

## LED를 이용한 Tetraselmis의 성장 특성

정 국<sup>1</sup>, 정재훈<sup>1</sup>, 이제근<sup>2</sup>, 이태윤<sup>2</sup>, 임준혁<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>부경대학교 화학공학과

<sup>2</sup>부경대학교 환경공학과

\*jhlhim@pknu.ac.kr

## Growth Characteristics of Tetraselmis using LED

Guk Jeong<sup>1</sup>, Jae-Hoon Jung<sup>1</sup>, Jea-Keun Lee<sup>2</sup>, Tae-Yoon Lee<sup>2</sup>, Jun-Heok Lim<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemical Engineering, Pukyong National University, Busan, Korea

<sup>2</sup>Department of Environmental Engineering, Pukyong National University, Busan, Korea

\*jhlhim@pknu.ac.kr

## 서 론

우리나라는 석유 부존자원이 없으며 대부분 수입에 의존하고 있다. 국제유가, 기후변화, 정치 환경변화 등에 의한 수급 상황에 따라 경제가 크게 영향을 받고 있으며, 국내 기술 및 자본을 이용한 대체에너지 기술개발 및 자원 확보가 절실한 상황이다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 미세조류(Microalgae)를 원료로 활용하는 기술이 차세대 바이오디젤 기술로 많은 관심을 받고 있다. 미세조류 중의 하나인 녹조류를 이용한 생물공학적인 관심이 급격히 증가되고 있다[1-3]. 때문에 미세 조류의 상업적 응용을 위해서는 싸고, 내구성이 높으며, 효율이 높은 광원이 필요하다. 이러한 조건들을 만족하는 광원 중의 하나가 발광 다이오드(Light-emitting diode, LED)이다. LED는 작고, 가벼워서 어떤 형태의 광생물 반응기에도 직접 조명이 가능할 뿐만 아니라, 평균수명도 길고, 전기 효율도 높으며, 또한 half-power band-width가 20-30nm밖에 안되어 광생물반응기용 광원으로 적절하다[4,5]. 본 연구에서는 LED광원의 파장과 탄소원 공급방법에 따라 미세조류 중 하나인 Tetraselmis 종을 이용하여 성장조건을 실험하였다.

## 실 험

Tetraselmis 종의 성장 조건을 알아보기 위해 광원의 종류와 탄소원 공급방법을 변화시켰다. 사용한 LED광원은 White, Red 두 가지를 이용하여 실험하였다. 또한, 배양기 내에 CO<sub>2</sub>를 공급하여 Air와 CO<sub>2</sub>가 섞여있는 상태에서 Air-Pump를 이용하여 반응기 내의 미세조류에 탄소원을 지속적으로 공급하였다.

Tetraselmis의 배양액은 우선 autoclave(WACS-45, DAIHAN, Korea)을 통해 해수를 멸균시키고 이를 이용하여 f/2배지를 만들었다. 제조된 배지에 Tetraselmis를 접종을 시켜 Tetraselmis 배양액을 만들었다.

LED광원 색의 변화와 탄소원 공급방법에 의한 배양용액 중의 Tetraselmis 개체수를 파악하기 위해 현미경(LABOPHOT-2, Nikon, Japan)과 Haemocytometer(Superiorm Marienfeld, Germany)를 사용하여 단위 픽셀 당 Tetraselmis의 개체수의 변화를 확인하였다. Tetraselmis의 움직임을 고정하기 위하여 포르말린을 사용하였다. 그리고 개체수를 세는 과정에서 생기는 특이값을 제거하기 위해서 상, 하위 10%를 절삭을 해서 측정된 절사평균(trimmed

mean)을 사용하였다.

### 결과 및 고찰

실험 결과 배양 초기에는 모든 조건에서 개체의 성장이 나타나지 않았다. 이는 초기 접촉을 한 후, Tetraselmis가 새로운 환경에 적응을 하기 위한 것으로 판단된다. 그 이후 대부분의 경우 배양기간이 지남에 따라서 Tetraselmis의 개체수가 급격히 증가하는 것을 알 수 있었다. 그 이유는 새로운 환경에 적응을 하고 개체수를 늘리는 것으로 판단된다.

