

## 고정층 활성탄 흡착탑에서 말토올리고당 흡착 및 탈착 특성

유정욱, 추교열, 조용익\*, 조성용, 김승재  
 전남대학교 환경공학과  
 \*전남대학교 공업기술연구소

**Adsorption and Desorption Characteristics of Maltooligosaccharides  
 in Fixed Bed of Granular Activated Carbons**

Jung Wook Yoo, Gyo Yeol Choo, Yong Ick Cho\*, Sung Yong Cho, Seung Jai Kim  
 Department of Environmental Engineering, \*Engineering Research  
 Institute, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

**서론**

올리고당은 단당이 2~10개가 연결되어 있는 여러 가지 당의 혼합물로서 분자량이 300~2000 정도이며, 여러 가지 유용한 특성 때문에 최근 주목을 받고 있다. 이러한 올리고당은 전분식품에 첨가되면 아밀로펙틴간의 회합을 방지하여 전분식품의 노화를 억제하고, 장내의 소화효소에 의해서 소화되지 않고 대장에 도달되어 유용세균인 비피더스균에게 선택적으로 이용되어 비피더스균의 증식을 촉진시킨다. 또한 기존의 감미료인 설탕과 비슷한 단맛을 부여하면서 난소화성이기 때문에 저칼로리당으로 작용하며, 충치의 원인인 글루칸 합성을 억제하는 효과가 있는 것으로 알려져 있다[1, 2]. 이러한 기능성 때문에 올리고당의 활용성이 커짐에 따라 올리고당의 분리 및 정제 공정에 대한 연구의 필요성이 커지고 있다[3].

본 연구에서는 말토올리고당의 분리, 정제를 위한 기초연구로서 고정층 활성탄 흡착탑에서 말토올리고당의 흡착 및 탈착 특성을 연구하였다.

**실험 및 분석**

## 1. 흡착제 및 피흡착제

본 연구에 사용된 흡착제는 야자각을 원료로 하여 제조한 활성탄(SLS103, ㈜삼천리, 한국)과 역청탄을 원료로 하여 제조한 활성탄(F400, Calgon Co., U.S.A)을 체분리하여 0.42~0.59mm 크기를 취한 후 사용하였고, 피흡착제로는 시판용의 올리고당(㈜대상)을 2.7%(w/v)로 희석하여 사용하였다.

## 2. 흡착실험

직경 2cm, 높이 5.5cm의 아크릴 흡착탑에 활성탄 20g을 충전시킨 후, 22±1℃의 증류수를 사용하여 유속을 변화시켜가면서 유동화실험을 수행하여 유속과 압력강하 데이터로부터 최소유동화속도( $U_{mf}$ )를 측정하였다.

흡착탑에 활성탄 20g을 충전시켜 충전층의 높이를 11.9cm로 유지하고 유속을 0.62 $U_{mf}$ 로 일정하게 유지한 후, 유출되는 용액중의 흡착질농도를 일정시간 간격으로 측정하여 파과 곡선을 구하였다.

#### 4. 탈착실험

활성탄에 포화 흡착된 말토올리고당의 탈착현상을 파악하기 위하여 유속을  $0.62U_{mf}$ 로 일정하게 유지하면서 50% ethanol 수용액으로 탈착실험을 수행하였다. 또한, ethanol 농도에 따른 당들의 탈착속도차를 이용하여 각 당들의 분리 가능성을 파악하기 위하여 5, 10, 25, 50% ethanol 수용액에서 탈착실험을 수행하였다.

#### 5. 분석

올리고당중 각 당들의 농도는 liquid chromatography의 일종인 TLC(Silica gel 60, Merck, Germany)를 사용하여 측정하였다[4, 5].

