

압출공정에 의한 농마의 건식열분해에 대한 연구

리광혁, 리순영

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《에너지와 철강재, 화학제품, 식량문제를 비롯하여 현시기 경제강국건설에서 관건적 의의를 가지는 문제들을 과학기술적으로 해결하는데 주되는 힘을 넣어야 합니다.》

농마와 그 변성유도체들은 우수한 접착특성으로 하여 축포탄, 활성탄, 종이공업을 비롯한 인민경제 여러 분야에서 고체분말재료들과 종이의 접착제로 그 수요가 높아지고있다. 세계적으로 농마유도체의 로화특성을 개선하고 찬물에 쉽게 풀리는 농마유도체를 개발하여 리용하기 위한 연구[1, 3]가 심화되고있다. 현재 우리 나라에서는 덱스트린계접착제를 수입에 의존하고있으며 일부 공장들에서 고온열분해에 의한 밤색덱스트린을 제조하여 리용하고있다.

우리는 스크류압출장치를 리용하여 농마로부터 덱스트린을 연속제조하기 위한 연구를 하였다.

실험 방법

압출장치에 의한 덱스트린의 제조 농마(감자농마, 공업순, 수분 13%, 10% 농마액의 pH 4.2, 립도 $200\mu\text{m}$)를 염산(0.2mol/L)용액과 2 : 1의 비로 약 20min동안(압출속도 110r/min) 혼합하고 방온도에서 1cm두께로 얇게 펴서 48h동안 말리워 수분함량이 10%정도 되게 건조시킨다. 다음 원료물질들을 갈아서 200메쉬체로 치며 4°C 에서 압출반응을 하기 전까지 보관한다.

압출장치는 직경이 100mm이고 매 스크류는 오른방향으로 돌아가며 가열장치가 설치되어있어 온도를 조종하게 되어있다. 압출기의 온도와 압출속도를 변화시키면서 덱스트린화공정을 연구하였다.(원료주입속도 3.5kg/min)

덱스트린화도(DE)결정[2] 환원당함량은 소모기-넬슨법으로 측정하였다. 표준시약으로 포도당용액($10\sim 100\text{g/mL}$)을 리용하였다.

DE(%)는 다음의 식으로 계산한다.

$$DE = \frac{\text{환원당함량}}{\text{전체 고체함량}} \times 100$$

유지시간(t_m)의 결정 압출장치의 압출속도와 온도가 일정한 조건에서 물감이 혼합된 원료물질로 만든 표식물질 200g을 먼저 주입구에 넣고 연속적으로 시료물질을 주입한다. 300s동안 물감물질이 육안상으로 발견되지 않을 때까지 15s간격으로 배출시료를 수집한다. 물감을 추출하기 위하여 1g의 시료를 19mL의 증류수에 풀고 진탕한 다음 25min동안 3 500r/min의 속도로 원심분리한다. 물감의 농도는 자외가시선분광광도계(《UV-2201》)를 리용하여 529nm에서의 흡광도를 측정하여 결정한다.(측정을 3번 반복하여 평균값을 취함)

실험결과 및 해석

덱스트린화에 미치는 반응온도와 압출속도의 영향 압출속도는 35~70r/min으로, 반응온도는 125, 130, 135℃로 변화시키면서 성형한 제품의 DE를 평가하였다.(표 1, 그림 1)

표 1. 각이한 압출속도와 반응온도에서의 덱스트린화(DE)

온도/℃	압출속도(회전수)/(r·min ⁻¹)				
	35	45	55	65	70
125	0.21	2.75	3.75	3.88	5.40
130	1.5	2.78	3.54	4.30	5.41
135	6.76	7.00	7.71	8.48	8.30

표 1에서 보는바와 같이 같은 온도에서 압출속도가 증가하는데 따라 DE는 증가하였다. 그것은 압출속도가 증가할수록 자름응력이 높아져 농마의 분해가 더 잘 일어나기 때문이다. 한편 135℃에서는 125℃와 130℃에서보다 압출속도가 증가함에 따라 DE가 크게 증가하지 않았다. 이것은 높은 온도에서 낮은 온도에서보다 자름응력변화가 뚜렷하지 않다는 것을 보여준다.

또한 일정한 압출속도에서 온도를 125℃로부터 130℃로 증가시킬 때 DE의 변화가 크지 않지만 135℃에서는 크게 나타났다. 이것은 125℃와 130℃에서 거의나 같은 열분해효과를 나타내며 135℃에서는 열분해효과가 보다 크게 나타난다는 것을 말해준다. 이로부터 덱스트린화에 효과적인 온도는 135℃이며 압출속도는 65r/min이라는 것을 알 수 있다.

