

압출반응에 의한 올리고당 및 수용성 식이섬유의 연속적 제조방법

항재관·김중태·박종현·김철진

산업화연구부

1. 서 론

당류를 기본물질로 하는 식품소재 가운데 올리고당과 수용성 식이섬유는 뛰어난 식품 기능성과 생리작용을 제공하여, 최근 각종 식품에 많이 사용되고 있다. 올리고당의 경우에는 대개 효소에 의하여 당류로부터 생합성되는데, 이러한 효소처리 방식은 특별한 생물공학적 공정제어의 필요성, 장기간의 반응시간, 효소 불활성 및 이에 따른 효소 재활용의 어려움 등 제조원가를 상승시키는 요인이 많이 발생한다. 한편, 수용성 식이섬유 가운데 폴리덱스트로오스(polydextrose)는 포도당과 솔비톨의 혼합물을 산성조건하에서 감압가열하므로써 제조된다. 이러한 제조방법은 고점도의 물질을 이송하거나 감압상태에서 가열하기 위한 공정의 구축이 불가피하며, 특히 고분자화 과정 자체가 장시간의 반응시간을 요하는 회분식으로 운행될 수 밖에 없어 공정상의 효율성이 매우 낮다는 문제점이 있다.

따라서, 종래의 올리고당과 식이섬유의 제조방법은 공통적으로 제조원가가 비싸고 비효율적인 회분식 공정에 의존하므로, 산업계에서는 이러한 문제

점을 개선할 수 있는 신속하면서도 연속적으로 운전될 수 있는 제조공정을 개발하여야 할 필요성이 대두되어 왔다. 아울러, 분자구조의 측면에서 보면, 당으로부터 올리고당이 생성되고, 올리고당 이상으로 중합이 계속 일어나면 식이섬유가 형성되므로, 이들 올리고당과 식이섬유를 효율적으로 제조할 수 있는 단일공정의 개발이 절실히 필요하게 되었다.

본 연구는 올리고당이나 식이섬유 생산에 필요한 여러 단위공정을 압출반응 공정에 의하여 단일화함으로써 당류로부터 올리고당과 식이섬유를 신속하면서도 연속적으로 제조할 수 있는 기술에 관한 것이다.

2. 재료 및 방법

본 연구에 이용된 압출반응기는 이축압출기(twin screw extruder)로서 바렐(barrel)부의 직경과 길이의 비(L/D)가 40이었다. 생산소재의 중합도를 조절하기 위하여 반응온도를 160℃(EX-1), 180℃(EX-2), 200℃(EX-3)로 하였다. 본 연구

에서 생산된 제품은 glucooligosaccharides와 polydextrose로서 포도당과 구연산을 99:1로 섞은 후 위의 압출반응기를 이용하여 중합반응을 유도하였다. 본 연구에서는 비교물질로 현재 상업적으로 이용되고 있는 polydextrose(COM: Phizer Co.)를 이용하였다.

생산된 시료의 식이섬유 함량은 90% 에탄올에 침전되는 양으로, 올리고당은 90% 에탄올 수용성 물질 가운데 원료당인 포도당을 제외한 양으로 산출하였다. 이때 포도당의 양은 HPLC를 이용하여 측정하였다. 생산시료의 중합도에 대한 척도로서 점도는 5% (w/v) 용액에 대하여 Cannon-Fenske capillary viscometer를 이용하여 측정하였으며, 분자량은 gel permeation chromatography를 이용하여 결정하였다.

생산된 시료의 효소 안정성은 5% 용액에 대한 α -amylase와 amyloglucosidase의 효과를 조사하였으며, 열 및 pH 안정성은 온도 100°C, pH 3.0, 7.0, 11.0에서 30분간 가열한 후 점도를 측정하였다. 위의 안정성 효과는 무처리한 시료의 점도에 대한 백분율로서 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서 생산된 시료와 상업용 시료에 대한 수율, 점도 및 분자량을 Table 1에 나타내었다. 먼

Table 1. Characterization of Extruded Glucose Polymers and Commercial Polydextrose

SAMPLES	EX-1	EX-2	EX-3	COM ¹
Yield(% w/w)				
DF	1.12	11.20	63.01	59.80
Oligo	42.75	63.81	30.69	36.05
Glucose	56.13	24.99	6.30	4.15
Viscosity(cp) ²	1.121	1.136	1.171	1.163
Mw ³	271	523	1630	1064

¹ commercial product; ² 5% solution

³ weight average molecular weight

저 압출반응 온도가 높아질수록 식이섬유의 함량이 증가하는 것을 알 수 있다. 반응조건이 가장 온화한 EX-1의 경우에는 식이섬유의 수율은 많지 않고, 대부분의 고분자화가 올리고당의 생산에 적용된 것을 알 수 있다. 한편, 고온에서 반응한 EX-3의 경우에는 원료당의 대부분이 식이섬유와 올리고당화한 것을 알 수 있으며, 현재 상업적인 시료와 거의 비슷한 조성을 보였다. 이러한 결과는 압출반응시 공정조건의 변화에 따라 사용목적에 부합한 조성을 갖는 식이섬유 및 올리고당의 생산이 가능하다는 것을 의미한다.

