류 바이오매스 통합 활용을 위한 대량생산 기술개발 체제 출범

- 외해 해조류 대량양식 시험가동 및 자동화 개념설계 착수
- 존파일럿 규모 유기산 및 고부가 바이오소재 시제품 생산

- 농림수산식품부는 12월 16일(목)부터 17일(금)까지 이틀간 제주도 서귀포 KAL 호텔에서 『해조류 바이오매스 대량생산 및 통합 활용』 워크숍을 통해 2차년도 연구성과 목표 및 계획을 발표하였다.
- 부경대 청정생산기술연구소(연구책임자 우희철 교수)가 주관한 이번 워크숍을 통해 산학관연의 관련분야 전문가들이 참여하여, 현재까지 연구성과를 토론하고 향후 연구방향에 대해 조율하였다.
- 2차년도의 핵심 연구내용으로, 바이오매스용 해조류를 안정적으로 생산 공급하기 위한 대량생산기술의 연구가 본격적으로 시작된다.
- 우리나라 서남해 인근 해역에서 외해(外海) 대량양식이 시험가동되며, 외해에서 잘자라는 비식용 해조류를 포함하여 최적의 해조류 종을 선별한다고 밝혔다. 또한, 외해 자동화 대량생산 시설 및 자동화 이송시스템 개발 연구를 수행한다.

- 해조류를 통합활용 하기 위한 기술개발연구는 1차년도에 실험실 수준에서 벗어나 준파일럿 규모로 유기산 300kg/톤(갈조류 1톤 기준)을 생산하고, 바이오소재 고부가가치 시제품 제작을 통해 가시적인 성과를 선보일 것이라고 밝혔다.
- 농식품부는 지난 5월 10일 발표한 『해조류 바이오매스의 그린 에너지화 및 통합적 활용』 기반구축 1차년도 연구를 통하여, “해조류 바이오매스로부터 청정연료와 고부가가치 소재를 동시에 생산하는 통합공정 원천기술을 국내외 최초로 확보한 바 있다.
- 이러한 연구를 통해 얻어질 성과물은 지적재산권으로 확보 (특허 8건, 논문 16편)할 예정이며, 국제심포지엄 개최 및 국제학술지 게재를 통하여 해조류 바이오매스 통합활용의 주도권을 확보할 계획이다.
- 본 연구는 장기적으로 국가핵심전략 중 하나인 탄소배출저감에 기여할 뿐만 아니라 수산 및 바이오분야의 새로운 녹색산업 창출에도 기여할 것으로 기대 된다.

<참고자료 1>

해조류 바이오매스 유용성분 및 에너지 회수 통합공정 개요도



해조류 바이오매스 확보 및 통합적 활용 방안



<참고자료 2>

『해조류 바이오매스의 그린에너지화 및 통합적 활용』 기반구축  
1차년도('09.6~'10.4) 연구성과

- ◇ 통합적 활용 기술에 의한 고부가 유효성분 및 청정연료 생산
  - 건조 다시마 1톤(기준)을 가지고, 용매추출하여 부가가치가 높은 유용성분인 후코잔틴 및 폴리페놀 추출물 5kg을 회수
  - 남은 고형물 975kg을 미생물로 무산소 발효시켜 혼합유기산 233kg(혼합알코올 전환시 143kg)을 생산
    - \* 유기산은 분리정제해서 화학원료로도 사용할 수 있고, 혼합알코올(에탄올, 프로판올, 부탄올 등이 주된 성분임)로 간단한 화학적 처리에 의해 전환되어 자동차의 청정연료로 사용 가능
  - 혼합유기산을 얻은 후 남은 슬러지 230kg을 급속 열분해시켜 바이오오일 81kg 생산
    - \* 해조류류에서 얻어진 바이오오일은 목질계에서 얻어지는 오일보다 가솔린 및 디젤과 유사한 구조의 탄화수소로 구성되어 있어 화학적 처리 공정을 거쳐 석유대체 연료로 사용될 수 있으며, 또한 이 과정에서 부가적으로 에너지원 또는 화학원료로 사용 가능한 탄소분말 83kg과 바이오가스 60kg를 생산
- ◇ 산업용 희귀금속도 회수 가능
  - 최종적으로 남은 물질을 성분 분석한 결과 희귀금속 리튬(3g)과 우라늄(0.4g) 등이 농축 함유되어 있음을 확인하였으며, 이는 앞으로 본 연구 프로그램속의 대량생산과 연계시킴으로서 희귀금속 자원의존국에서 자원자립국으로 도약하는데 일조할 것으로 기대

