

이축 압출 성형기의 스크류 회전속도와 온도가 인삼의 물리적 성질에 미치는 영향

Effect of Screw Speed and Temperature of Twin Screw Extruder on Physical Properties of Ginseng

김동은* · 이범구** · 박철호*** 강위수*

정희원,

정희원

D. E. Kim B. G. Lee C. H. Park. W. S. Kang

1. 서 론

인삼은 오래전부터 한약처방에 중요한 약재로 사용되어 왔으며 여러 가지 약리적 효능을 가지므로 최근에는 건강식품 소재로서 널리 이용되어지고 있다. 수분함량 75% 내외의 채굴된 원상태인 수삼은 장기간 보존이 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 수삼을 증기로 찌고 건조하는 과정을 거치면서 수분의 양을 14% 이하로 감소시켜서 오래도록 보관이 가능한 홍삼을 만들고 있는데 이 방법은 고온에서 장시간 동안 인삼을 처리해야하므로 비경제적이다. 그러므로 단시간 내에 이들 인삼을 가공할 수 있는 기술이 요구되어지고 있다.

이러한 방법 중의 하나로 압출성형이 연구되어지고 있는데 압출성형기는 바렐 내에 장치된 스크류를 회전시킴으로서 한 공정에서 섬유를 열처리하고, 혼합하고, 분리하고, 압착하고, 배열하고, 팽창시키고, 성형시킬 수 있는 연속 생산기술로서 단시간 내에 인삼을 가공 처리할 수 있다. 이중 제품의 밀도와 팽화율에 영향을 주는 열처리는 인삼 내에 존재하는 전분, 펙틴, 헤미셀룰로스등을 호화시킴으로서 수용성 식이 섬유의 함량을 증가 시킬 수 있다. 또한 압력, 비기계적에너지값(SME) 등에 영향을 주는 스크류의 회전속도는 강한 전단력을 발생시켜 인삼의 세포벽을 와해시켜서 세포벽 내에 존재하는 유효추출물을 용이하게 용출시켜서 인삼의 약리효과를 향상 시킬 수 있다. 그러나 압출성형중 이들 요소들의 변화가 인삼의 물성에 어떠한 영향을 미치는 지는 많이 연구되어지지 않았다.

본 연구에서는 압출성형기의 온도(100~140℃)와 스크류 회전속도(150~250rpm)의 변화가 압력, 압출물 밀도, 팽화율, 부피 증가값에 미치는 영향을 분석하였으며 반응표면분석법을 이용하여 회기 분석하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험재료

수삼은(raw ginseng)는 6년근으로 강원인삼 농협에서 수집하였다. 함수율이 68.83%,w.b인 원재료를 원적외선 건조기로 건조 후 초미분쇄기로 분쇄하여 분말로 만들었다.

*강원대학교 농업생명과학대학 농업공학부, ** 강원대학교 청강제지기술 연구소

*** 강원대학교 농업생명과학대학 생명공학부

나. 압출 성형 공정

본 연구에 사용한 압출 성형기는 동방향 완전 맞물림형 이축 압출 성형기(HANKOOK E.M Ltd., Korea)로서 L/D의 비가 32:1 이고, screw 직경은 32mm이며 스크류 배열은 그림 1과 같다. 다이는 지름이 3mm, 4개의 홀을 가진 원형 타입을 이용하였다. 원료는 single-screw feeder를 이용하여 15 kg/h의 속도로 투입하였으며 수분의 투입은 이송펌프를 이용하여 바렐 B2로 2.2kg/h의 속도로 투입하였다. 운전 중의 압력은 계측장비(DEWE BOOK, DEWETRON, GERMANY)를 이용하여 자동으로 측정하였다.

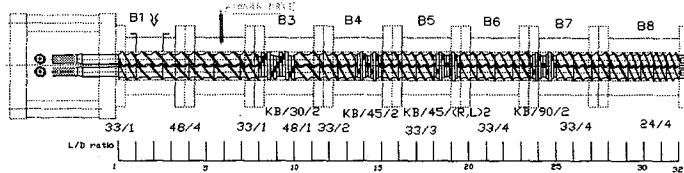


Fig. 1. Screw configuration

다. 실험설계

예비실험을 통하여 압출성형기에 영향을 주는 공정변수인 온도 (X_1), 스크류 속도(X_2) 등 2개의 독립변수를 결정하였다. 반응표면 실험은 2요인, 3수준의 이원 배치법을 이용하여 9번 실시하였으며, 실험 결과는 SAS(Statistical Analysis System, USA) 프로그램을 이용하여 처리하였다.

