

# 육탄당 유래 나노탄소체 제조 및 특성 연구

강민서\*, 최민성\*, 김의화\*, 전영상\*

\*신한대학교 첨단소재공학과

e-mail: [chunys@shinhan.ac.kr](mailto:chunys@shinhan.ac.kr)

## Preparation and characterization of hexose-derived carbon nano sphere

Min-Seo Kang\*, Min-Sung Choi\*, Eui-Hwa Kim\*, Youngsang Chun\*

\*Dept. of Advanced Materials Engineering, Shinhan University

### 요약

나노탄소물질은 전자재료, 환경 및 에너지 분야에서 핵심 요소기술에 적용되는 소재로써 산업적으로 관련 상품이 지속적으로 개발되고 있다. 기존의 나노탄소물질의 제조는 금속촉매, 합성수지 및 기체를 이용하는 공정으로 제조되어 환경 및 보건안전적 관점에서 개선이 요구되고 있다. 본 논문은 육탄당 물질 중 글루코스와 만노스를 이용하여 구형 나노탄소체를 제조하고 그 특성을 규명하는 것이다. 친환경적 물질을 전구체로 하여 구형 나노탄소를 제작하고 다양한 조성에 따라 구형 나노탄소체로 제작하고 및 고온의 탄화과정을 통해 그 특성의 변화를 확인한다. 수열합성과 2차 탄화를 통해 제조된 탄소체는 주사전자현미경을 통해 물질의 크기 및 형태를 확인하고, X선 회절 분석기를 이용하여 각 물질의 변화에 따른 결정구조를 분석한다.

### 1. 서론

커피는 전 세계적으로 가장 대중적인 음료 중 하나로 그 수요는 매년 꾸준히 증가하고 있다. 우리나라는 세계 여섯 번째 커피 수입국으로, 성인 1인당 매년 353잔의 커피를 소비하는 것으로 보고되고 있다. 커피 가공과정 중 커피 원두의 약 91%가 커피찌꺼기 형태로 발생하고 있으며 폐커피는 생활폐기물로 지정되어 매립 또는 소각되어 있다 [1]. 이 과정 중 막대한 이산화탄소가 발생하여 심각한 환경오염을 유발하고 있다. 우리나라 환경부는 2050 탄소중립 실현을 위한 전략 중 하나로 2021년 『폐기물관리법 시행규칙』을 공포하여 수도권은 2026년부터, 2030년부터는 전국적으로 생활폐기물의 직매립 금지하여 폐커피의 새로운 활용처가 필요하다 [2]. 현재 폐커피는 탈취제, 고체배지, 퇴비, 사료 등으로 업사이클링되고 있으나 제품들의 경제성이 낮은 실정이다. 따라서, 고급화 기술을 개발하여 폐커피 유래 제품의 용도 및 성능이 향상된 고부가가치 소재 개발 기술은 2050 탄소중립 실현을 위한 주요 전략이 될 것으로 기대된다.

기존의 탄소 소재 제조는 중금속 촉매 사용 및 독성 부산물 발생으로 인해 환경오염을 유발하는 문제가 있다. 최근에

는 에너지, 촉매, 바이오 등 다양한 분야에서 바이오매스를 전기전도성, 인체안정성, 열전도성, 발광성, 화학적 안정성을 가지는 탄소재료를 제조하기 위한 연구들이 관심을 받고 있다 [3]. 바이오매스를 탄소소재로 직접 전환한 연구는 다수 보고되었으나, 바이오매스의 불균질한 특성으로 인해 제조된 소재의 형상 및 구조적 특성이 불균일하여 센서, 약물전달과 같은 정밀소재나 고도화 기술로 활용은 한계가 있다. 이에 반해 단당류는 바텀업 방식의 수열합성법을 통해 균일한 탄소나노입자 제작이 가능하다 [4].