◇ 육상 목질계에 비하여 충분히 경제성이 있음을 확인

- 이러한 가시적 결과를 바탕으로, 기존에 발표된 해조류 바이오에탄올 생산 결과와는 크게 다른 해조류 바이오매스 통합적 활용공정을 구축하였으며, 해조류가 육상 목질계에 비하여 충분히 경제성이 있다는 확신을 가질 수 있도록 하였다.



잠자는 농어촌 행복한 국민

## 보도자료

제공일 : 2011. 6. 30.  
제공자 : 농림수산식품부 자원환경과  
과 장 : 박 범 수  
서기관 : 차 태 황  
전 화 : 500-2389  
쪽 수 : 5P  
별첨자료 : 있음(3P)

이 자료는 2011년 7월 1일 조간 이후에 보도하여 주시기 바랍니다.

### 미국,일본의 선진 바이오에너지 기업 국내 해조류 에너지화 기술 수준 인정, 파트너십 원해

- 해조류 바이오매스 대량생산 및 바이오에너지 국제심포지엄 개최
- 미국을 비롯 해외 네트워크 구성 본격 가동
- 해외 연구진과의 상호 보완적 관계 정립의 계기

#### 《주요내용》

- ◇ 국내외 해조류바이오매스 에너지화 연구동향과 연구성과 발표
- ◇ 미국 등 바이오에너지 선진 기업의 해조류 원료 확보방안과 에너지 기술개발수준 국내 최초 공개

※미국의 알젠 서스테이너블즈사 (Algen Sustainable)의 경영자 제임스 콕 (James Coke), 미국 바이오 아키텍처 랩사(Bio Architecture Lab)의 경영자 유키 카시야마(Yuki Kashiyama), 일본 홋카이도(Hokkaido) 대학 가즈오 미야시타(Kazuo Miyashita) 교수

- 농림수산식품부(장관 : 서규용)는 7월 3일부터 5일까지 전남 완도군 장보고기념관에서 『해조류 바이오매스 대량생산 및 바이오에너지 국제심포지엄』을 개최한다고 밝혔다.(참고자료 1)

- 이번 심포지엄은 해조류 주 생산지인 완도군과 해조류바이오 매스 에너지화 연구를 총괄하고 있는 부경대학교 청정생산기술연구소가 공동으로 주관하는 것으로 국내외 해조류 바이오 에너지 관련 기업의 CEO와 학자들을 대거 초청하여 그 동안의 연구 성과를 발표하고 국내외 정보를 상호 공유하기 위하여 마련되었다.
- 특히, 바이오에너지 선진국인 미국 기업들에서의 해조류 원료 확보 방안과 에너지 기술개발 수준을 국내 최초로 공개하며, 이를 토대로 [농림수산식품부](#) 등 국내 연구기관에서 추진하고 있는 해조류바이오 에너지 관련 연구 결과와 비교함으로써 국내 상업화를 보다 앞당길 수 있는 계기가 될 것으로 기대된다.
- 주요 참석자는 미국의 바이오에너지 기업인 알젠 서스테이너블즈사(Algen Sustainable)의 경영자인 제임스 콕(James Coke), 바이오 아키텍처 랩사(Bio Architecture Lab)의 공동 설립자이자 경영자인 유키 카시야마(Yuki Kashiwama)와, 일본 홋카이도(Hokkaido)대학의 가즈오 미야시타(Kazuo Miyashita) 교수 등이며 미국과 일본의 해조류 대량생산 및 바이오에너지 관련 기술 및 산업 현황에 대해 발표하게 된다.
- 미국의 바이오 아키텍처랩사는 칠레에서의 40헥타르 규모의 해조류 시범 생산과 이를 이용한 에너지 생산기술에 대해 발표할 예정이며, 미국 서스테이너블즈사는 “베트남 메콩델타