첫 번째로 반응기내에 bubbling에 의한 시간에 따른 개체수의 변화를 확인해 보았다. 이는 Fig. 1에 나타내었다. Red, White광원 모두 bubbling 유무에 의한 변화는 배양초기 폭발적인 개체수 변화에만 기인하는 것으로 판명되었다. bubbling으로 배양액 내에 탄소를 공급을 했을 경우, 공급하지 않은 경우에 비해 배양초기 세포증식에 탁월한 효과를 나타낸 것을 알 수 있었다. 또한, 대기 중에 CO<sub>2</sub>의 함량이 높을시 CO<sub>2</sub>의 높은 용해도에 의해 배양액내에 지속적으로 녹아들어가 충분한 시간이 흐르면 bubbling을 했을 경우와 비슷한 정지기(stationary)에 도달하는 것으로 측정되었다.

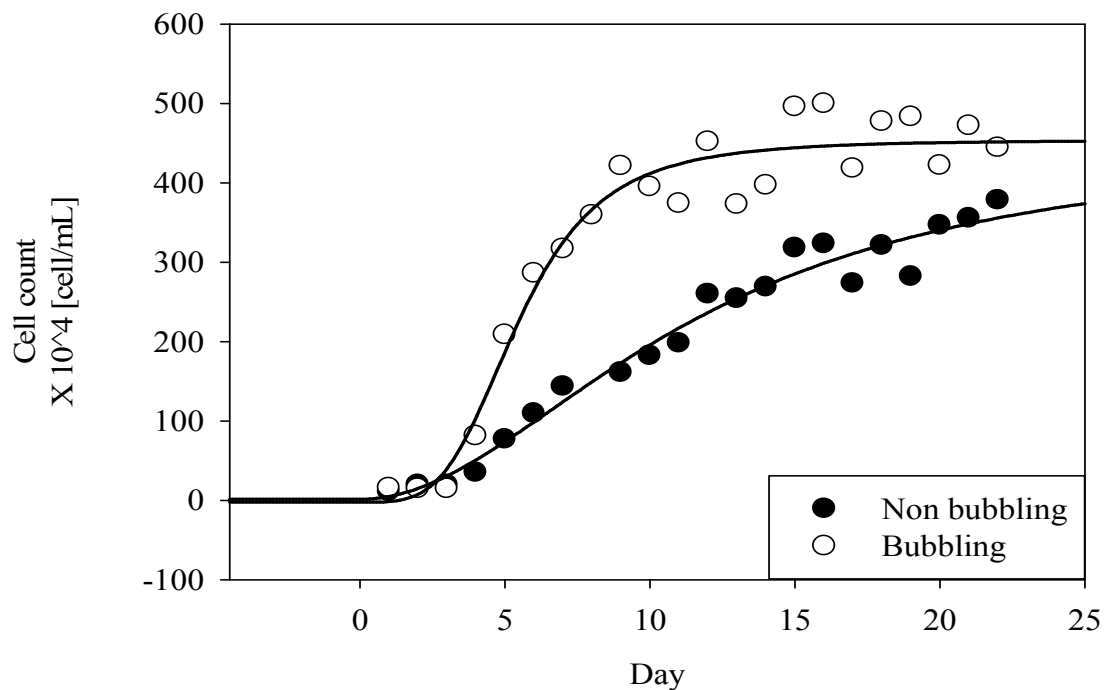


Fig. 1 White LED를 이용했을 때 혼합기체의 bubbling 유무에 따른 Tetraselmis의 시간에 따른 개체수의 변화

두 번째로 배양기내에 CO<sub>2</sub> 공급에 의한 개체수의 변화를 확인해 보았다. 이는 탄소 공급에 따른 성장 변화를 확인하기 위한 것으로 White, Red 광원에 의한 변화를 Fig. 2, Fig. 3에 나타내었다. Air 또는 CO<sub>2</sub>와 Air의 혼합기체의 bubbling에 의한 공급 시 배양 초기에는 기체 종류, 광원의 종류와는 상관없이 거의 같은 증식속도를 보였다. 하지만 개체수가 늘어남에 따라 Tetraselmis가 필요로 하는 CO<sub>2</sub>의 양이 많아짐에 따라 충분한 양의 배지가 존재할 경우, 공급하는 CO<sub>2</sub>의 양이 Tetraselmis의 성장을 조절하는 제한요소로 작용하는 것을 확인하였다.