### 결과 및 고찰

본 연구에 사용한 유체와 활성탄 입자의 물성 및 유동 특성값을 Table 1에 나타내었다. 활성탄 입자의 밀도는 물을 충분히 함유한 상태에서 측정하였다. 모든 실험에서 사용한 활성탄(SLS103과 F400)의 양은 20g이고, 평균 직경은 0.52mm 이었으며, 유체의 온도는  $22\pm 1^\circ\text{C}$  이었다. 유동화실험으로 구한 최소유동화속도( $U_{mf}$ )는 SLS103은 0.59mm/s, F400은 0.61mm/s이었고, 고정층에서 유속에 따른 압력강하는 직선적으로 증가하였다.

Fig. 1은 고정층 흡착탑에 활성탄 20g을 충전시켜 충전층의 높이가 11.9cm인 고정층의 파과곡선을 나타낸 것이다. SLS103에서는 분자량이 작은 G1(glucose), G2(maltose), G3(maltotriose)가 분자량이 큰 G5(maltopentaose), G7(maltoheptaose)보다 유출용액 중의 초기농도가 낮았는데, 분자량이 작은 당들은 BV(Bed Volume)=1.2 정도에서 유출농도가 급격히 증가하여 BV=8.5 정도에 평형에 도달하였고, 분자량이 큰 당들은 BV=0.7 정도에서 유출농도가 급격히 증가하여 BV=7.5 정도에 평형에 도달하였다. F400에서는 분자량이 큰 G5(maltopentaose), G7(maltoheptaose)가 분자량이 작은 G1(glucose), G2(maltose), G3(maltotriose)보다 초기 농도가 낮았는데, 분자량이 큰 당들은 BV=2.5 정도에서 유출농도가 급격히 증가하여 BV=10.3 정도에 평형에 도달하였고, 분자량이 작은 당들은 BV=1.8 정도에서 유출농도가 급격히 증가하여 BV=9.4 정도에 평형에 도달하였다. 이는 SLS103에서는 분자량이 작은 당들이 보다 잘 흡착되고, F400에서는 분자량이 큰 당들이 보다 잘 흡착되기 때문이다.

Fig. 2는 포화 흡착된 흡착탑을 50% ethanol 수용액으로 탈착실험을 수행한 것으로, SLS103에서는 분자량이 작은 G1(glucose), G2(maltose), G3(maltotriose)가 분자량이 큰 G5(maltopentaose), G7(maltoheptaose)보다 탈착액 중의 농도가 더 높았는데, BV=12에서는 분자량이 큰 당들은 탈착이 완료된 반면, 분자량이 작은 당들은 계속해서 탈착이 진행되었다. F400에서는 G2(maltose), G3(maltotriose), G5(maltopentaose), G7(maltoheptaose)가 G1(glucose)보다 탈착액 중의 농도가 더 높았는데 BV=12에서는 G1(glucose)은 거의 탈착된 반면, 나머지 당들은 계속해서 탈착이 진행되었다.

Fig. 3은 포화 흡착된 흡착탑을 탈착 수용액의 유속은 일정하게 유지하고 수용액 중의 ethanol의 농도를 변화시킬 때의 탈착현상을 나타낸 것이다. 5, 10, 25, 50% ethanol 수용액을 사용하여 연속적으로 탈착실험을 수행한 결과, 사용된 ethanol 수용액의 농도가 높아짐에 따라 분자량이 작은 당에서 큰 당의 순서로 탈착이 진행되면서 각 당들이 부분적으로 분리되었다. 각 당의 분리효과를 높이기 위하여 ethanol의 농도와 유속 등의 영향을 보다 연구할 필요가 있다고 사료된다.

