

밀리타리스 동충하초의 압출성형시 스크류조합과 공정변수에 따른 물리적 성질의 변화

Effect of Screw Configuration and Process Variables of Twin Screw Extruder on Physical Properties of *Cordyceps militaris*

이지훈* 강위수*
정회원 정회원
J. H. Lee W. S. Kang

1. 서론

압출성형기는 단시간 고온처리 뿐만 아니라 고압 및 강한 전단력을 동반하여 혼합, 절단, 파쇄, 가압, 성형, 팽화, 건조, 살균 등의 공정을 행할수 있는 다목적 식품기계이다.

압출성형기 중 동방향 이축압출성형기는 일정한 전단속도, 온도분포, 체류시간의 용이한 조절 및 여러 형태의 스크류를 조합하여 생산 목적에 맞는 다양한 품질의 제품을 생산할수 있다는 장점이 있어 최근 식품공정에 많이 사용되고 있다.

압출성형의 설계목표가 정해지면 그것은 스크류설계의 목표가 되며 최종 제품의 품질과 용도에 따라 스크류 조합은 중요한 요인이 된다. 스크류 조합은 스크류의 종류, 길이와 위치등에 의해 변화시킬수있다. 특히 이송스크류와 혼합스크류(kneading screw, reverse screw)를 다양한 형태로 조합하여 사용함으로써 높은 혼합능력과 처리능력을 가지게 된다.

Kneading screw는 drag flow, pressure flow 그리고 cross channel flow가 공존하는 구간을 형성시키며 paddle과 바렐 벽면 사이의 전단력에 의하여 강력한 반죽 및 파쇄효과를 얻을수 있다. 또한 paddle이 이루는 각을 변화시켜 목적에 맞는 혼합, 분산력의 조합을 구성할수 있다. kneading screw와 reverse screw를 조합한 경우 최대의 전단력을 얻어내어 밀리타리스 동충하초 같은 고섬유질의 단단한 조직을 효율적으로 이완시킬 수 있다.

본 연구에서는 밀리타리스 동충하초를 원료로 하여 압출성형 할 때 이송스크류와 혼합스크류를 조합한 low-shear, high-shear의 스크류 배열과 공정변수(스크류 회전속도, 수분함량)에 따른 반응변수(압력, 온도, 생산량, SME, 팽화도)의 변화를 측정하였다.

2. 재료 및 방법

강원대학교 동충하초 은행에서 수집된 밀리타리스 동충하초 원시료를 사용하였다.

Table 1. Composition of *Cordyceps militaris*(%)

Cordyceps militaris	일반 성분					지상성분	
	수분	지방	조단백질	탄수화물	회분	포화	불포화
	10.84	8.4	25.32	28.9	4.1	13	82.2

* 강원대학교 농업생명과학대학 농업공학부

가. Extrusion

동방향 완전맞물림형 이축 압출성형기(Co-rotating intermeshing type twin-screw Extruder, HanKOOK E.M Ltd., Korea)로서 L/D의 비가 32 : 1이고 8개의 section의 barrel 로 구성되어 있으며, 각각의 온도는 다이로부터 120, 110, 100, 90으로 조절하였다. 원료투입 량은 18kg/hr로 일정하게 하였으며, 다이의 L/D비는 7 : 1이고 지름이 3mm인 원형 타입을 사용하였다.

각각의 스크류 조합에 따라 스크류 회전속도(200-250rpm)와 함수율(25-30%)을 변화시켰으며 압출성형시 사용한 low-shear(type.1), high-shear(type2) screw 조합 및 배열은 그림1., 표 2. 와 같다.

나. 압력/온도

압출성형기가 안정된 상태에 이른 후, DEWE soft program을 이용하여 최대, 최소, 평균 값을 계산하며, 그 편차를 그래프로 표현하였다.

다. 팽화율

압출성형물의 지름과 다이사출구의 지름비로 나타내었다.

라. SME(비기계적 에너지 투입량)

원료가 투입되어 압출성형시 원료의 단위 질량당 소비되는 전기에너지로 나타내었다.

$$= \frac{\text{원료투입시 전력} - \text{공회전시의 전력}(W)}{\text{생산량}(kg/hr)} \quad (Wh/kg)$$

마. 생산량(kg/hr)

1분동안 생산되는 압출물의 양을 5회 측정하여 평균값으로 정한다.

