

## 누에먹이첨가제로서의 그라펜의 응용

리에경, 리진천

명주실은 보온성과 흡습성, 피부접촉감과 윤기가 좋은것으로 하여 오래전부터 널리 이용되고있지만 사용과정에 쉽게 로화되고 정전기를 띠며 누렇게 되는것과 같은 결함을 가지고있다. 이러한 부족점을 극복하기 위하여 세계적으로 그라펜을 누에먹이에 첨가하여 명주실의 성능을 개선하기 위한 연구[3, 4]가 진행되고있다.

우리는 포도당환원법으로 제조한 그라펜현탁액을 누에먹이에 첨가하여 얻은 명주실의 특성지표[1, 2, 4]들을 고찰하였다.

### 실험 방법

250mL 둥근밀플라스크에 산화그라펜(99.99% 흑연으로부터 선행연구[3]의 방법으로 제조) 100mg, 증류수 100mL를 넣고 교반한다. 이때 얻어진 검은 밤색의 현탁액을 초음파 분산시킨 다음 포도당가루(순도 99.9%이상) 1.6g과 가성소다(0.1mol/L) 또는 암모니아수(28%)를 첨가하여 pH 10으로 맞추고 용액의 온도를 90°C로 보장하면서 8h 반응시킨다.[2] 이때 검은색의 그라펜이 점차 가라앉는다. 경사세척법으로 상등액을 분리한다. 증류수로 세척하여 침전물속의 미반응포도당과 가성소다를 비롯한 불순물들을 제거한다.

그라펜의 립도와 원소함량분석은 X선에너지분산분석기(EDX)를 장비한 주사전자현미경(《JSM-6610A》)과 원자힘현미경(《CSPM-5500》)으로 진행하였다.[4]

명주실의 특성은 제일 중요한 지표인 상대세기와 가늘기로 평가하였다.

### 실험결과 및 고찰

포도당환원법으로 제조한 그라펜의 SEM사진은 그림 1과 같다.

그림 1에서 보는바와 같이 그라펜의 립도는 보통 3 $\mu$ m정도로써 선행연구[2]의 결과와 일치한다.

EDX분석을 통하여 포도당환원법으로 제조한 그라펜의 원소함량은 표 1과 같다.

표 1. 포도당환원법으로 제조한 그라펜의 원소함량

원소	원소함량/%	원소	원소함량/%
C	75.41	Si	0.16
O	22.63	P	0.49
Na	0.07	S	0.11
Mg	0.23	Ca	0.31
Mn	0.59		

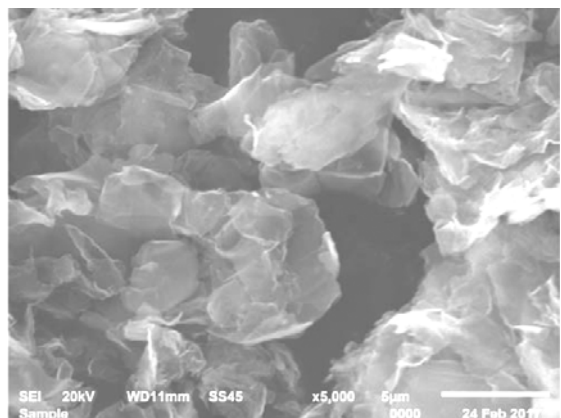


그림 1. 포도당환원법으로 제조한 그라펜의 SEM사진

포도당환원법으로 제조한 그래펜의 C/O비는 대략 3.3으로서 선행연구[2]의 결과와 일치한다. 그래펜에 흡산소기능단이 일정하게 남아있으므로 생체적합성이 좋은 나노복합재료로 리용할수 있다.

포도당환원법으로 제조한 그래펜(립도  $3\mu\text{m}$ )을 증류수로 0.1, 0.4, 0.7% 되게 희석하여 누에먹이에 첨가하여 얻어진 누에고치의 특성지표변화는 표 2와 같다.

표 2. 누에고치의 특성지표변화(1)

시료번호	첨가농도/%	먹이는 시기/나이	실길이/m	절대세기/cN	가늘기/D	상대세기/(cN·D <sup>-1</sup> )
1	대조		1 072	11.09	2.58	4.69
2	0.1	1—5	1 099	13.28	2.47	5.39
3	0.4	1	750	7.53	1.51	3.31
4	0.4	1—3	1 001	11.93	2.46	4.88
5	0.4	1—5	991	13.34	2.33	5.73
6	0.4	5	1 104	14.40	2.67	5.40
7	0.7	1—5	933	12.73	2.53	5.03

