

왕겨연소로 배기가스 이용을 위한 미세조류 배양 조건 확립*

A Study on the Microalgal Culture Conditions for Utilization of the Flue Gas of the Rice Hull Combustor

박승제*, 이진석**, 정용섭***

정회원

S.J.PARK J.S.LEE Y.S.JEONG

1. 서론

현재 화석 연료가 인류의 주 에너지원으로 사용되고 있으며, 화석 연료의 연소시 발생하는 이산화탄소가 지구 온난화 현상을 일으키는 주 원인 중의 하나로 알려져 있다. 이산화탄소 배출량을 보면 90년 기준으로 미국이 1,369,090천톤으로 전세계의 23.27%를 배출하고 있으며, 우리나라는 65,403천톤으로 전세계의 1.14%를 배출하고 있다(1).

이와 같이 산업화에 따른 이산화탄소 배출량의 증가는 지구 환경의 변화뿐만 아니라 생태계에 미치는 영향도 지대하리라 예상된다. 그러므로 대기중의 이산화탄소 농도를 줄이기 위한 연구가 현재 많은 과학자들에게 관심의 대상이 되고 있다. 이산화탄소를 회수 분리하는 기술로서 흡수법, 분리막법, 흡착법 및 생물학적 방법 등이 있다. 이 중 생물학적 방법은 광합성 미생물의 일종인 미세조류를 이용하여 배기가스중의 이산화탄소를 직접 분리회수 공정 없이 상온, 상압하에서 태양에너지를 이용하여 유용한 물질로 고정하며 미생물 자체를 사료등으로 사용할 수 있는 장점이 있으나, 상기의 다른 방법들에 비해 반응속도가 느려 생산성과 효율성이 낮은 단점이 있다(2,3).

이산화탄소 고정화를 위해서 미세조류를 이용하는 경우 주요한 인자는 광의 세기 및 파장, 배지중의 이산화탄소 농도, pH, 온도, 내삼투압성, 산성가스(NO_x , SO_x)에 대한 내성, 미세조류의 높은 성장속도 등이다. 배양을 위한 빛의 경우는 태양광이 가장 좋은 광원이며, 이산화탄소의 농도는 균체 성장에 영향을 주므로 최적 조건을 유지하는 것이 중요하다. 그러므로 배기 가스를 직접 탄소원으로 사용하기 위해서 고농도 이산화탄소에서의 내성을 갖는 미세조류 균주를 확보하

+ 본 연구는 농수산 특정연구의 지원에 의하여 수행되었음.

* 전북대학교 농과대학 농업기계공학과

** 한국에너지기술연구소 바이오매스연구실

*** 전북대학교 농과대학 식품공학과

는 것도 중요하다(4).

본 연구에서는 농업 부산물인 왕겨의 활용을 위해 연소시 생산되는 배기가스를 이용하여 미세조류를 배양할 수 있는 가능성 규명 및 미세조류의 배양에 관한 최적 조건을 확립하고자 한다.

2. 재료 및 방법

사용된 균주는 구형이며 세포표면이 매끄러운 *Chlorella sp.*으로서 고농도의 이산화탄소에서 좋은 성장을 보여주는 미세조류이다.

미세조류 배양을 위한 장치는 Fig. 1과 같다. 광원으로 20W 형광등을 이용하였으며, 온도는 저온순환냉각기를 사용해 조절하였다. 배양액은 자석교반기를 이용하여 혼합을 했으며, 이산화탄소의 농도는 고압 이산화탄소(순도 99% 이상)와 공기를 각각의 유량조절계를 이용하여 부피비로 조절하였다.

미세조류 배양을 위해 M4N 배지를 사용했으며, 계대배양과 성장배지로서 MBM 배지를 사용하였다. 그리고 세포 계대배양은 3주간 간격으로 실시하였다.

균체의 건조질량 측정을 위해 배양액을 원심분리관에 적당량 취하여 4000 rpm에서 25분간 원심분리한다. 상등액을 제거한 후, 가용성 물질을 제거하기 위해 증류수를 가하여 혼합하여 준다. 다시 원심분리하여 상등액을 제거한 다음, 균체를 항량된 용기에 옮겨 105℃로 유지된 건조기에서 항량이 될때까지 건조하여 데시게이터에서 방냉후 무게를 측정했다. 흡광도 측정은 배양액을 적당히 희석한 후 660 nm에서 자외선분광기(Spectronics 21D, USA)를 이용하여 측정했으며, 흡광도와 건조질량 사이의 상관관계를 구해 흡광도를 측정함으로써 건조질량으로 환산하였다.