**Nomenclature**

BV = Bed Volume ( $\frac{\pi}{4} D_c^2 \times H$ )	[cm <sup>3</sup> ]
D <sub>c</sub> = Bed Diameter	[cm]
d <sub>p</sub> = Particles diameter	[mm]
H = Packed height	[cm]
U <sub>mf</sub> = Minimum fluidized velocity	[mm/s]

## Greek Letters

ε = Voidage	[-]
ρ <sub>p</sub> = Density of adsorbent particles	[kg/m <sup>3</sup> ]
ρ <sub>f</sub> = Density of fluid	[kg/m <sup>3</sup> ]
μ = Viscosity	[kg/m · s]

**References**

1. Choi, Y. B., Kim, K. S. and Sohn, H. S.: "Recovery of Soy Oligosaccharides using Calcium Oxide", *J. Food Sci.*, 27(2), 225(1995).
2. Martin, M. L. and Hosoney, R. C.: "A mechanism of bread firming: II. Role of starch hydrolyzing enzymes", *Cereal Chem.*, 68, 503(1991).
3. Yoon, S. H., Kim, M. J., Kim, J. W., Kwon, K. S., Lee, Y. W. and Park, K. H.: "Purification and Characterization of a Novel Malto-oligosaccharides Forming α-Amylase from Bacillus sp. SUH4-2", *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 23, 573-579(1995).
4. Han, N. S. and Robyt, J. F.: *Carbohydr. Res.*, 313, 135-137(1998).
5. Mukerjea, R., Kim, D. M. and Robyt, J. F.: *Carbohydr. Res.*, 292, 11-20(1996).

Table 1. Fluid and particle properties of the experiment

(D<sub>c</sub> = 20mm, adsorbent weight = 20g)

	d <sub>p</sub> (mm)	ρ <sub>p</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	U <sub>mf</sub> (mm/s)	ε <sub>mf</sub> (-)	ρ <sub>f</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	μ (kg/m · s)
SLS103	0.51	1408.5	0.59	0.5877	998.2	1.002 × 10 <sup>-3</sup>
F400	0.51	1459.9	0.61	0.6169	998.2	1.002 × 10 <sup>-3</sup>

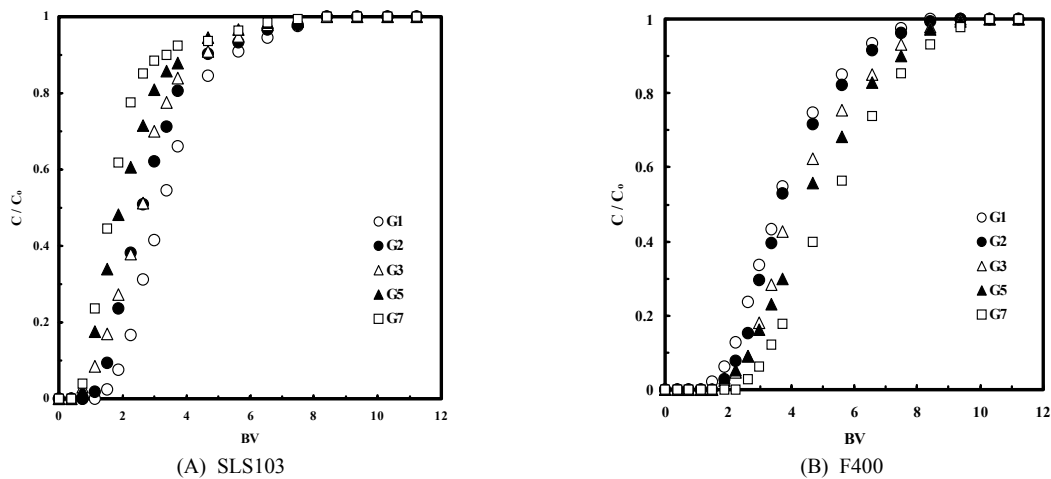


Fig. 1. Breakthrough curves of maltooligosaccharides in a fixed bed. (A) SLS103, (B) F400. ( $U = 0.62U_{mf}$ ,  $BV = 37.4\text{cm}^3$ , adsorbent weight = 20g)

