

압출성형 공정변수가 메밀의 루틴함량에 미치는 영향

이재강 · 류기형

공주대학교 식품공학과, 공주대학교 식품과학연구소

Effect of Extrusion Process Variables on Rutin Content in Buckwheat

Jae-Kang Lee and Gi-Hyung Ryu

Department of Food Science and Technology, Kongju National University
Institute of Food Science, Kongju National University

Abstract

The objective of this study was determined the change of rutin content in buckwheat through extrusion process. An extruded product was prepared by changing the screw speed(180, 220, 260 rpm), barrel temperature(80, 100, 120°C), and moisture content(15.0, 22.5, 30.0%). The rutin content was significantly influenced by screw speed and barrel temperature. It was decreased with the increase in screw speed and barrel temperature. Rutin content in buckwheat was not decreased by autoclave-heating buckwheat, the thermal stability of rutin was confirmed. It was concluded that there was an inactivation or the change of molecular structure of rutin by complex actions of screw speed and barrel temperature during extrusion process.

Key words: extrusion process, rutin, buckwheat

서 론

메밀은 영양적으로 우수하고 독특한 맛과 향을 가지고 있어 건강기능성 별미식으로 이용되고 있다. 메밀에 함유된 약용기능성은 토코페롤(tocopherols), 페놀릭산(phenolic acids), 플라보노이드(flavonoids)를 포함한 여러 항산화물질에 기인하는 것으로 사료된다(Dietrych-Szostak와 Oleszek, 1999). 메밀에 많이 함유되어 있는 플라보노이드의 일종인 루틴(rutin)은 녹는점이 211~215°C로 열에 안정하며 불용성이고 Fig. 1과 같은 구조로 되어 있으며 뇌일혈과 고혈압의 예방과 치료에 효과가 있는 것으로 밝혀졌다. 또한 메밀은 혈압조절에 영향을 미칠 뿐 아니라 당뇨병에도 도움을 주는 건강식품으로 알려져 있다(Lee

et al., 2000; Kwon, 1993; Lee *et al.*, 1994).

루틴(quercetin 3-rhamnosylglucoside)은 플라보노이드 배당체로서 일명 비타민 P로 알려져 있는데, 비타민 P는 혈관의 저항성을 강하게 하여 뇌출혈을 예방하는 중요한 비타민의 일종으로 보고되어 있으나(Kim *et al.*, 1994), 곤충에 있어서는 nicotin,

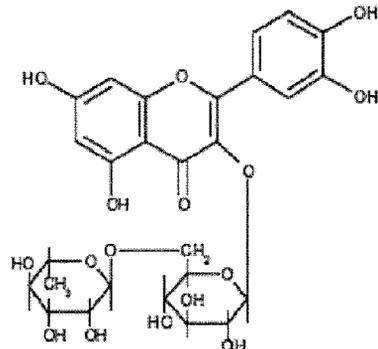


Fig. 1. Structure of rutin.

Corresponding author: Gi-Hyung Ryu, Department of Food Science and Technology, Kongju National University, Yesan 340-800, Korea.

Phone: +82-41-330-1484, Fax: +82-41-335-5944

E-mail: ghryu@kongju.ac.kr

atropine류와 같이 신경계에 독성을 나타내므로, 기주 식물로부터 섭취한 루틴이 조직에 어느 정도 이상 함유되어 있을 때는 섭취후 대사작용에 악영향을 미쳐 곤충의 발육을 비정상적으로 만드는 것으로 알려져 있다. 메밀은 영양적으로 우수한 곡류임에도 불구하고 현재 유통되고 있는 제품으로는 메밀면, 메밀묵, 메밀차 등으로 제한되어 있어 상업적인 이용이 활발하지 못한 실정이다.

식품가공에 주로 사용하는 압출성형이란 생물고분자물질(biopolymer)들을 회전하는 스크루 형태의 기계 내에서 자체 발생하는 열 혹은 투입되는 증기압에 의한 가열처리에 의해 식품조리와 동시에 성형 하는 공정이며 식품산업에서는 팽화식품, 영양강화스낵, RTE(ready-to-eat) breakfast cereal, 국수, 파스타, flat bread 제조에 이르기까지 매우 다양하다(Ryu, 2002; Ryu, 2005).