바. 통계처리

실험결과는 SAS(Statistical Analysis System)프로그램을 이용하여 처리하였고, 다중회귀 방정식에 의하여 스크류 회전속도, 수분함량에 대한 반응표면곡선을 구하였다.

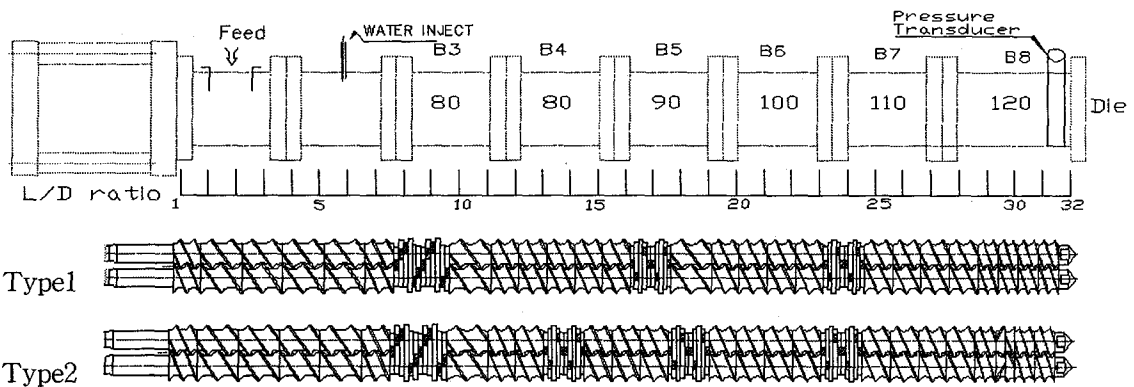


Fig. 1. Layout of extruder showing temperature profile in each of the barrel sections and Screw configuration

Table 2. Screw configuration showing location of conveying, kneading and reverse screw

Profile of conveying, kneading and reverse screw(length/number)															
1	KB/30			KB/45			KB/90								
	48/4 ^F	33/1 ^F	2/33	48/1	33/4	2/24	48/1	33/4	2/24	33/4	24/4				
2	KB/30			KB/45			KB/45			KB/90			RSE		
	48/4 ^F	33/1 ^F	2/33	48/1	33/2	2/24	33/3	2/24 ^{LH}	33/4	2/24	33/4	24/1	11/1	11/1	24/2

F : Feed Screw KB : Kneading Block LH : Left Hand RSE : Reverse Screw Element
 KB/stagger angle(°)/number/length RSE/length/number Pitch : Length/2

3. 결과 및 고찰

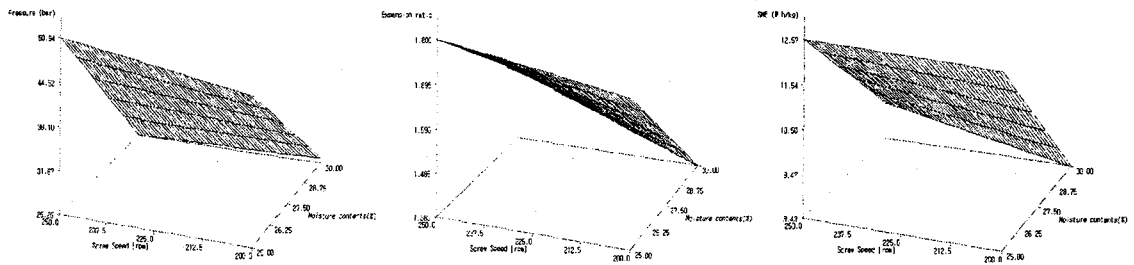
가. 압력

스크류 조합, 스크류 회전속도 및 수분함량에 따른 압력의 변화는 그림.2-(a)와 같다. Low-shear(type.1)는 스크류 회전속도와 수분함량이 증가할수록 압력은 감소하는 경향을 나타내었고, high-shear(type.2)인 경우 수분함량이 증가할수록 압력은 떨어졌으나 스크류 회전속도가 증가함에 따라 압력은 감소하였다. RSE의 조합에 의한 충전률의 증가와 KB의 강한 전단력에 의한 SME증가로 점성이 급격히 낮아지고 유동성이 증가되어 압력이 떨어짐을 알 수 있었다.

