

밀리타리스 동충하초 압출성형시 Die 형상이 물리화학적 성질에 미치는 영향

Effect of Die Dimensions of Twin-Screw Extrusion on the Physicochemical Properties of *Cordyceps militaris*

김용훈*

정희원

Y. H. Kim

강위수*

정희원

W. S. Kang

1. 서론

압출성형이란 재료가 barrel 내부에서 screw의 조합에 따라 혼합, 분쇄, 용융되어 유동성이 형성된 상태의 압출물을 Die를 통해 원하는 제품으로 성형하는 것이다.

Die는 견인흐름(drag flow)에 대해 저항하고 원료의 혼합, 층밀림에 기여하는 압력 흐름의 형태를 결정하는 중요한 역할을 한다. Die의 형상은 압출물의 팽화되는 방향(Radial, Axial, Overall expansion)과 조직(texture)특성을 결정하는데 많은 영향을 끼친다.

Die의 형태는 결정하는 요인은 개구면적(open area), 길이(length), 지름(diameter), 인입각(taper angle)으로 구분된다. 개구면적이 감소되면 체류시간이 증가되고 압력이 증가하여 팽화율이 증가하고, 인입각이 증가하면 Die 압력이 증가함에 따라 팽화율이 증가한다. 또한 Die의 L/D비에 따라 제품의 길이와 표면 거칠기가 결정된다.

Harper & Tribelhorn(1992)은 옥수수 압출물의 팽화도 연구에서 Die의 기하학적 모형은 팽화에 많은 영향을 준다고 보고하였으며, Chinnaswamy & Hanna (1987)은 옥수수전분을 이용한 single-screw extruder에서 Die의 L/D비가 3.4까지 증가하면 팽화율이 증가하지만, 더 많이 증가하면 팽화율은 감소한다는 결과를 얻었다.

본 연구에서는 밀리타리스 동충하초 압출성형시 extruder의 일정한 조건하에서 Die의 지름, 길이, L/D비, 인입각에 변화를 주어 압출성형된 제품에 미치는 Radial, Overall, Axial expansion과 SME의 영향을 알아보려고 하였다.

2. 재료 및 방법

Sample preparation

강원대학교 동충하초 은행에서 제공한 12.8% 함수율의 밀리타리스 동충하초 가루를 사용하였으며, 압출성형시 함수율은 24.5%로 유지하였다.

* 강원대학교 농업생명과학대학 농업공학부

Extrusion process

동방향 완전맞물림형 이축 압출성형기(Co-rotating intermeshing type twin-screw Extruder, HanKOOK E.M Ltd., Korea)를 사용 하였으며, 지름이 32mm, L/D비가 32:1인 barrel을 사용하였다. 투입량은 17.97kg/h, barrel의 온도와 screw 회전속도는 각각 120℃, 250rpm으로 일정하게 유지하였다.

Experimental design

Die의 지름(D), 길이(L), L/D비와 인입각(2a)을 변화시켜 팽화율과 SME에 미치는 영향을 측정하였으며, 각 실험에 사용한 Die의 조건은 표.1과 같다.

Table1. Dimensions of the Die used in each experiment

diameter			length			L/D ratio			angle		
D (mm)	L (mm)	L/D	D (mm)	L (mm)	L/D	D (mm)	L (mm)	L/D	D (mm)	L (mm)	angle (2a)
2	10	5	3	2	0.67	3	2	0.67	3	10	30
3	10	3.33	3	5	1.67	3	5	1.67	3	10	45
4	10	2.5	3	10	3.33	4	10	2.5	3	10	60
			3	15	5	3	10	3.33	3	10	75
			3	20	6.67	3	15	5	3	10	90
			3	30	10	3	20	6.67			
						3	30	10			

Expansion ratio

압출물의 팽창율은 Radial, Overall, Axial expansion으로 구분하여 측정하였다.

$$\text{Radial expansion} = \frac{D_{ex}^2}{D_{die}^2} = \frac{\text{압출성형물지름}^2}{\text{Die지름}^2}$$

$$\text{Overall expansion} = \frac{\text{Bulk density}}{\text{Solid density}} = \frac{\text{산물밀도}}{\text{진밀도}}$$

$$\text{Axial expansion} = \frac{\text{Radial expansion}}{\text{Overall expansion}}$$