에서의 기회와 도전”이라는 주제로 메콩델타 지역을 활용한 해조류의 생산 및 이를 이용한 에너지 생산 계획을 발표할 예정이다.

- 한편, 국내 바이오에너지 연구팀으로는 **농림수산식품부** 연구과제를 수행하고 있는 『해조류 바이오매스 연구그룹』(책임자 : 부경대 우희철 교수)에서 “해조류 바이오매스로부터 청정연료와 고부가 가치소재를 동시에 생산하는 통합공정 원천기술”에 대한 연구 성과를 발표하며, 바이올시스템즈에서 “홍조류로부터 바이오 알콜 생산”에 대한 연구성과를 발표한다.
- 부경대 『해조류 바이오매스 연구그룹』은 지난해 일괄공정으로 다종류의 에너지를 동시 생산하는 “해조류바이오매스 에너지화 통합공정 원천기술”을 세계 최초로 개발하여 경제성 확보 가능성을 제시한 바 있다. 금년도 가시적 성과로는 건조 다시마 1톤으로부터 휘발성 유기산 350kg, 바이오오일 95kg을 생산하는 데 성공함으로써, 전년대비 바이오에너지 생산수율을 약 50%까지 향상시키는 공정을 구축하였다.(참고자료 2)
- 또한, 바이오에너지 원료로서의 해조류를 대량생산하기 위하여 모자반 외 3종의 비식용 해조류를 완도를 비롯한 기장과 통영에서 양식실험을 행하고 있으며, 에너지원이 될 수 있는 대상종과 고밀도 양식방법을 개발하는 등, 해조류 바이오매스 생산단지 클러스터를 구축해 나가고 있다. (참고자료 3)

- (주)바이올시스템즈는 동남아에서 생산되는 홍조류(우무가사리)에서 바이오에탄올을 생산한 바 있으며 현재 전남 고흥에서 대규모 현장 실험(pilot plant)을 실시하고 있다. 또한, 사탕수수과 옥수수 등과 같은 대표적인 육상 바이오매스와 해양 바이오매스와의 에탄올 생산 경제성 검토를 하고 있다.
- 농림수산식품부 관계자는 앞으로 해조류바이오매스 통합매스와 에너지화에 대한 국제간 정보공유와 인적네트워크 확대를 위하여 국내외 석학과 관련기업이 참여하는 국제 심포지엄을 매년 정례적으로 개최할 계획이라고 밝혔다.
- 이러한 노력은 향후 국가 에너지 자립 기반구축 및 온실가스 저감 효과를 통한 기후변화대응에 선제적으로 대처할 수 있는 초석이 될 뿐 아니라, 유용물질의 고부가가치화를 통해 새로운 녹색산업 창출에 기여할 것으로 기대된다.
- 농림수산식품부에서 수행하고 있는 해조류 바이오매스관련 사업은 비식용 해조류의 통합적 활용을 통해 그린에너지 생산 및 유용 활성 물질의 고부가가치화 창출하기 위한 기술개발에 그 목적이 있다.
- 해조류 바이오매스는 육상 바이오매스(특히, 옥수수, 목질계 등)와 경쟁하지 않는 재생에너지 자원임과 동시에 고부가가치 산업을 창출하는 “블루오션”이 될 수 있다.
- 현재 영국, 미국, 일본 등 선진국들도 본 연구와 유사한 기술

개발 프로그램을 계획하고 바이오에너지 시장을 조기 선점하기 위하여 정부와 기업에서 막대한 예산을 투입하고 있는 것으로 알려지고 있다.