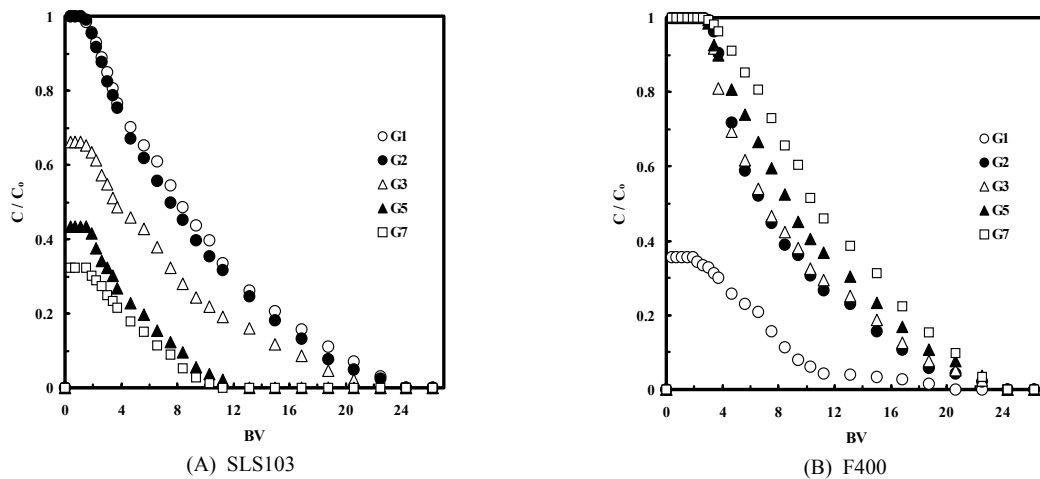


Fig. 2. Desorption curves of maltooligosaccharides in a fixed bed by 50% ethanol solution. (A) SLS103, (B) F400. ( $U = 0.62U_{mf}$ ,  $BV = 37.4\text{cm}^3$ , adsorbent weight = 20g)

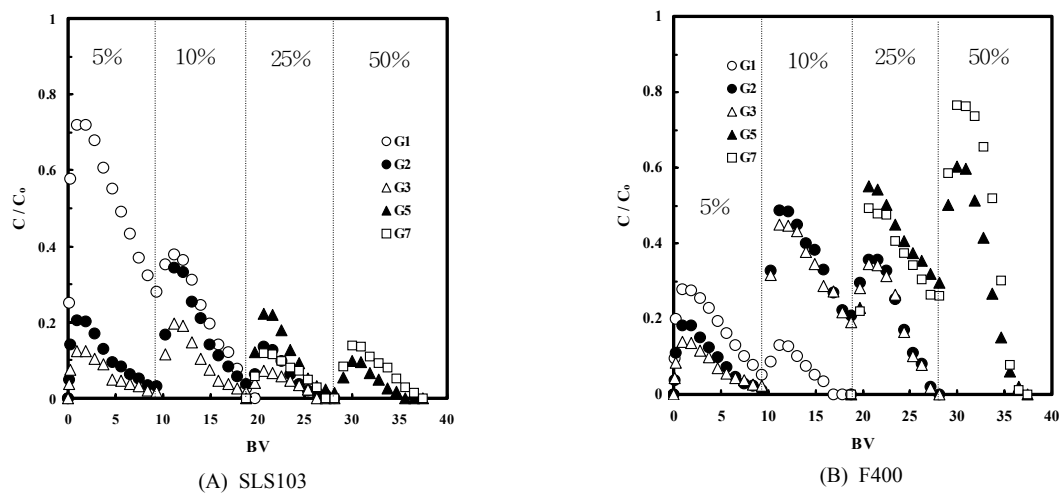


Fig. 3. Desorption curves of maltooligosaccharides in a fixed bed by 5, 10, 25, 50% ethanol solution. (A) SLS103, (B) F400. ( $U = 0.62U_{mf}$ ,  $BV = 37.4\text{cm}^3$ , adsorbent weight = 20g)