SME(Specific Mechanical Energy)

압출성형기의 원료 투입 시 전력과 공회전시 전력의 차와 생산량의 비로 계산하였다.

$$SME = \frac{\text{원료투입시 전력}(W_1) - \text{공회전시 전력}(W_0)}{\text{생산량}(kg/h)} \quad (\text{Wh/kg})$$

3. 결과 및 고찰

Die 지름, 길이, L/D비, angle에 따른 Radial, Axial, Overall expansion과 SME의 그래프를 그림1-4에 나타내었다.

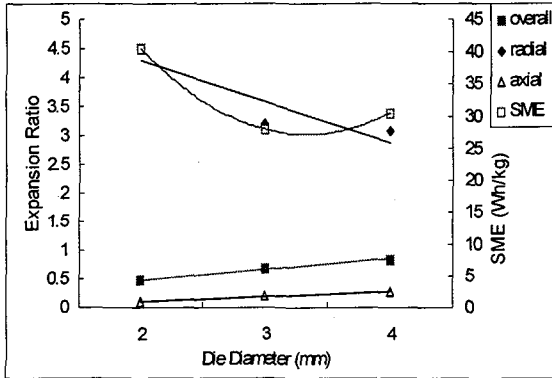


Fig1. Effect of die diameter on expansion properties and SME values.(L=10mm)

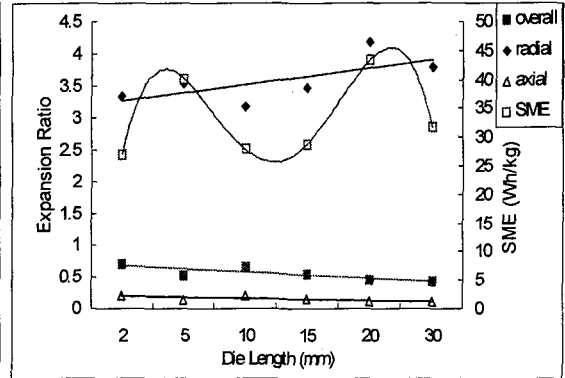


Fig2. Effect of die length on expansion properties and SME values.(D=3mm)

Die의 지름이 팽화율과 SME에 미치는 영향을 조사한 결과는 그림1과 같았다. Die의 길이를 10mm로 일정하게 유지하고 지름을 2에서 4mm로 증가시켰을 때 Radial expansion은 4.5에서 3.1로 감소하였다. Axial expansion은 0.1에서 0.27로 Overall expansion은 0.46에서 0.83으로 증가하였다. Die 지름의 변화는 Radial expansion에 큰 영향을 주고 있다는 것을 알 수 있다. Die 지름이 증가 할수록 Die에 가해지는 압력이 감소함으로써 SME 값이 40.44에서 30.48로 감소하였음을 알 수 있다.

Die의 길이가 팽화율과 SME에 미치는 영향을 조사한 결과는 그림2와 같다. Die 지름을 3mm로 일정하게 유지하고 길이를 2에서 30mm로 증가시켰을 때 Radial expansion은 3.34에서 3.81로 증가하였다. 반면에 Overall과 Axial expansion은 일정하게 감소하였지만 큰 영향을 미치지 못하는 못하였다. SME는 26.9에서 43.4사이의 값을 나타내었다.

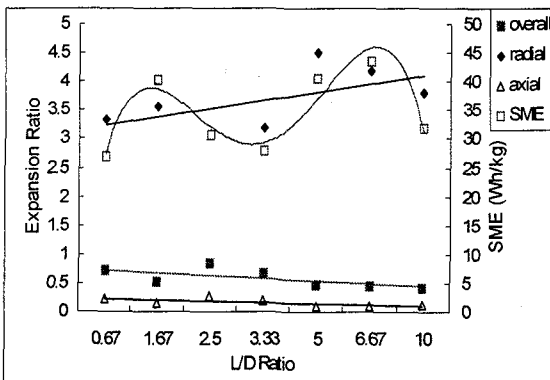


Fig3. Effect of die L/D ratio on expansion properties and SME values.