따라서 본 연구는 메밀을 압출성형으로 처리하여 팽화스낵이나 예비호화 메밀가루 등의 메밀제품을 개발하기 위한 기초연구로서 배럴온도, 스크루 회전속도와 수분함량에 따른 메밀의 루틴 함량 변화를 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

메밀 압출성형물의 제조에 사용된 시료는 메밀을 제분한 메밀가루(메밀가루 1호, Dong-Ah Flour Mills Co. Korea)를 이용하였다. 고성능액체크로마토그래피(HPLC)에 사용된 시약은 HPLC급을 사용하였고, 표준물질로 사용한 루틴은 Sigma(USA)로부터 구입하였으며, 증류수는 탈 이온 및 초음파 처리하여 사용하였다. 그 외 추출 및 조제용 시약은 HPLC용을 사용하였다.

압출성형공정

압출성형 메밀의 제조는 쌍축 동방향 압출성형기(THK 3IT, 인천기계)를 이용하였고, 스크루 직경은 29 mm, 길이와 직경 비율(L/D ratio)은 25:1 이었으며 스크루 배열은 Fig. 2와 같다. 사출구의 직경은 3 mm인 것을 사용하였으며, 수분은 시료에 각각의 수분함량이 되도록 가수하여 혼합한 후 4°C에서 24 시간 방치하여 수분을 평형상태로 조절을 하였고, 배럴온도는 전열기와 냉각수를 사용하여 조절하였다.

압출성형 공정변수는 수분함량(15.0/22.5/30.0%), 배럴온도(80/100/120°C), 스크루 회전속도(180/215/250 rpm)를 조절 하였고, 원료 사입량은 143.75 g/min로 고정하였다. 압출성형물은 50°C에서 1시간 동안 열풍건조(J-300S, JISICO Co. Korea)한 후 데시케이터에서 보관하여 시료로 사용하였다.

가열처리

루틴의 열 안정성을 확인하기 위하여 메밀 가열처리 시료의 제조는 Autoclave(J-NAS4, JISCO Co. Korea)를 이용하였고, 시료 가열처리는 각각 시료용기에 담아 80°C, 120°C에서 15분간 가열처리 하였다.

루틴의 정량

건조하여 수분이 제거된 시료를 Lab-scale mill (Perten Co. USA)로 1분간 분쇄하였고, 분쇄된 1 g의 시료를 Ohara 등(8)의 방법을 수정하여 메탄올 20 mL로 80°C에서 1시간 환류 추출하였다. 추출액은 0.45 µm 막 필터(Membrane filter, Millipore Co. USA)로 여과하여 HPLC(Spectra System HPLC, Thermo Electron Co. Italy)로 분석하였다(Fig. 3). HPLC 분석조건은 Table 1과 같이 Hypersil GOLD

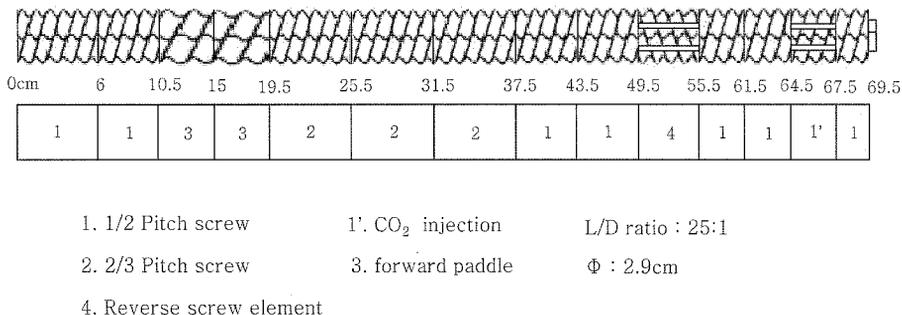


Fig. 2. Screw configuration of model(THK 3IT).

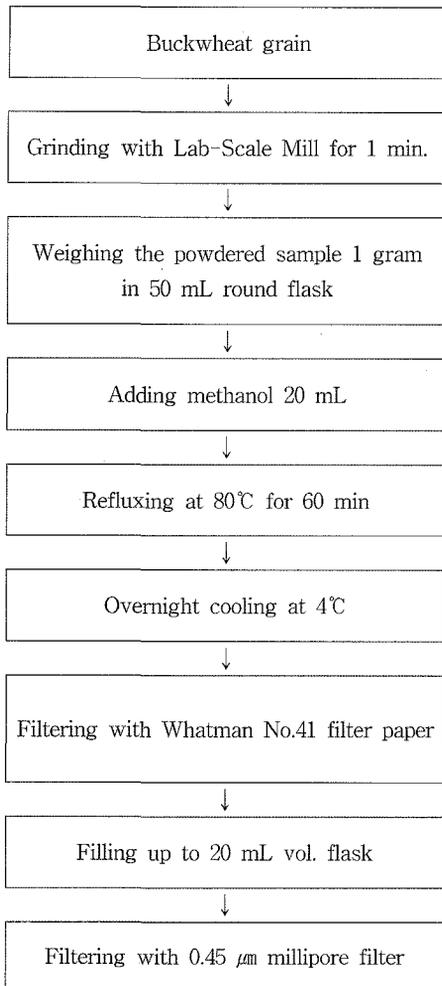


Fig. 3. Sample preparation and extraction procedure for HPLC analysis.