- 심포지엄에 참석한 과학자들은 현재 본 연구 프로그램이 세계적으로 선도적인 위치를 계속 유지하면서 원천기술의 조기 확보와 상용화를 앞당기기 위해서는 정부의 전폭적인 연구재원 지원이 절실하다는 입장이며
- **농림수산식품부** 관계자는 앞으로도 해조류바이오매스 통합활용 기술의 조기 상용화 실현을 위하여 지속적으로 예산을 확대할 계획이라고 밝혔다.

<참고자료 1>

□ 해조류 바이오매스 대량생산 및 바이오에너지 국제심포지엄

(2011년 7월 4일)

시 간	주 제	발 표
08:30~09:00	등 록	
09:00~09:10	개 회 사	
09:10~09:30	축 사	
Session 1	좌 장	오경근 교수 (단국대학교)
09:30~10:20	홍조류로부터 바이오알콜 생산	신명교 박사 (바이올시스템스)
10:20~11:10	거대조류로부터 재생가능한 연료와 화합물 생성을 위한 생물합성	Mr. Yuki Kashiya (BAL Chile 바이오 설계연구소 CEO, 미국)
11:10~11:20	휴 식	
11:20~12:10	연안 자생 바이오매스의 활용 (매콩델타에서의 기회와 도전)	Mr. James Coke (Algen Sustainable, CEO, 미국)
12:10~13:30	중식	
Session 2	좌 장	김헌태 교수 (부경대학교)
13:30~14:20	건강 기능소재로서의 갈조류	Kazuo Miyashita 교수 (홋카이도 대학, 일본)
14:20~14:40	한국의 해조류 바이오매스 기술현황과 연구개발 계획	우희철 교수 (부경대학교)
14:40~15:00	한국의 다시마 대량생산 기술 개발	김남길 교수 (경상대학교)
15:00~15:10	휴 식	
Session 3	좌 장	박용철 교수 (국민대학교)
15:10~15:30	해조류의 생물학전 전환공정 개발	김경현 교수 (고려대학교)
15:30~15:50	기능성 식품원으로서 해조류 이용	김형락 교수 (부경대학교)
15:50~16:10	급속 열분해 및 혐기성 소화를 이용한 해조류의 바이오오일 생산기술 개발	서동진 박사 (KIST, 청정에너지센터)
16:10~17:00	토 론	좌장: 김형락 교수 (부경대학교)

## International Symposium on Seaweed Biomass Production & Bioenergy

July 3-5, 2011 / ChangPoGo Memorial Hall, Wando, Korea

- Supported by : Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries
- Hosted by : The Institute of Cleaner Production Technology, Pukyong National University, Wando County