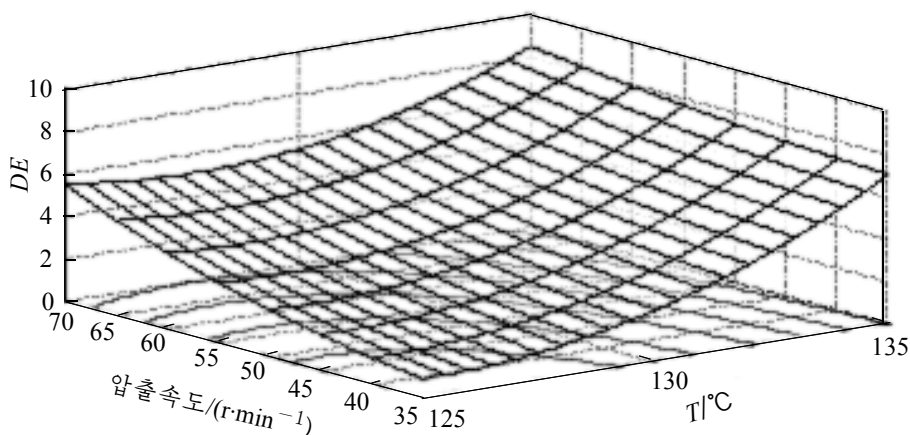


그림 1. 압출속도와 반응온도에 따르는 DE변화

그림 1에서 보는바와 같이 DE는 압출속도와 반응온도를 다같이 높일 때 최대로 얻어진다는 것을 알 수 있다.

유지시간에 미치는 반응온도와 압출속도의 영향 유지시간 t_m 은 원료물질이 반응기에 체류하는 시간으로서 압출공정에 의한 농마의 열분해에 큰 영향을 준다.

각이한 압출조건에서의 유지시간은 표 2와 같다.

표 2. 각이한 압출조건에서의 유지시간(s)

온도/°C	압출속도(회전수)/(r·min ⁻¹)				
	35	45	55	65	70
125	85.2	67.3	45.7	34.7	34.8
130	86.2	71.1	55.9	34.7	36.4
135	84.5	73.9	54.9	37.4	41.0

표 2에서 보는바와 같이 유지시간은 압출속도가 증가하는데 따라 짧아졌으며 온도가 증가하는데 따라 약간씩 증가하였다. 이것은 높은 온도에서 일부 농마알갱이들이 부분적으로 녹으면서 유지시간을 증가시키기때문이라고 볼수 있다. 그리고 압출과정의 유지시간은 전통적인 로에서의 반응시간(대체로 2h정도)에 비하여 매우 짧다.

유지시간에 따르는 DE변화는 그림 2와 같다.

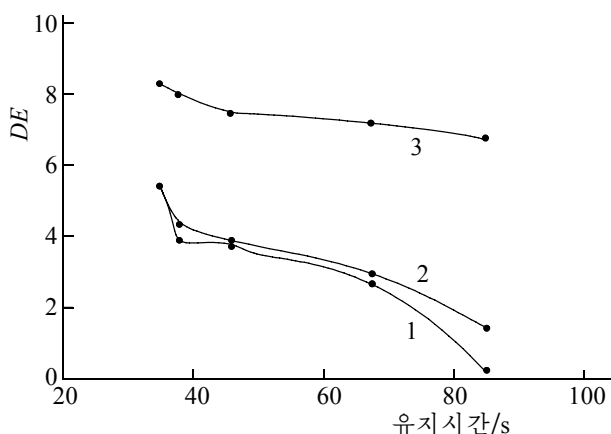


그림 2. 유지시간에 따르는 DE변화
1-3은 온도가 각각 125, 130, 135°C인 경우

그림 2에서 보는바와 같이 유지시간이 증가하는데 따라 DE는 감소하였다. 이것은 압출속도가 증가할 때 보다 큰 자름응력이 생겨 농마의 열분해반응(덱스트린화)이 더 잘 진행되기때문이다. 그리고 낮은 온도에서 유지시간에 따라 DE가 급격히 감소하였는데 이것은 낮은 온도(125°C)에서 분해반응이 높은 온도(135°C)에서보다 자름응력의 영향을 세게 받기때문이다.

결과적으로 농마의 열분해반응은 자름응력보다 온도의 영향을 더 세게 받는다는것을 알 수 있다.

맺 는 말

압출공정에 의한 농마의 건식열분해과정에 대한 연구를 진행하고 덱스트린화에 미치는 압출속도와 온도의 영향과 유지시간을 고찰하였다.

농마의 덱스트린화는 압출속도와 반응온도가 높을수록 높아진다. 유지시간은 34.7~86.2s에서 변하며 압출속도가 클수록 짧아진다. 그리고 압출공정은 덱스트린의 연속제조에 효과적이다.

참 고 문 헌

- [1] Junliang Sun et al.; *Molecules*, **15**, 5162, 2010.
- [2] L. M. Marchal et al.; *Trends Food Sci. Technol.*, **10**, 345, 1999.
- [3] C. M. L. Franco et al.; *Int. J. Biol. Macromol.*, **118**, 1346, 2018.

주체108(2019)년 4월 5일 원고접수

On Dry Pyrolysis of Starch by Extrusion Process

Ri Kwang Hyok, Ri Sun Yong

We studied the dry pyrolysis of starch by extrusion process, considered the effects of the extrusion speed and the temperature on the dextrinization and the retention time.

Key words: starch, dextrin, extrusion process