

밀 압출성형시 Die 형상이 물리적 성질에 미치는 영향

Effect of Die Dimensions of Twin-Screw Extrusion on the Physical Properties of *Triticum aestivum*

김용훈* 강위수*
정회원 정회원
Y. H. Kim W. S. Kang

1. 서론

식품산업에서 다양한 형상의 제품을 생산하기 위한 die 제작 기술이 요구된다. 재료가 die에서 압출될 때 조직화 또는 팽화되어 제품의 형태가 결정되고 여러 형상의 제품을 가공할 수 있다. 압출성형에 있어서 die의 종류는 매우 많으며, die는 제품의 형태에 커다란 영향을 미치게 된다. 압출물의 품질은 원재료, 설계 변수 그리고 운전조건에 의해 좌우된다. die는 압출물의 흐름율을 조절하는 밸브 역할과 압출물의 품질에 영향을 주는 중요한 요인 중의 하나이다.(An-I. Yeh & J.-H. Hwang, 1995)

screw의 구조뿐 만아니라 die의 구조에 따라 barrel 내부에서의 물질의 체류시간 및 충전도 등이 변한다. die를 통과하는 물질의 흐름저항에 따라 die의 압력분포가 달라지기 때문에 die의 이해가 필요하다.(강창원, 김종태, 류기형, 배승철, 오영일, 이승주, 한백수, 2005)

die는 압출기에서 나오는 고분자 용융체를 연속적으로 원하는 형태의 모양으로 만들어주는 역할을 한다. 생산성이 높은 상태에서 일정한 압출량과 안정성을 얻을 수 있으면 좋은 die라고 볼 수 있다.

본 연구에서는 밀 압출성형시 die의 지름, 길이, L/D비의 변화를 주어 밀 압출성형시 Radial, Overall, Axial expansion, Pressure 그리고 SME의 변화를 알아보고자 하였으며, 팽화율을 조절함으로써 다양한 모양의 스넥을 만들 수 있는 기술을 개발하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

Sample preparation

밀 원재료를 사용하여 분쇄하여 압출성형시 metering pump를 사용하여 20%의 함수율로 조절하여 실험하였다.

Extrusion process

screw 지름이 32mm, L/D비가 32:1인 동방향 완전맞물림형 이축 압출성형기(Co-rotating intermeshing type twin-screw Extruder, HanKOOK E.M Ltd., Korea)를 사용하였다. 원료 투입량은 19.20kg/h, barrel의 온도는 180℃로 screw 회전속도는 400rpm으로 일정하게 유지하였다.

* 강원대학교 농업생명과학대학 농업공학부

Experimental design

die의 지름(D), 길이(L), L/D비를 변화시켜 팽창율, SME와 압력에 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		
D(mm)	L(mm)	L/D	D(mm)	L(mm)	L/D	D(mm)	L(mm)	L/D
2	10	5	3	2	0.67	3	2	0.67
3	10	3.33	3	5	1.67	3	5	1.67
4	10	2.5	3	10	3.33	4	10	2.5
			3	15	5	3	10	3.33
			3	20	6.67	3	15	5
			3	30	10	3	20	6.67
						3	30	10

Expansion ratio

압출물의 팽창율은 Radial, Overall, Axial expansion으로 구분하여 측정하였다.

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

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

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

SME(Specific Mechanical Energy)

비기계적 에너지 투입량은 원료가 투입되어 압출성형기를 통과할 때, 원료의 단위 질량당 소비된 전기에너지(electrical energy)로 나타내었다. 즉 원료투입시의 전력(electrical power)에서 모터 공회전시의 전력을 감한 실제 원료에 투입된 전력이다. 비기계적 에너지 투입량의 계산식은 다음과 같다.

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

3. 결과 및 고찰

Die 지름, 길이, L/D비에 따른 Radial, Axial, Overall expansion의 그래프를 그림1-3에 나타내었다.

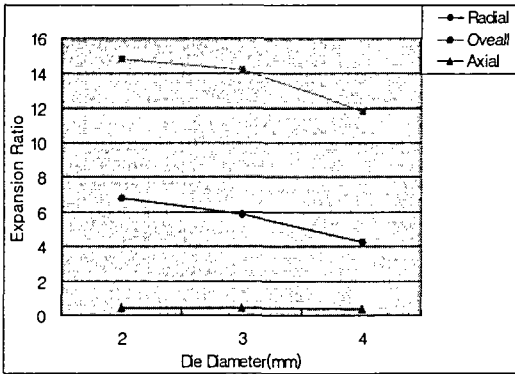


Fig 1. Effect of die diameter on expansion properties.(L=10mm)

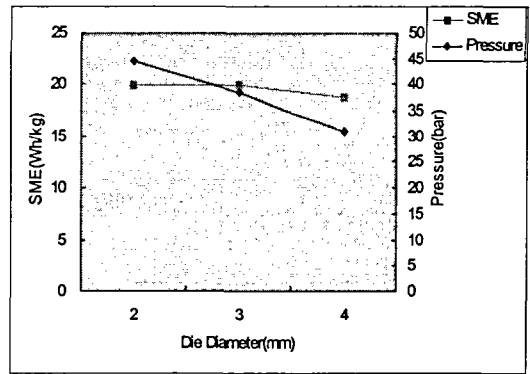


Fig 2. Effect of die diameter on pressure and SME values.(L=10mm)