수열합성법은 고온·고압 분위기에서 서브마이크론 분말을 제조하는 방법으로 에너지, 환경, 전자재료 등 다양한 분야에서 재료합성에 활용되는 방법 중 하나이다. 그러나 반응에 따른 메커니즘 규명이 복잡하여 시료 내 단당류의 조성 및 농도에 따라 최종 생성물의 형상 및 크기를 이론적으로 예측하기 어렵다.

본 연구는 육탄당 위주의 단당류로부터 탄소나노체 제조를 위하여 기존에 평가된 폐커피 단당류 조성을 기반으로 탄소 나노구형을 제작한다. 더 나아가 고온 탄화과정을 통해 수열합성 탄소와 그 차이를 분석하여 나노 탄소물질 제조 기술을 확보하고 물리적 및 화학적 특성을 분석하여 촉매, 바이오, 및 에너지 등 다양한 분야에서 이용하는 탄소물질을 제안한다.

## 2. 실험

### 2.1 구형 탄소의 제조

본 연구에서는 육탄당을 전구체로 하여 수열반응법으로 탄소나노 구형을 제작하였다. 250 mL 용량의 테프론 용기에 증류수 120 mL를 채우고 글루코스 (시그마알드리치)와 만노스 (시그마알드리치)를 Table 1의 구성에 따라 넣고 교반기를 이용하여 준비하였다. 균일하게 혼합된 용액을 오토클레이브에 넣은 후 190 °C에서 10시간 동안 반응시키고 자연 냉각시켰다. 반응이 끝난 나노탄소용액을 회수하여 건조 하였다. 수열합성 한 탄소나노입자는 고온탄화 과정을 위해 관형 전기로(Lab house, PTF-803)를 이용하여 900 °C에서 질소주입하에 2시간 반응시켰다.

#### 2.1.2 구형 탄소 분석

본 실험에서는 합성된 나노탄소체를 크기와 형상을 분석하기 위하여 주사전자현미경(SEM)을 이용하였다. 수열합성된 탄소체와 탄화 후 탄소체의 특성을 비교하기 위하여 X-ray diffraction(XRD)를 이용하여 탄소재료의 구조 변화를 분석하였다.

## 3. 결과 및 토의

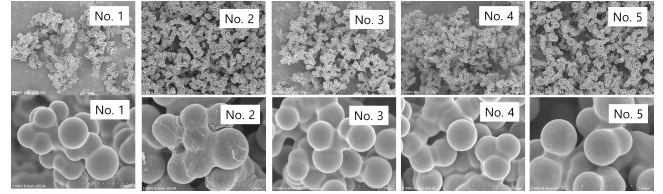
페커피의 조성분석을 통해 확인된 육탄당 중 글루코스와 만노스를 표 1과 같은 조성으로 탄소나노체의 전구물질을 준비하였다. Sample No. 1-5는 글루코스와 만노스 함유비에 따른 차이를 보인다. Sample No. 1-5는 글루코스와 만노스 함유비에 따른 전구물질의 조성차이를 부여하였다.

표 1. model형 탄소의 조성 및 처리

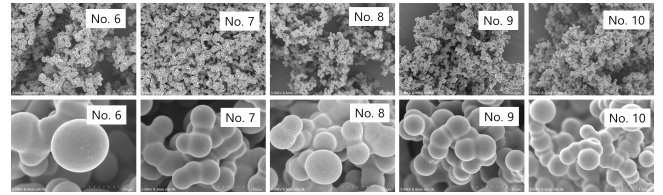
Sample No.	Note
1	Glucose 100
2	Glucose 75 + Mannose 25
3	Glucose 50 + Mannose 50
4	Glucose 25 + Mannose 75
5	Mannose 100
6	No. 1, Carbonization at 900 °C
7	No. 2, Carbonization at 900 °C
8	No. 3, Carbonization at 900 °C
9	No. 4, Carbonization at 900 °C
10	No. 5, Carbonization at 900 °C

Sample No. 1-5는 수열합성 나노탄소체의 주사전자현미경 분석 결과이다. 각 나노탄소는 구형으로 분석되었고, 크기는 500 - 800 nm의 분포가 확인되었다. 나노탄소체는 중합의 과정에서 주변의 탄소와 결합된 형태로 합성이 됨을 확인하

였다. 이는 고농도의 전구물질을 이용하여 발생한 현상으로 사료된다.