점도는 고분자의 식이섬유 함량이 증가할수록 높은 값을 보이고 있는데, 이는 고분자화할수록 용액 내에서의 차지하는 수동학적 부피가 증가하는 사실에 비추어 볼 때 당연한 결과이다. 다시 말하면, 이러한 점도의 증가는 중합반응의 정도에 대한 척도로 간주할 수 있다. 한편, 무게평균분자량(weight average molecular weight)을 보면 점도와 마찬가지로 중합반응이 많이 일어날수록 높은 값을 보였다. 따라서 Table 1의 수율, 점도 및 분자량의 결과를 종합하여 볼 때 본 연구에서 사용된 압출반응에 의하여 포도당의 중합반응이 성공적으로 일어나는 것을 알 수 있다.

Fig. 1은 생산시료의 효소 및 열안정성을 나타낸 것이다. 먼저 α -amylase와 amyloglucosidase를 적용하였을 때 점도의 변화가 거의 발생하지 않는 것으로 보아 압출반응에 의한 포도당의 결합방식이 α -(1,4) 이외의 방식에 의하여 중합되는 것을 의미한다. 이는 현재 시판중인 polydextrose의 결합방식이 매우 무작위적으로 일어난다는 결과와 부합되는 것이다. 앞으로 압출반응에 의하여 생산된 중합체의 결합방식에 대한 좀 더 세부적인 연구가 필요하다. 한편, Fig. 1에서 pH 변화에 따른 열처리에 의해서도 거의 점도가 변하지 않아, 매우 높은 열안정성을 보였다. 이는 각종 가공식품에의 적용이 매우 용이하다는 것을 의미한다. 이러한 식품학적인 측면 이외에도 생산된 소재는 비피도인자(bifidogenic factor)로서의 기능성도 나타내었다.

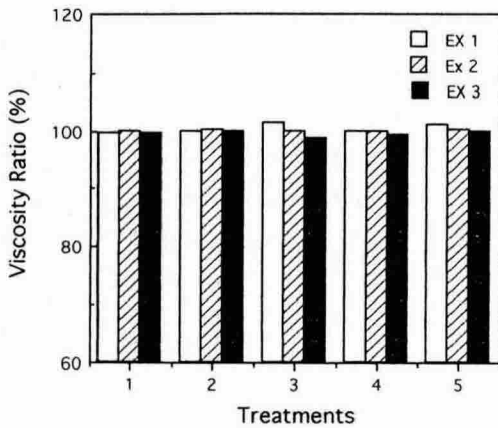


Fig. 1. Effect of Enzyme Treatments and Heating at Various pH on the Ratio of Initial Viscosity of 5% Solution to Viscosity after Treatments

1 amylase; 2 amyloglucosidase; 3 heating (pH 3.0, 1 hr); 4 heating (pH 7.0, 1 hr); 5 heating (pH 11.0, 1 hr)

4. 결 론

압출반응에 의하여 전분으로부터 식이섬유를 생산하는 것은 지금까지 여러 번 시도된 바 있다. 그러나 이 경우에는 저분자의 올리고당이나 수용성 식이섬유의 생산이 용이하지 않거나, 고분자의 전분을 사용하는데 따른 공정상의 어려움이 컸다. 본 연구에서는 이러한 단점을 보완하고 중합체 생산을 보다 용이하게 조절하기 위하여 포도당을 원료 물질로서 사용하였다. 또한 본 연구진은 포도당 이외의 당류에 대해서도 상기한 기술을 적용한 바 있다. 이러한 연구는 저자들의 문헌검색 결과 관련분야에서 처음 시도된 것으로 앞으로 산업적인 이용이 기대된다.

참 고 문 헌

1. Murray, P.R.: Polydextrose in "Low-Calorie Products", Elsevier Applied Science, New York, pp. 83-100 (1988)
2. Ohkuma, K.: Indigestible dextrin. European Patent Application 92402939.0. (1993)
3. 황재관, 김종태, 김철진: 압출반응에 의한 올리고당 및 식이섬유의 연속적 생산기술. 대한민국 특허 출원중 (1996)