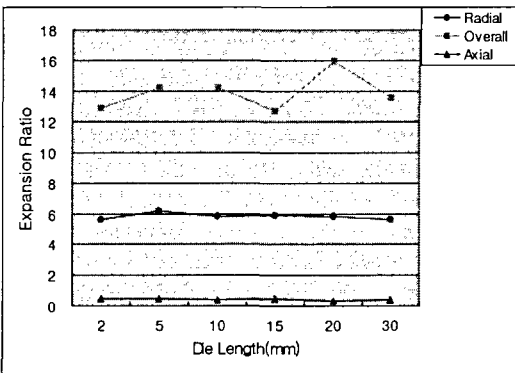


Fig 3. Effect of die length on expansion properties.(D=3mm)

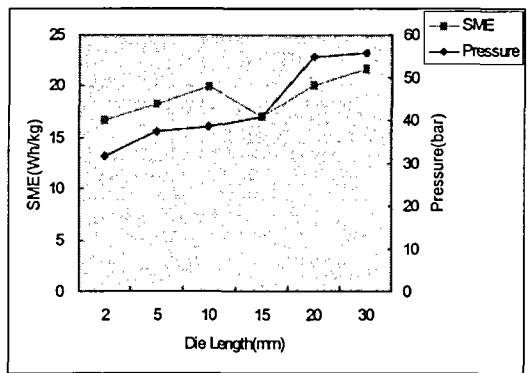


Fig 4. Effect of die length on pressure and SME values.(D=3mm)

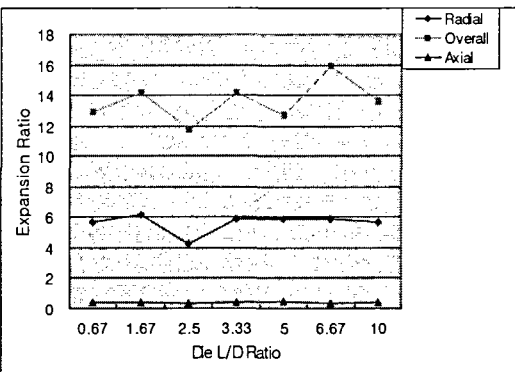


Fig 5. Effect of die L/D ratio on expansion properties.

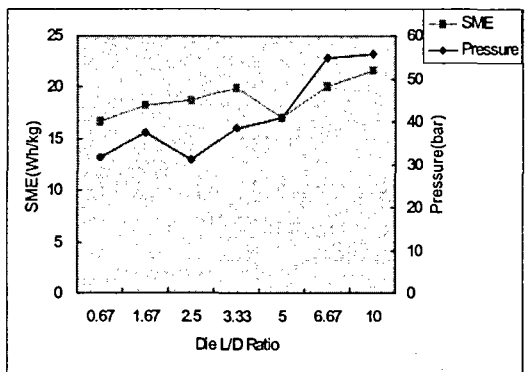


Fig 6. Effect of die L/D ratio on pressure and SME values.

die 길이를 10mm로 일정하게 유지하고 지름을 2~4mm로 변화시켰을 때, 팽화율, 압력과 SME의 변화를 그림 1, 2에 나타내었다. Overall과 Radial expansion은 die 지름이 증가할수록 감소하였다. Axial expansion은 평균 0.41로 일정한 값을 나타내었다. die의 지름의 변화가 Radial과 Overall expansion에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

die 지름을 3mm로 일정하게 유지하고 지름을 2~30mm로 변화시켰을 때, 팽화율, 압력과

SME의 변화를 그림 3, 4에 나타내었다. Overall expansion은 12.88~13.56으로 증가하였으나, Radial, Axial expansion은 각각 5.86, 0.42로 일정한 값을 나타내었다.

die L/D비가 팽화율에 미치는 영향을 조사한 결과를 그림 5, 6에 나타내었다. Overall expansion은 12.9~13.55로 증가하는 경향을 보였고, Radial, Axial expansion은 각각 5.77, 0.42의 일정한 값을 나타내었다.

4. 요약 및 결론

밀 압출성형시 die의 지름, 길이, L/D비의 변화에 따른 Radial, Overall, Axial expansion, 압력과 SME의 변화를 조사하였다.

① die의 지름이 증가할수록 die에 받는 압력이 작아져 팽화율과 SME값이 낮아진다는 것을 알 수 있다.

② die 길이를 증가시켰을 때 압력은 30~55bar로 증가하였고, 압력의 증가에 따라 SME, Overall expansion도 증가하는 경향을 보였으나, Radial, Axial expansion은 크게 영향을 받지 못하고 일정한 값을 나타내었다. 실험에서 사용한 die의 길이가 밀 압출성형에 있어서 크게 영향을 주지 못한 것으로 생각된다.

③ die의 L/D비를 증가시켰을 때 압력은 31.5~55.7로 증가하였다. 압력이 증가함에 따라 SME, Overall expansion은 증가하는 경향을 보였다. 그러나 Radial, Axial expansion은 영향을 받지 않았다.

5. 참고문헌

1. A. S. Sokhey, Y. Ali & M. A. Hanna. 1997. Effects of Die Dimensions on Extruder Performance. *Journal of Food Engineering*. 31 : 251-261
2. Ji-Zhao Liang. 1995. Effect of the die angle on the extrusion swell of rubber compound. *Journal of Materials Processing Technology* 52 : 207-212
3. An-I, Yeh & J.-H. Hwang. 1995. The Effect of Die Shape on Velocity Profile of Extrudate Using a Single-screw Extruder. *Journal of Food Engineering* 25 : 209-222
4. 류기형, S. J. Mulvaney. 1997. 탄산가스 주입에 의한 유제품 강화 옥수수 압출성형물의 성질과 기계적 에너지 투입량의 분석. *Korean J. Food SCI. Technol.* Vol. 29, pp. 947~954.
5. 김창원, 김종태, 류기형, 배승철, 오영일, 이승주, 한백수. 2005. 압출성형 사료공학. 문운당