라. 측정 항목

가) 압출물 밀도, 팽화율 측정

밀도는 압출 성형된 시료를 15-30mm로 절단하여 지름, 길이, 무게를 측정하여 계산하였으며, 팽화율(Expansion ratio)은 압출 성형물의 지름과 다이 사출구(die)의 지름 비로 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 인삼에 대한 압출 성형시 스크류 회전속도, 온도의 공정 변수의 변화에 따른 압출 압력, 압출물 밀도, 팽화율을 측정하여 표1에 나타내었다.

표 1에서 보면 온도 120℃에서 스크류 속도를 150rpm에서 250rpm으로 증가시켰을 경우 압력은 39bar에서 28bar로 11bar감소하였으며 120℃ 조건에서 가장 많이 감소하였다. SME도 온도 120℃조건에서 스크류 속도를 증가시켰을 경우 33.86Wh/kg에서 16.03Wh/kg으로 17.83 Wh/kg 감소하였다. 압출물 밀도는 온도 100℃ 조건에서 스크류 속도를 증가 시켰을 경우 1.20g/cm³에서 0.72g/cm³로 0.48g/cm³ 감소하였다. 팽화율도 100℃ 조건에서 스크류 속도를 증가시켰을 경우 1.04에서 1.34로 0.3정도 증가하였다.

표 1에서 스크류 회전속도 150rpm에서 온도를 100℃에서 140℃으로 증가시켰을 경우 압력은 45bar에서 32bar로 13bar감소하여 150rpm 조건에서 가장 많이 감소하였다. SME는 150rpm 조건에서 23.99Wh/kg에서 19.16Wh/kg으로 4.83Wh/kg정도 감소하였다. 압출물 밀도는 스크류 속도 150rpm 조건에서 1.20g/cm³에서 0.71g/cm³로 0.49g/cm³ 정도

Table 1. Effects of the extrusion variables on experimental data of ginseng.

No.	Process variables		Experimental data			
	Temperature (°C)	screw speed (rpm)	Die Pressure (bar)	SME (Wh/kg)	Density (g/cm ³)	Expansion ratio
1	100	150	45	23.99	1.20	1.04
2	100	200	39	21.40	0.73	1.30
3	100	250	35	17.76	0.72	1.34
4	120	150	39	33.86	0.82	1.23
5	120	200	33	20.02	0.71	1.35
6	120	250	28	16.03	0.68	1.29
7	140	150	32	19.16	0.71	1.25
8	140	200	30	18.44	0.70	1.29
9	140	250	28	16.47	0.70	1.29
R ²			0.9785	0.6966	0.8927	0.8969

* X₁¹⁾ : Temperature (°C), X₂²⁾ : Screw speed (rpm)

감소하였다. 팽화율도 스크류 속도 150 rpm 조건에서 1.04에서 1.25로 0.21정도 증가하였다. 스크류 회전속도가 증가함에 따라 베럴내의 충전도가 감소하고 압출물의 점도가 감소하며, 바렐의 온도가 상승함에 따라 압출물의 점도가 낮아지므로 유동성이 좋아지기 때문에 압력과 SME값이 감소되는 것으로 사료된다. 압출성형기에서 스크류 속도가 증가 하면 전단력의 증가로 압출물에 충전밀립을 가하고 온도의 증가로 점도가 낮아지면서 유동성의 향상으로 압출 성형시 압출물의 밀도가 감소되고 팽화율이 증가하는 것으로 사료되며 스크류 속도가 온도에 비하여 압출물의 밀도, 팽화율, 건조 부피량에 큰 영향을 준다고 분석된다.

표 1에서 안정된 압력과 SME의 값을 분석하여 압출물의 팽화율이 최대, 밀도가 최소값이 나왔을 때 인삼 압출 성형시 적절한 온도와 스크류 속도를 분석하였다. 표 1에서 보면 온도 120~140°C, 스크류 속도 200~250rpm 조건에서 압력은 28~33bar, SME는 16.03~20.02 Wh/kg의 값이 나왔다. 이 때 압출물의 팽화율은 1.29~1.35의 값이 나왔으며 온도 120°C 스크류 속도 200rpm에서 팽화율이 1.35로 가장 큰 값이 나왔다. 압출물의 밀도는 0.68~0.71의 값이 나왔으며 온도 120°C 스크류 속도 250rpm에서 압출물의 밀도가 0.68로 가장 작은 값이 나왔다. 따라서 인삼의 적절한 압출 조건은 온도 120°C 스크류 속도 200~250rpm 범위임을 알 수 있다.