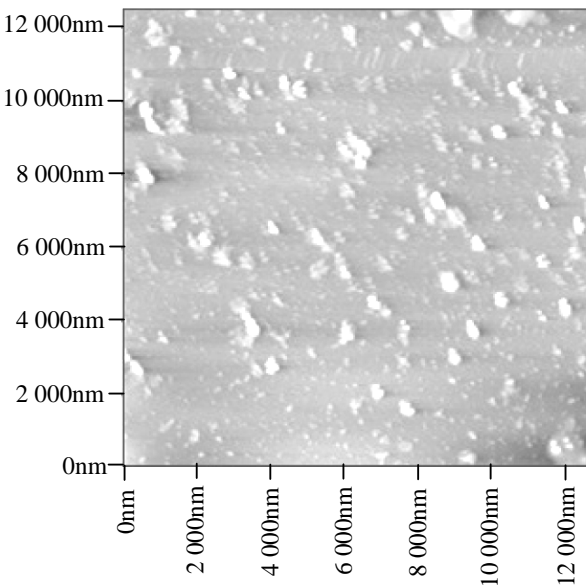


그림 2. 초음파처리한 그래펜의 AFM사진

표 2에서 보는바와 같이 먹이는 시기 및 현탁액농도에 따르는 특성지표를 대비해보면 그래펜을 누에먹이에 첨가하여 얻은 명주실의 특성지표들이 대조(시료 1)에 비하여 높다. 특히 시료 5, 6에서는 0.4%용액을 1—5, 5나이기짜리 누에에게 먹였을 때 명주실의 특성지표가 전반적으로 높다.

포도당환원한 그래펜의 립도가 누에의 비단실선세포의 크기( $2.5\mu\text{m}$ )보다 크기 때문에 누에먹이로 리용하자면 립도를 보다 작게 해야 한다.

그래펜을 증류수에 일정한 농도로 분산시키고 1kW출력의 초음파장치에서 1h 초음파처리하였다. 초음파처리한 그래펜의 AFM사진은 그림 2와 같다.

그림 2에서 보는바와 같이 초음파처리후 그래펜의 립도는  $200\sim 300\text{nm}$ 정도로서 비단실선세포의 크기보다 훨씬 작으므로 누에에게 먹이면 명주실의 성능을 개선할수 있다.

다음으로 초음파처리한 그래펜(립도  $200\sim 300\text{nm}$ )을 누에에게 먹여 얻어진 누에고치의 특성지표변화는 표 3과 같다.

표 3. 누에고치의 특성지표변화(2)

시료번호	첨가농도/%	먹이는 시기/나이	실길이/m		절대세기/cN		가늘기/D		상대세기/(cN·D <sup>-1</sup> )	
			1차	2차	1차	2차	1차	2차	1차	2차
1	대조		775	700	11.8	19.72	2.25	2.79	5.24	7.09
2	0.2	5	775	850	13.61	19.05	1.56	2.10	8.72	9.07
3	0.2	1—5	795	1 000	12.24	16.48	2.15	2.17	5.69	7.6
4	0.4	5	930	1 000	15.02	19.25	2.05	2.66	7.33	7.24
5	0.4	1—5	895	750	17.03	18.82	2.0	2.8	8.52	6.74

표 3에서 보는바와 같이 전반적인 특성지표들이 표 2의 결과보다 높으며 특히 시료 2에서 상대세기는 그래핀을 먹이지 않았을 때보다 1.3~1.7배 증가하고 가늘기는 1.3~1.4배 작아졌다. 또한 1, 2차결과에서 시료 2의 특성지표들은 다른 시료들보다 높다.

### 맺 는 말

포도당환원법으로 제조한 그래핀을 누에에게 먹였을 때 명주실의 특성이 많이 개선되는데 특히 초음파처리한 0.2% 그래핀현탁액을 먹였을 때 명주실의 상대세기와 가늘기가 훨씬 개선되었다.

### 참 고 문 헌

- [1] 전현웅 등; 화학과 화학공학, 4, 23, 주체105(2016).
- [2] 김수경 등; 화학과 화학공학, 2, 60, 주체104(2015).
- [3] S. Allen et al.; Chem. Rev., 110, 132, 2010.
- [4] Qi Wang et al.; Nano Lett., 16, 6695, 2016.

주체107(2018)년 10월 5일 원고접수

### Application of Graphene for Feed Additive of Silkworms

*Ri Ye Gyong, Ri Jin Chon*

If we fed the graphene, fabricated by using glucose as reducing agent, to silkworms, the characteristics of silk were improved than that of control. Especially, the relative strength and fineness were improved than before when we fed 0.2% ultrasonic-treated graphene suspension to silkworms.

Key words : graphene, silkworms