### Program

Date	Time	Subject	Lecturer
7. 3	18:30~20:30	- Welcome Reception	
	08:30~09:00	- Registration	
	09:00~09:10	- Opening Remark	
	09:10~09:30	- Congratulatory Remark	
	Session 1	Chairman	Dr. Kyeongkeun Oh (Prof. Dankook University)
	09:30~10:20	- Production of Bioethanol from Macro Red Algae	Dr. Myung Kyo Shin (Vice-President, BiolSystems)
	10:20~11:10	- Synthetic Biology for Renewable Fuels and Chemical Production from Macroalgae	Mr. Yuki Kashiwara (Co-founder & CEO of BAL Chile, Bio Architecture Lab, USA)
	11:10~11:20	Coffee Break	
	11:20~12:10	- On-shore Aquatic Biomass: Opportunities and Challenges in the Mekong Delta	Mr. James Coke (CEO, Algen Sustainable, USA)
	12:10~13:30	Lunch	
	Session 2	Chairman	Dr. Heon-Tae Kim (Prof. Pukyong National University)
	13:30~14:20	- Beneficial Health Effect of Seaweed Bio-actives	Dr. Kazuo Miyashita (Prof. Hokkaido University, Japan)
	14:20~14:40	- Current Status and R&D Roadmap of Seaweed Biomass Technology in Korea	Dr. Hee Chul Woo (Prof. Pukyong National University)
	14:40~15:00	- Introduction to the Massculture System of Kelp in Korea	Dr. Nam-Gil Kim (Prof. Gyeongsang National University)
	15:00~15:10	Coffee Break	
	Session 3	Chairman	Dr. Yong-Cheol Park (Prof. Kookmin University)
	15:10~15:30	- Development of Biological Conversion Process for Utilizing Brown Macroalgae	Dr. Kyoung Heon Kim (Prof. Korea University)
	15:30~15:50	- Potential Utilization of Seaweeds as Nutraceuticals	Dr. Hyeung-Rak Kim (Prof. Pukyong National University)
	15:50~16:10	- Green Liquid Fuel Production from Seaweed by Fast Pyrolysis and Anaerobic Digestion	Dr. Dong Jin Suh (Researcher, Clean Energy Center, Korea Institute of Science & Technology)
	16:10~17:00	Panel Discussion	Chairman Dr. Hyeung-Rak Kim, (Prof. Pukyong National University)
7. 5	09:00~	Discussion and Seaweed Farm Tour	

<참고자료 2>



<참고자료 3>





잘사는 농어촌 행복한 국민

## 보도자료

제공일 : 2011. 7. 6.  
제공자 : 농림수산식품부 자원환경과  
과 장 : 박 범 수  
서기관 : 차 태 황  
전 화 : 500-2389  
쪽 수 : 4P  
별첨자료 : 있음(1P)

이 자료는 2011년 7월 7일 조간 이후에 보도하여 주시기 바랍니다.

### 국내 해조류 대량생산 및 에너지화 기술수준 인정, 국제협력체제 구축 기틀 마련

- 2차년도 연구결과 해조류 유기산 생산수율 약 2배 증가 성공
- 국내외 기관간 실질적 MOU 체결 추진(미국-한국-일본)

#### 《 주 요 내 용 》

- ◇ 국내 해조류 바이오매스 에너지화 2차년도 연구결과 유기산 생산수율 약 2배 증가 성공
- ◇ 미국 선진기업의 바이오에너지 기술과 일본의 해조류 고부가가치화 기술, 우리나라의 해조류 대량생산 및 통합활용기술의 연계를 통한 Win-Win 효과 기대, MOU 체결 추진

- 농림수산식품부(장관 서규용)는 7월 3일부터 5일까지 전남 완도군 장보고기념관에서 『해조류 바이오매스 대량생산 및 바이오에너지 국제심포지엄』 개최를 통하여, 우리나라 해조류 바이오매스 활용이 세계적인 수준에 있음을 다시금 확인하였다.

- 이번 심포지엄은 우리나라 해조류 주 생산지인 완도군에서 개최되었고, 미국과 일본의 선진 해조류 바이오에너지 분야 관련 CEO와 학자를 초청, 현재 연구성과 및 기술내용 발표를 통하여 국내외 정보를 상호 교류하는 장이 마련되었다.
- 특히, 바이오에너지 선진국인 미국 기업들의 해조류 원료 확보 방안 및 바이오에너지 기술개발 수준과 일본의 해조류 고부가가치화 기술을 국내에서 최초로 공개하였으며, 현재 농림수산식품부 등 국내 연구기관에서 추진하고 있는 해조류 바이오매스 확보 및 에너지화 기술개발 수준 PR을 통해 국내기술의 독창성을 알리고, 국제협력 연구를 위해 MOU를 체결하기로 합의하였다.
- 미국의 바이오 아키텍처랩사는 칠레에서의 40헥타르 규모의 해조류 시범 생산과 이를 이용한 에너지 생산기술에 대해 발표하였으며, 미국 서스테이너블즈사는 “베트남 메콩델타에서의 기회와 도전”이라는 주제로 메콩델타 지역을 활용한 해조류의 생산 및 이를 이용한 에너지 생산 계획을 발표하였다.
- 국내 바이오에너지 연구팀으로는 농림수산식품부 연구과제를 수행하고 있는 『해조류 바이오매스 연구그룹』(책임자 : 부경대 우희철 교수)에서 “해조류 바이오매스로부터 청정연료와 고부가가치소재를 동시에 생산하는 통합공정 원천기술”에 대한 2차년도 연구성과를 발표하였고, 국내기업으로 바이올시스템즈에서 “홍조류로부터 바이오 알코올 생산”에 대한 연구성과를 발표하였다.