그림 2, 3, 4, 5는 표1에서 나온 값을 반응 표면 분석하여 그래프의 범위를 온도 100°C에서 140°C로 스크류 회전속도를 150rpm에서 250rpm으로 변화시켰을 때 압력, SME, expansion ratio, extrudate density에 대한 회기 그래프를 보여준다. 그림 2에서 온도 120°C 스크류 속도 225rpm 범위에서 약 31bar 의 값이 나왔으며 온도와 스크류 속도가 증가할 수록 압력이 31bar보다 작은 값으로 감소하는 경향을 나타내고 있다. 그림 3에서 SME는 온도 120°C 스크류 속도 200~250rpm 범위에서 21.72~ 19.66 Wh/kg의 값을 나타내었으며 온도를 130°C이상 증가시켰을 경우 약 17.61Wh/kg의 값을 나타냈다. 그림 4에서 팽화율은 스크류 회전속도 225rpm 온도 120°C범위에서 1.34 이상의 높은 값을 나타내었으며 밀도는

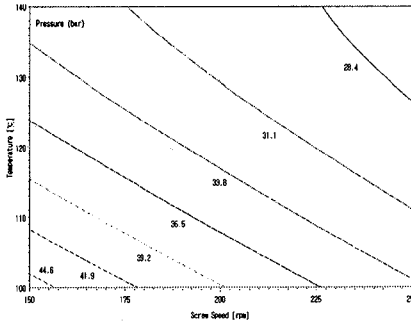


Fig. 2. Response surfaces plot of temperature and screw speed on the die pressure.

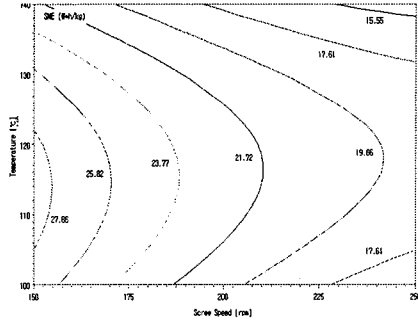


Fig. 3. Response surfaces plot of temperature and screw speed on the SME.

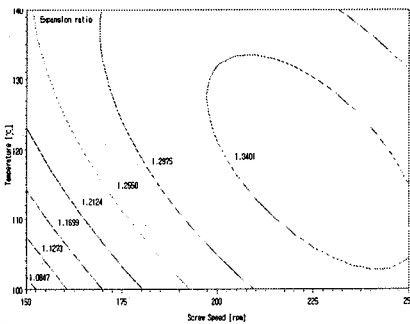


Fig. 4. Response surfaces plot of temperature and screw speed on the expansion ratio.

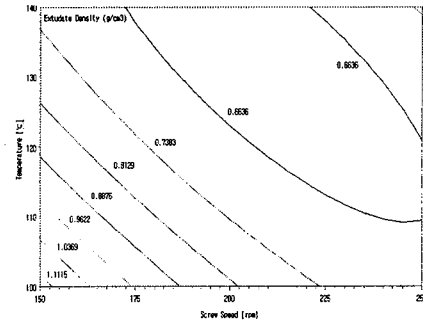


Fig. 5. Response surfaces plot of temperature and screw speed on the extrudate density

스크류 회전속도 225rpm 온도 130°C 범위에서 약 0.6636g/cm³ 이하의 낮은 값을 나타내었다(그림 5).

4. 결론

- 1) 스크류 회전 속도 및 온도가 증가함에 압력, SME, 압출물 밀도는 감소하였으며 팽화율은 증가하는 경향을 나타냈다.. 압력은 스크류 회전속도 150rpm에서 온도를 증가시켰을 경우 13bar 감소하였으며 SME는 온도 120°C 조건에서 스크류 속도를 증가시켰을 경우 17.83 Wh/kg 감소하였다 압출물의 밀도는 스크류 속도 150rpm에서 온도를 증가시켰을 경우 로 0.49g/cm³ 감소하였으며 팽화율은 온도 100°C에서 스크류 속도를 증가시켰을 경우 0.3정도로 증가하였다
- 2) 인삼의 적절한 압출 조건은 온도 120°C 스크류 속도 200~250rpm 범위이며 이때의 압력은 33~28bar, SME는 20.02~16.03Wh/kg, 팽화율은 1.35~1.29, 밀도는 0.71~0.68g/cm³ 임을 알 수 있다.

5. 참고문헌

1. N.D. RFAME. The Technology of Extrusion Cooking. Aspen Publishers, Inc.(2003)