3. 결과 및 고찰

이산화탄소의 농도가 미세조류 배양에 미치는 영향을 조사하여 Fig. 2에 나타냈다. 이산화탄소의 농도가 7-10%인 경우가 미세조류 배양을 위한 최적농도로 판단되며, 이산화탄소의 농도가 15%에서 약간 성장이 둔화되기는 하지만 미세조류 배양에는 큰 지장을 주지 않는 것으로 판단되었다. 이와 같은 결과는 본 실험을 위해 사용된 미세조류가 높은 농도의 이산화탄소에서도 성장할 수 있는 미생물이라는 결과와 유사하다(5).

광주기에 따른 미세조류 배양 효과를 구명하기위해, Fig. 2와 같이 실험 기간 동안 일정하게 계속해서 배양기에 빛을 조사한 것이 아니라 실제 연못의 조류 성장처럼 12 시간 주기로 빛을 조사하여 미세조류를 배양하여 결과를 Fig. 3에 나타냈다. 빛을 조사하지 않은 경우는 조류 성장이 멈추는 것을 알 수 있었다. 계속적으로 빛을 조사한 Fig. 2의 33시간이 주기적으로 빛을 조사한

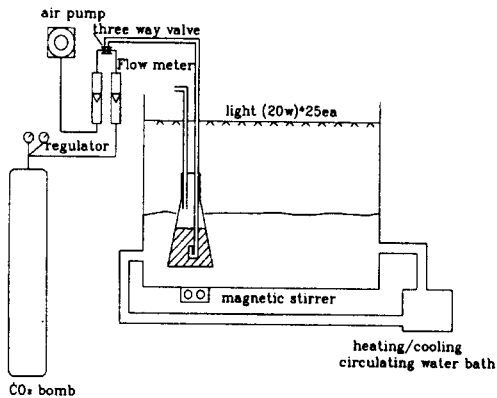


Fig. 1 Schematic diagram of algal culture apparatus.

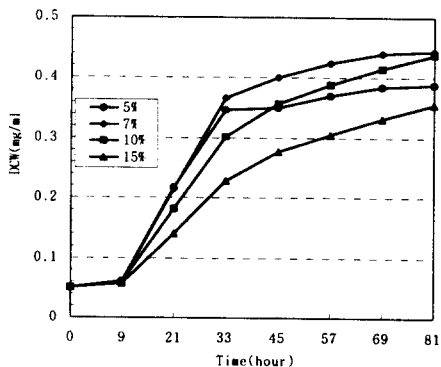


Fig. 2 Comparison of the growth curves with continuous illumination at different CO₂ concentrations; Initial pH 4.5, Temp. 25 °C, Intensity of light 5-6 klux.

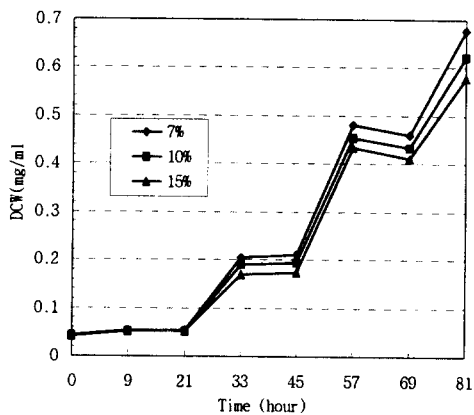


Fig. 3 Comparison of the growth curves with intermittent illumination at different CO₂ concentrations; Initial pH 4.5, Temp. 25 °C, Intensity of light 5-6 klux.

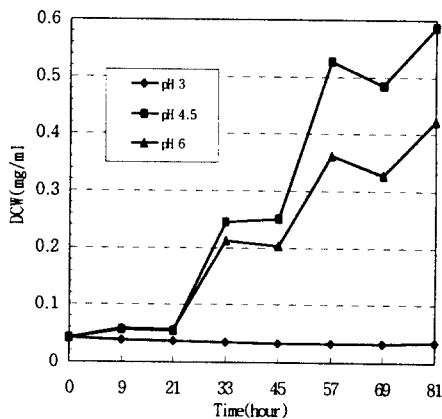


Fig. 4 Initial pH effect of the medium on the growth; Temp. 25°C, Intensity of light 5-6 klux.

Fig. 3의 57시간에 해당하므로 그 결과를 비교하면 건조질량 무게의 차이가 크게 다르지 않음을 알 수 있다. 이산화탄소의 농도가 7%의 경우 각각 0.37, 0.48 mg/ml 이었다. 그러나 빛을 받은 전체 시간이 33시간을 초과한 이후의 미세조류의 성장 곡선의 경우는 뚜렷한 차이점을 보여 주었다. 계속적으로 빛을 조사한 경우는 성장이 둔화된 반면(Fig. 2), 주기적으로 조사한 경우는 성장이 약간 둔화되기는 했지만 성장이 지속되었다(Fig. 3). 이 현상은 *Chlorella ellipsoidea*에 적용된 결과와 유사했다(6).