□ 부경대 『해조류 바이오매스 연구그룹』은 지난해 일관공정으로 다종류의 에너지를 동시 생산하는 “해조류바이오매스 에너지화 통합공정 원천기술”을 세계 최초로 개발하여 경제성 확보 가능성을 제시한 바 있다. 금년도(2차년도) 가시적 성과로는 건조다시마 1톤으로부터 휘발성 유기산 400kg(혼합알코올 260kg), 바이오오일 95kg을 생산하는 데 성공함으로써, 전년대비 바이오에너지 생산수율을 약 55%까지 향상시키는 공정을 구축하였다. 초산등을 포함하는 휘발성 유기산은 기초 화학원료로 사용될 수 있으며, 이를 총매를 이용하여 환원 반응을 그치면 혼합알코올로 전환되는데 이는 기존의 에탄올보다 우수한 성질을 가진 가솔린 자동차 연료로 사용할 수 있다.(참고자료 1)

○ 또한, 바이오에너지 원료로서의 해조류를 대량생산하기 위하여 모자반 외 3종의 비식용 해조류를 완도를 비롯한 기장과 통영에서 양식실험을 행하고 있으며, 에너지원이 될 수 있는 대상종과 고밀도 양식방법을 개발하는 등, 해조류 바이오매스 생산단지 클러스터를 구축해 나가고 있다.(참고자료 2)

○ (주)바이올시스템즈는 동남아에서 생산되는 홍조류(우무가사리)에서 바이오에탄올을 생산한 바 있으며, 현재 전남 고흥에서 대규모 현장 실험(pilot plant)을 실시하고 있다. 또한, 사탕수수과 옥수수 등과 같은 대표적인 육상 바이오매스와 해양 바이오매스와의 에탄올 생산 경제성 검토를 하고 있다.

- 농림수산식품부 관계자는 향후 해조류 바이오매스 대량생산 및 에너지화에 대한 국제간 정보공유와 인적네트워크 확대를 위하여 MOU를 체결할 예정이며, 국내외 석학과 관련기업이 참여하는 국제 심포지엄을 매년 정례적으로 개최할 계획이라고 밝혔다.
  
- 농림수산식품부에서 수행하고 있는 해조류 바이오매스관련 사업은 비식용 해조류의 통합적 활용을 통해 그린에너지 생산 및 유용 활성 물질의 고부가가치화 창출하기 위한 상용화 기술 개발에 그 목적이 있으며, 미국, 영국, 일본 등 선진국에 맞서 바이오에너지 시장을 조기 선점하기 위해 정부의 전폭적인 재정 지원을 추진할 계획이라고 밝혔다.
  
- 이러한 노력은 향후 국가 에너지 자립 기반구축 및 온실가스 저감 효과를 통한 기후변화대응에 선제적으로 대처할 수 있는 초석이 될 뿐 아니라, 유용물질의 고부가가치화를 통해 새로운 녹색산업 창출에 기여할 것으로 기대된다.

<참고자료 1>



<참고자료 2>





## 주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부에서 시행한 연구용역사업의 결과 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림수산식품부에서 시행한 연구용역사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.