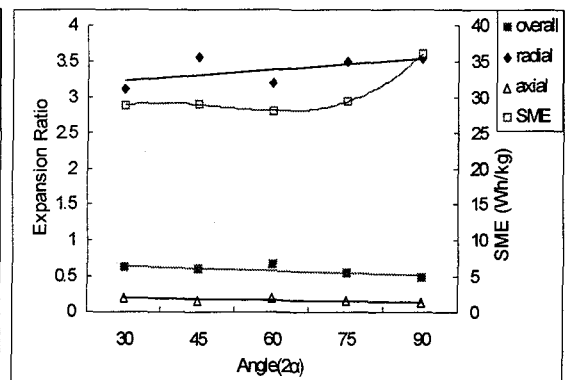


Fig4. Effect of die angle on expansion properties and SME values.(D=3,L=10mm)

Die의 L/D비가 팽화율과 SME에 미치는 영향을 그림3에 나타내었다. Die의 L/D비를 0.67에서 10으로 증가시켰을 때 팽화율은 3.34에서 3.80으로 증가하는 경향을 보였고, L/D비가 5일 때 팽화율이 4.51로 가장 크게 나타났으며, L/D비가 5이상일 때는 팽화율이 감소했다. Overall expansion은 0.71~0.43, Axial expansion은 0.21~0.11로 감소하였으나 큰 영향을 주지는 못하였다. SME는 26.9에서 43.4사이의 값을 보여주고 있다.

Die의 인입각이 팽화율과 SME에 미치는 영향을 그림4에 나타내었다. Die의 지름을 3mm로 길이를 10mm로 일정하게 유지하고 인입각을 30에서 90°로 변화시켰을 때 Radial expansion은 3.12에서 3.54로 증가하였다. Axial, Overall expansion, SME는 인입각의 영향을 받지 않았고, 각각 0.18, 0.57, 30.24의 평균값을 나타내었다.

4. 요약 및 결론

밀리타리스 동충하초 압출성형시 Die의 지름, 길이, L/D비, 인입각의 변화에 따라 Radial, Overall, Axial expansion과 SME의 변화를 조사하였다.

1. Die의 Dimensions의 변화에 따라 Radial expansion에겐 큰 영향을 주었으나, Axial, Overall expansion은 크게 변화하지 않았다.
2. Die의 길이를 10mm로 일정하게 유지하고 지름을 2~4mm로 증가 시켰을 때 Radial expansion은 4.5~3.1로 감소하였으며, Axial, Overall expansion은 증가하는 경향을 보였다.
2. Die의 지름을 3mm로 일정하게 유지하고 길이를 2~30mm로 증가 시켰을 때 Radial expansion은 3.34~3.81로 증가하였다. Axial, Overall expansion감소하는 경향을 보였다.
3. Die의 L/D비를 0.67~10으로 증가 시켰을 때 Radial expansion은 3.34~3.80으로 증가하였으며 Axial, Overall expansion감소하는 경향을 보였다.
4. Die의 인입각을 30~90°로 증가시켰을 때 3.12에서 3.54로 증가하였으며 Axial, Overall expansion은 각각 0.18, 0.57의 평균값을 나타냈다.
5. SME는 Die의 지름이 증가하면 감소하였다.
그러나 Die 길이가 증가하면 증가하는 경향을 보였다.
6. Die 지름이 짧고 길이가 길수록 Radial expansion이 증가함을 알 수 있다.

5. 참고문헌

1. Akhilesh Gautam. 1998. Screw Configuration Effects During Twin-Screw Extrusion of Starchy and Proteinaceous Materials.
2. A. S. Sokhey, Y. Ali & M. A. Hanna. 1997. Effects of Die Dimensions on Extruder Performance. Journal of Food Engineering. 31 : 251-261
3. Ji-Zhao Liang. 1995. Effect of the die angle on the extrusion swell of rubber compound. Journal of Materials Procession Technology 52 : 207-212
4. Deo. Indrani. 2001. Investigation of Flow of Food Materials in Extrusion Dies.