

농업용 폐기물 액비를 이용한 바이오디젤 생산용 미세조류 배양기술 개발

< 명지대학교 이 기 세 >

I. 연구의 목적 및 필요성

미세조류로부터의 바이오디젤을 생산하는데 있어 배양단계에서 미세조류 배양기에 소요되는 물과 영양분에 대한 비용이 큰 비중을 차지하고 있다. 이러한 비용저감 측면에서 바이오디젤 생산을 위하여 미세조류를 대량 배양하는 과정에서의 경제성을 향상시키기 위하여 농업 및 축산 폐기물 유래의 액체비료(liquid fertilizer)를 미세조류 배양 배지성분으로 사용하는 배양기술을 연구 개발한다.

II. 연구의 내용 및 범위

농업용 액비 폐기물을 이용한 바이오디젤 생산용 미세조류 배양기술 개발

- 액비를 배양 배지로 이용한 미세조류 배양기술
- 대량배양용 조류 배양반응기 운전기술 확립
- 미세조류로부터 바이오디젤용 지질 함량 증진 연구
- 조류 바이오매스로부터 지질추출 기술 확립

1) 액비를 이용한 미세조류 배양 및 바이오매스 생산성 증진

액비에는 유기물과 함께 N과 P의 함량이 높고 pH가 약알칼리성을 띠므로 미세

조류가 성장하기에 적합한 영양분과 pH를 갖고 있으며 무엇보다도 배지구성에 가장 많이 소요되는 물사용을 줄일 수 있다. 액비 단독 또는 액비에 부족한 성분만을 보충여 원활하게 미세조류를 배양하는 조건을 도출한다.

2) 미세조류의 대량배양 기술 확립

실험실적으로 최적의 성장조건 및 액비 혼합 조건이 도출되면 이 연구결과를 바탕으로 50 L 중규모 배양기 운전을 통해 향후 1,000 L 이상 실제 생산규모 배양기에 기술을 적용가능한 scale-up 연구를 수행한다.

3) 조류 바이오매스로부터 지질 회수 기술 확립

배양기에서 성장한 미세조류를 회수하여 반탈수 시킨 후 세포파쇄 및 지질 추출 과정을 거쳐 바이오디젤의 원료가 되는 지방질을 회수하는데 필요한 최적의 조건들을 정립한다.

4) 생산된 바이오디젤 품질 분석

생산된 바이오디젤의 지방산 분석을 통하여 미세조류 오일에 대한 바이오디젤 품질 측면에서의 특성을 고찰한다.

III. 연구결과

- 미세조류 *Chlorella* 종 배양시 인공배지인 BG11과 비교하여 액비 PAL1을 사용할 때 지질함량은 크게 차이나지 않았으나 세포의 성장속도를 10~11% 정도 증가시킬 수 있었다,
- 인공배지 BG11과 비교하여 액비 PAL에는 N 함량이 적고 CO₂ 공급을 하지 않는 mixotrophic 배양으로 장시간 배양을 위해서는 질소원과 유기탄소원을 공급해주는 것이 필요하다.
- 유기탄소 glucose를 공급함으로써 유기탄소를 이용한 mixotrophic 배양이 가능함을 확인하였으며, BG11 배지에서는 glucose 8 g/L를 초기농도로 공급하였을 때, 24~72 h 사이(2 일간)에 무려 2 g/L/d에 가까운 높은 성장속도를 나타내었으며 지질함량은 17%에서 약 30%로 지질함량이 가장 높게 증가하였다. 액비 PAL-1에서도 유사한 효과를 얻을 수 있었다.
- 바이오디젤 생산공정의 부산물인 glycerol을 투입한 결과 4~13 g/L 투입시 24~72 h 사이(2 일간)에 1.3 g/L/d에 가까운 성장속도를 나타내었으며, 지질함량은 20% 내외로 유지되며 크게 증가하지는 않았다
- 역시 바이오디젤 생산공정의 부산물중의 하나인 메탄올은 세포성장 및 지질함량에 큰 영향을 주지 않았으며, acetate는 6~13 g/L 범위에서 세포 성장속도는

증가하였고 지질함량은 크게 변화하지 않았다.

- 따라서 glucose의 비용을 감안할 때 바이오디젤 공정에서 배출되는 부산물인 glycerol을 탄소원으로 활용하는 것이 폐수 및 폐기물 발생 최소화와 자원재활용 측면에서 바람직한 것으로 판단된다.
- 액비 PAL-1에 인공배지의 미량성분(금속류), 탄소원 및 질소원($\text{NO}_3\text{-N}$ 150 mg/L, Glucose 8 g/L)을 보충해주면 성장속도가 크게 증가하여 1.3 g/L/d의 높은 바이오매스 생산성을 나타내었으며 4일 이후 6 g/L의 세포농도에 도달하였다.