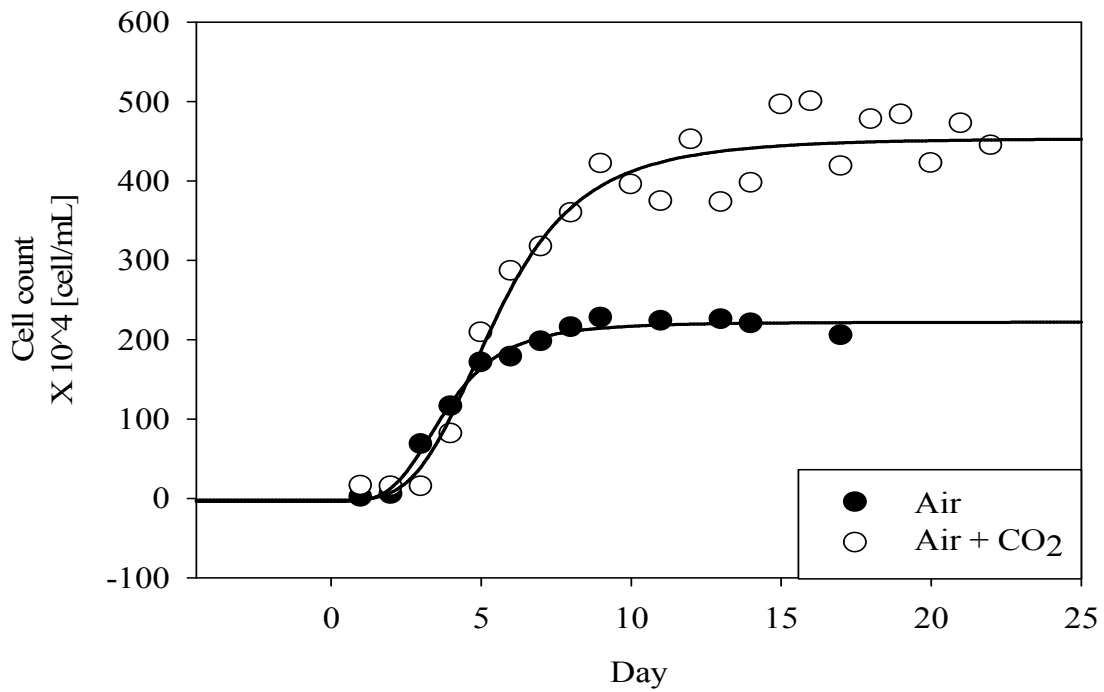


Fig 2. Red LED를 이용했을 때 Air와 혼합기체의 bubbling에 의한 Tetraselmis의 시간에 따른 개체수의 변화

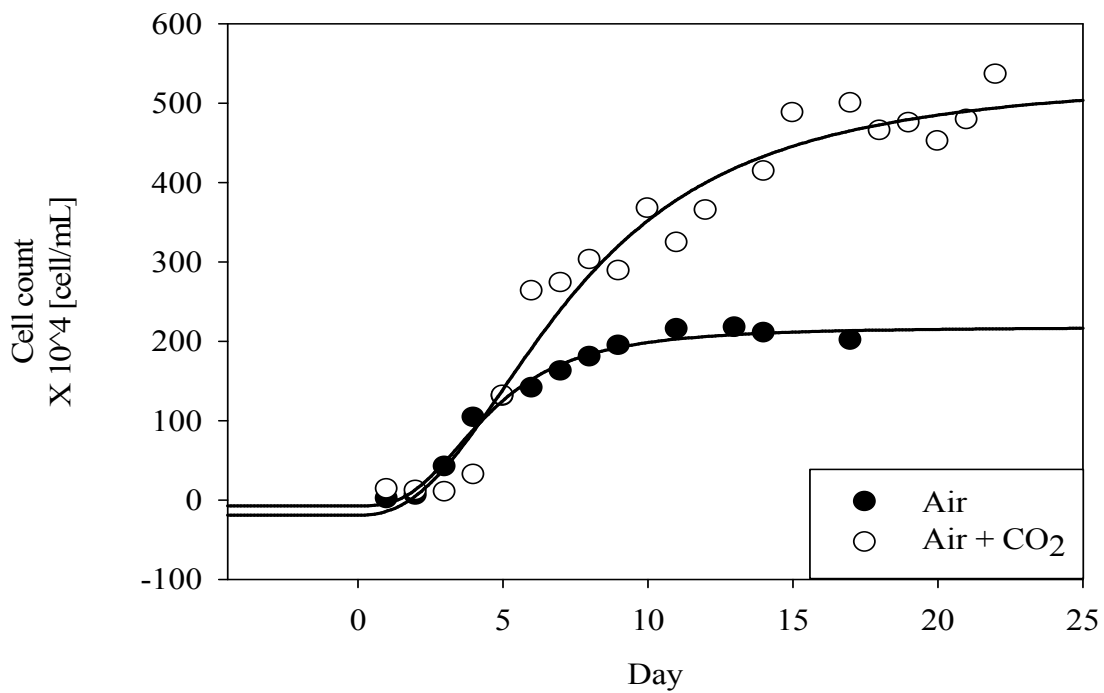


Fig 3. White LED를 이용했을 때 Air와 혼합기체의 bubbling에 의한 Tetraselmis의 시간에 따른 개체수의 변화

실험에 따르면, LED광원 색에 따른 *Tetraselmis*의 개체수의 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 하지만 현미경으로 관측을 하면 광원에 따른 *Tetraselmis*의 평균적인 모양과 크기가 차이가 나는 것을 볼 수 있다. 이로 인해 Biomass 생산량에 차이가 있을 수가 있는데, 이는 추후에 더욱 연구를 해야 할 것이다. 또한, 광합성을 하는 microalgae는 배지의 양만 충분하다면 공급되는 CO<sub>2</sub>에 의해 microalgae의 포화농도 차이가 큰 것을 확인 할 수 있었다. 또한 주목해야 할 점은 높은 농도의 CO<sub>2</sub>를 공급하였다 할지라도 *Tetraselmis*의 초기성장속도는 Air와 별반 차이가 없다는 것이다. 단지 CO<sub>2</sub>의 공급은 개체수의 최대치를 결정할 뿐이다. 본 연구에서는 CO<sub>2</sub>를 과량공급을 해서 일반적인 공기와의 차이만 확인을 했지만, 추후의 연구에서는 공급되는 CO<sub>2</sub>의 농도에 따른 *Tetraselmis*의 성장 pattern을 연구해야 할 것이다. 이는 나중에 공정의 최적화와 큰 관련이 있을 것으로 생각된다.

이로서 미세조류의 성장은 충분한 양의 배지가 존재한다면 탄소원의 공급 유무가 *Tetraselmis*의 개체수를 결정하는데 큰 기여를 한다는 것을 알 수 있었다. 또, LED광원 색의 종류에 개체수의 변화에는 큰 영향을 미치지 않는 것을 알 수 있었다.

## 사 사

본 연구는 부경대학교 LED-해양 융합기술 연구센터의 사업일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Borowitzka, M. A. and L. J. Borowitzka. Micro-algal Biotechnology. Cambridge University Press, Cambridge, U. K.(1988)
2. Faulkner, D. J. Marine natural products. *Nat. Prod. Rep.* 3:1-31.(1986)
3. Glombitza, K. W. and M. Koch. Secondary metabolites of pharmaceutical potential, pp. 161-238. In: R. C. Cresswell, T. A. V. Rees, and H. Shah (eds.), *Algal and Cyanobacterial Biotechnology*. Longman Scientific & Technical, Harlow, U. K.(1989)
4. I-T. Shin, J-K. Yang, D-J. Lee, and D-H. Park, Secondary Optics Design of Dissymmetrical Light Distribution for 100 W LED Safety Luminaires, *KIEEME*, 23:471-476.(2010)
5. Cho Y., Choi Y. and Sohn S., "Optical properties of neodymium-containing polymethylmethacrylate films for the organic light emitting diode color filter," *Appl. Phys. Lett.*, 89, 051102.(2006)