배양을 위한 환경조건을 확립하고자 배지 초기 pH 변화에 대한 영향을 조사하여 결과를 Fig. 4에 나타냈다. 배지 초기 pH가 4.5인 경우가 6보다 성장이 좋았으며, pH 3인 경우는 완전히 성장이 정지되었다. 배양 후 pH 변화를 측정된 결과, 초기 배지 pH와 관계 없이 pH가 6 정도로 측정되었다. 이 결과로부터 이산화탄소가 배지의 pH 변화에 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며, 최적 배양을 위해 pH를 조절한다면 4.5 정도로 조절하는 것이 배양을 위해 좋을 것으로 사료된다.

배양 온도의 조건을 확립하고자 각 이산화탄소 농도에 대하여 온도 변화에 따른 81시간 배양 후의 건조질량을 비교하여 결과를 Fig. 5에 나타냈다. 실험한 이산화탄소 농도 범위내에서 최적온도는 30°C이었으며, 25°C와 35°C는 30°C의 각 이산화탄소 농도별 건조질량의 평균값을 기준으로 했을 때 각각 69%와 73%에 정도였다. 왕겨연소로의 배기가스 중의 이산화탄소 농도가 7-8% 정도임을 고려한다면, 미세조류 배양을 위한 최적온도는 30°C로 판단된다.

왕겨연소로의 배기가스를 미세조류 배양에 적용하여 순수 이산화탄소 농도 7%와 비교하여 결과를 Fig. 6에 나타냈다. 지수 성장 시기인 24-36시간을 비교하면 두 실험간의 큰 차이를 구별할 수 없으며, 지수 성장기 이후에서 약간의 차이를 보여 주었다. 결론적으로 왕겨 연소로의 배기가스를 이용하여 미세조류 배양이 가능함을 알 수 있었다.

4. 요약 및 결론

미세조류 최적 배양을 위한 이산화탄소 농도는 7-10%, 배지초기 pH는 4.5, 배양온도는 30°C이었으며, 광은 주기적으로 조사하는 것이 미세조류 성장을 지속적으로 유지하기 위해 필요하다고 판단 할 수 있었다. 또한 왕겨연소로의 배기가스는 화석연료를 사용하는 화력발전소의 배기가스보다 미세조류 배양에 적절하다고 판단된다.

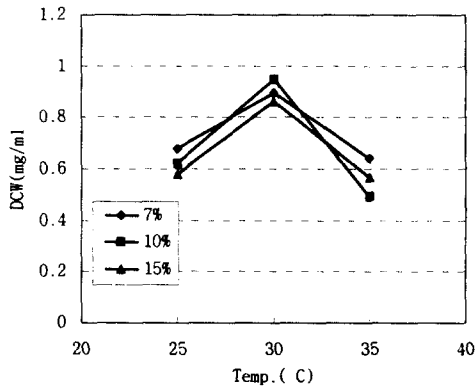


Fig. 5 Temperature effect on the dry cell weight after 81 hrs culture; Initial pH 4.5, Intensity of light 5-6 klux.

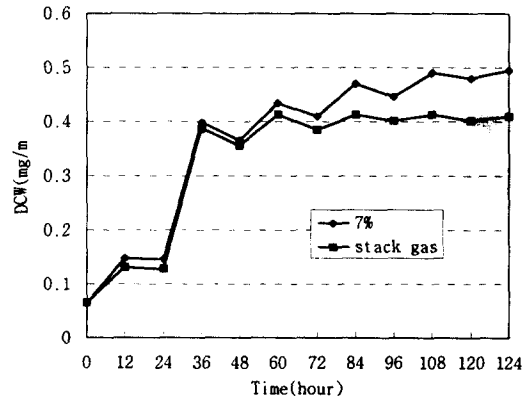


Fig. 6 Comparison of the growth curves with pure CO₂(7%) and flue gas; Initial pH 4.5, Temp. 30°C, Intensity of light 5-6 klux.

5. 참고문헌

1. 홍성길.1995. 대기온실 기체의 증가와 기후 변화의 가능성.화학공학의 이론과 응용 1(1):15~17
2. 조순행, 김종남, 주국택, 박교식.1995. 연소배가스에서 탄산가스의 분리회수 기술.화학공학의 이론과 응용 1(1):7~10
3. 이진석.1993. 미세조류에 의한 CO₂ 고정화 및 대체연료 생산 연구.태양에너지학회 발표 초록
4. Becker, E.W..1994. Microalgae. Cambridge University Press.
5. Watanabe, Y., N.Ohmura and H.Saiki. 1992. Isolation and Determination of Cultural Characteristics of Microalgae which Functions under CO₂ Enriched Atmosphere.Energy Convs. Mgmt. 33:545~561
6. Burew,J.S..1954. Algal Culture from Laboratory to Pilot Plant. Carnegie Institution of Washington Publication, Washington D. C.