< 결론 >

■ 미세조류 배양의 바탕배지로 액비를 사용함으로써 얻어지는 효과

- 물 사용량의 저감
- N, P 등 영양분 투입비용의 저감
- 유기탄소원(COD)를 이용한 mixotrophic 배양 가능

■ 바이오매스 및 지질 생산성 증대 방안

- 적절한 농도범위 및 시간분배로 제어된 질소원 및 유기물의 공급
- 바이오디젤 생산 및 정제공정에서 배출되는 glycerol의 탄소원으로 활용

IV. 연구결과의 활용계획

본 연구결과는 향후 주유소에 판매 가능한 바이오디젤 생산 및 향후 사업화를 위한 기초자료로 활용한다. 이를 위하여 추가적으로 필요한 연구개발 사항은 다음과 같다.

- 미세조류 바이오디젤에 더 큰 규모의 대량배양 및 생산성 향상 실증 연구
- 실증적 규모의 에스테르교화반응 및 분리정제를 통한 최종 바이오디젤 생산 연구
- 지질 추출후 폐기물로 잔류하는 세포잔류물(탈지세포)의 처리 및 재활용 방안

Development of microalgae cultivation technology using waste liquid fertilizer to produce lipid for biodiesel

< Myoungji Univ. kisay Lee >

I. Objectives and Importance

Nutrients and water consist in major cost factor for the cultivation of microalgae to produce biodiesel. In order to reduce the cost and improve economic feasibility in cultivation stage, cultivation technologies using agricultural waste liquid fertilizer as a background culture medium are to be developed.

II. Research Scopes

1) Cultivation of microalgae using liquid fertilizer

Liquid fertilizer (LF) contains organics, N and P. Also it usually exhibits weak alkaline pH. These factors are appropriate for microalgae cultivation and thus water use and medium cost can be reduced if artificial medium is replaced by liquid fertilizer. In this study, cultivation conditions are investigated using liquid fertilizer alone or supplemented liquid fertilizer.

2) Operation of large scale cultivation of microalgae

After establishing optimal growth condition and LF-usage strategy, scale up of cultivation is carried out through 50 L mid-size culture in order to achieve know-hows in process scale cultivation technique.

3) Establishment of lipid extraction method from microalgae

Cultured microalgae undergo dewatering, cell disruption and lipid extraction. Lipid is the source of biodiesel and thus optimized lipid recovery from microalgae is necessary.

4) Biodiesel analysis

Fatty acid composition should be analyzed to characterize the quality of produced biodiesel. Microalgae-produced biodiesel is to be compared with petroleum diesel.

III. Results

- When *Chlorella* sp. was cultivated in liquid fertilizer PAL1, lipid content was constant but growth rate was enhanced by 10–11% compared with artificial medium BG11.
 - Since liquid fertilizer contained less amount of N and mixotrophic cultivation was used without CO₂ supply, supplementation of organic carbon was necessary for long-term cultivation.
 - When glucose was added as organic carbon in BG11 medium, mixotrophic culture was possible and high growth rate as 2 g/L/d under 8 g/L glucose during 24–72 h of cultivation. Lipid content was increased from 17% to 30%. Similar effects were observed in liquid fertilizer PAL1 too.
 - When glycerol, which is a byproduct in biodiesel production process, growth rate of 1.3 g/L/d was achieved during 24–72 h under 4~13 g/L of glycerol addition. Lipid content was almost constant at 20%.
 - Methanol addition did not change cell growth and lipid content. Acetate in the range of 6~13 g/L enhanced cell growth.
 - Therefore, glycerol can be a good candidate of organic carbon because it is a process byproduct and cheaper than glucose.
 - If micronutrients like metallic components, organic carbon (8 g/L glucose), and nitrogen (NO₃-N 150 mg/L) were added together to PAL1, cell growth rate reached 1.3 g/L/d and attained 6 g/L of cell concentration after 4 days.
-
- **Positive effects of using liquid fertilizer**
 - Reduction of water use
 - Reduction of N and P supply costs
 - High growth rate utilizing organic carbon and mixotrophic metabolism

■ Conclusions

In order to achieve enhanced biomass productivity and lipid production, it is necessary that (i) supply of organic carbon and nitrogen and (ii) use of glycerol as a carbon source.

VI. Application plan

The sponsored industry (Mission Algae Power, Inc.) is going to expand the current results for the commercialization of microalgal biodiesel after following additional R&D:

- Mass production of microalgae and improvement of productivity in larger scale
- Process scale trans-esterification of extracted lipid and purification of produced biodiesel
- Strategies for reuse of lipid-extracted cell residue for the purpose of waste minimization.