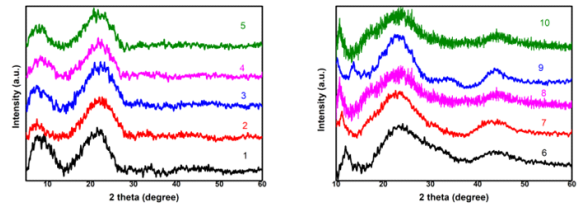


[그림 1] Sample No. 1-5의 주사전자현미경 사진



[그림 2] Sample No. 6-10의 주사전자현미경 사진

Sample 6-10은 수열합성 탄소를 고온으로 반응한 나노탄소체의 주사전자현미경 결과이다. 고온고압 조건에서 진행되는 수열합성보다 약 300 - 600nm의 분포로 확인되어 소재의 크기가 작아지는 경향을 관찰하였다. 이는 저온에서 진행되는 수열합성 보다 고온 반응을 통해 탄소체 내부의 결정구조 변화 및 탄화가 촉진되어 나타난 현상으로 사료된다. 수열합성 탄소체와 후처리 탄화를 통한 탄소체의 결정 구조는 XRD를 통하여 분석하였다.



[그림 3] Sample No. 1-10의 XRD 데이터

그림 3 좌측의 No. 1-5의 XRD 결과는  $2\theta = 23^\circ$ 가 주요 피크로 분석되나, 우측의 No. 6-10의 결과는  $2\theta = 43^\circ$ 에서 새로운 피크가 생성되었다 [5]. 이는 수열합성 후 고온처리를 통한 탄화과정에서 나노탄소체 내부의 결정구조가 변화하며 graphitic layer의 형성을 의미한다. 이에 따라, 육탄당의 조성비 차이에 따라 제조된 나노탄소체는 수열합성과 고온탄화 과정을 통해 크기 및 결정구조의 변화를 조절이 가능하다.

## 4. 결론

환경, 에너지 및 전자재료의 발전에 따라 나노탄소 재료의 수요가 급증하고 있다. 친환경을 고려한 탄소제작 기술의 기

발은 무한한 바이오매스로부터 제작의 필요성이 시급하다. 본 연구에서는 폐커피 바이오매스의 구성성분 중 글루코스와 만노스를 선정하여 그 조성에 따른 나노탄소체를 제작하였다. 더 나아가, 수열합성과 탄화공정을 통해 제작된 나노탄소의 크기 및 결정구조의 조절을 확인하여 생물자원으로부터 활용처에 따른 탄소체의 제조가 가능하다. 본 연구법은 다양한 바이오매스로부터 산업계가 요구하는 나노탄소체의 공급을 위한 접근법으로 사료된다.

참고문헌

- [1] 김갑수, “LCD 모듈 테스터 설계”, 산학기술학회논문지, 제 1권 1호, pp. 45-52, 1월, 1999년.
- [2] 서울연구원 유정민 외2인, “2050 서울시 탄소배출 중립 위한 정책과제”, 서울연구원 정책과제보고서, pp, 4, 58-64, 6월, 2020년.
- [3] 한국신재생에너지학회 한상욱 외4인, “바이오매스 기반 친환경 나노소재 개발현황”, 한국신재생에너지학회 학술대회 논문집, pp.434~435, 6월, 2009년.
- [4] 뇌단운, “바이오매스 기반의 슈퍼커패시터용 탄소 전극 제조 및 특성 분석”, 전북대학교 일반대학원, p.105-127, 2018년
- [5] 장규봉, 민성욱.“수열합성에 의한 3차원 구조의 NiCo<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 제조 및 글루코스 센서로서의 응용”. 한국결정성장학회지, 31(2), pp. 78-83. 2021년.