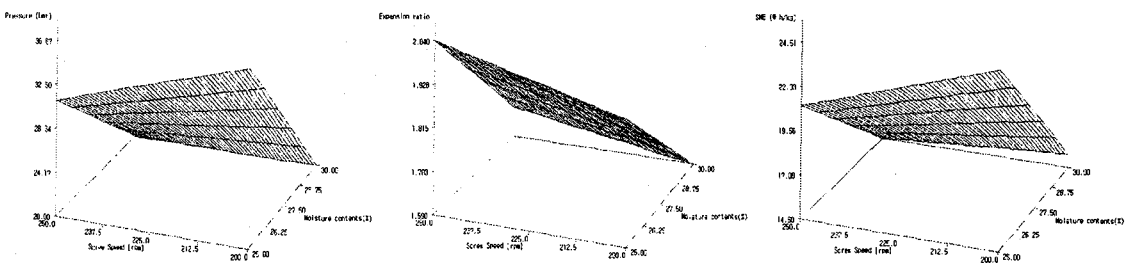
나. 팽화도

스크류 조합, 스크류 회전속도 및 수분함량에 따른 팽화도의 변화는 그림.2-(b)와 같다. Low-shear와 high-shear는 수분함량이 감소할수록 스크류 속도가 증가할수록 팽화도는

Low-shear(type.1)



High-shear(type.2)



(a)Pressure

(b)Expansion

(c) SME

Fig. 2. Response surfaces of screw speed and moisture contents on the process variables

증가하는 비슷한 경향을 보였다. High-shear인 경우 스크류회전속도 250rpm, 수분함량 25% 일때 팽화도 2.04의 최고점이 나타났다.

다. SME

스크류 조합, 스크류 회전속도 및 수분함량에 따른 SME의 변화는 그림.2-(c)와 같다. Low-shear와 high-shear는 수분함량이 증가할수록 감소하였으며, 스크류 회전속도에 대해서는 high-shear은 감소하는 반대적인 경향을 보였다. 스크류 회전속도의 증가와 강한 전단/분산력에 의해 점성이 낮아짐에 따라 소요되는 에너지가 감소되는 것으로 해석된다.

Table 3. Effective screw configuration and process variables on SME and quality

Type	No.	Screw Speed	Moisture (%)	Pressure (bar)	Temperature (°C)	Throughput (kg/hr)	SME (Wh/kg)	Expansion
Low Shear	1	200	25	47.68	105.03	18.43	12.48	1.73
	2	200	30	26.07	94.77	20.23	8.43	1.38
	3	250	25	50.94	105.87	20.07	12.57	1.80
	4	250	30	25.25	97.24	20.17	9.30	1.55
High Shear	5	200	25	36.37	99.98	17.72	24.51	1.91
	6	200	30	19.99	102.21	18.81	15.39	1.59
	7	250	25	30.99	103.91	17.87	20.92	2.04
	8	250	30	20.06	101.82	19.82	14.60	1.67

4. 요약 및 결론

밀리타리스 동충하초 압출성형시 스크류 조합을 달리한 실험에서 스크류 회전속도와 수분 함량에 따른 변수의 측정값은 표4에 나타내었다.

- 1) 수분함량의 증가는 물질 점도의 감소와 유동성의 증가로 압력이 감소하며 제품의 수분은 증가하나 팽화도는 감소하는 것으로 나타났다.
- 2) 스크류 회전속도의 증가는 압력, SME와 팽화도에 영향을 주었다.
- 3) High-shear인 경우 강한 전단, 분산력과 체류시간의 증가에 의해 점성이 낮아지고 유동성이 증가하여 적은 소요동력(SME), 낮은 압력으로도 최대 팽화도를 얻을 수 있었다.
- 4) 스크류 조합 및 스크류 회전속도, 수분함량은 압출성형제품에 많은 영향을 주었으며 high-shear인 경우 스크류 회전속도 250rpm, 수분함량 25%일때 팽화도가 최대로 나타났다.

5. 참고문헌

1. N.D.FRAME. 1999. The Technology of Extrusion Cooking
2. 김종태, 황재관, 조성자, 김철진, 김해성. 1995. 이축압출성형 공정에 의한 밀기울의 물리 화학적 변형. KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL. 27(3) : 404~413
3. G. S. Choudhury, A. Gautam. 1998. Comparative study of mixing elements during twin-screw extrusion of rice flour. Food Research International. 31(1). 7~17
4. 김동은, 성재모, 김태웅, 심태흠, 양승기, 강위수. 2003. 동방향 이축압출성형기를 이용한 붉은자루 동충하초 가공 연구. 강원대학교 농업과학 연구소