Table 1. Analytical conditions of HPLC for rutin

Apparatus	Spectra system, Thermo electron
Detector	UV 1000
Wavelength	355 nm
Column	Hypersil GOLD C ₁₈
Mobile phase	2.5% Acetic acid : Methanol : Acetonitrile = 35 : 5 : 10 (v : v : v)
Flow rate	1.0 mL/min
Column temp.	30°C

C18 Column(5- μ m pore size; 150×4.6 mm; Thermo electron, Italy)을 사용하였고 이동상은 2.5% acetic acid, methanol, acetonitrile을 35:5:10의 체적비로 펌프유량을 조절하여 사용하였다. 이동상의 흐름은 1

Table 2. Coded level for independent variables used in experimental design

X _i Independent variables	Levels		
	-1	0	1
X ₁ Screw speed (rpm)	180	220	260
X ₂ Barrel Temp (°C)	80	100	120
X ₃ Moisture content (%)	15.0	22.5	30.0

mL/min의 속도로 하였고, 피크(peak)는 자외선 검출기(UV Detector)를 사용하여 350 nm에서 검출하였다(8). 루틴의 정량에는 표준물질로 작성한 정량곡선을 이용하였다.

실험계획

메밀의 압출성형 공정변수에 따른 종속변수의 변화를 결정하기 위한 3인자 3수준 완전조합을 실험계획법에 의해 사용하였으며 압출성형 공정변수에 따른 압출성형물의 특성은 SAS program(Statistical Analysis System, Release 8.01)을 사용하여 반응표면 회귀분석으로 통계처리를 하였다.

반응표면 분석에서 독립변수는 스크루 회전속도(X₁), 배럴온도(X₂), 수분함량(X₃)이며, 각 변수는 -1, 0, 1의 세 가지 수준으로 부호화 하였다(Table 2). 반응변수(Y_n)로 루틴함량으로 하였다. 세 가지 독립변수(X₁, X₂, X₃)에 대한 2차 회귀모형은 식 (1)과 같다.

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 \quad (식 1)$$

여기서 Y는 반응변수, X₁, X₂, X₃은 독립변수, b₀는 절편, b_n은 회귀계수이다.

결과 및 고찰

루틴 표준품의 HPLC 용출 패턴은 Fig. 4와 같았고, 메밀 압출성형 시료의 용출형태는 Fig. 5와 같았으며, 메밀시료의 용출 형태는 Fig. 6과 같았다.

Table 3은 각각 메밀 시료, 가압멸균장치를 통한 가열처리 메밀 시료, 압출성형 메밀시료의 평균 루틴 함량을 나타내었다. 가압멸균장치를 통한 가열 처리는 압출성형 시료와 동일한 온도 조건인 80°C, 100°C, 120°C로 가열하였다. 압출성형의 시료로 사용된 메밀가루의 루틴함량은 14.10 mg/100 g이고, 가

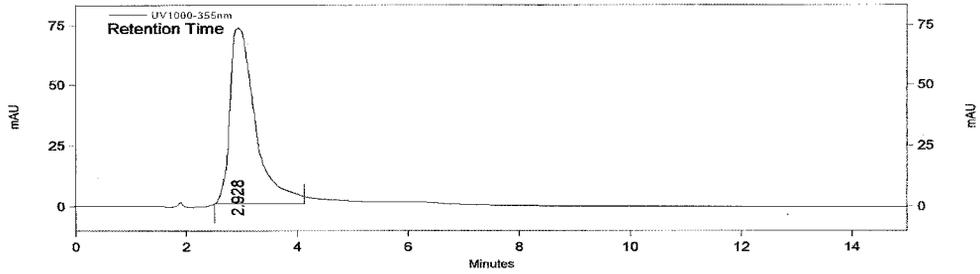


Fig. 4. High performance liquid chromatogram of rutin.

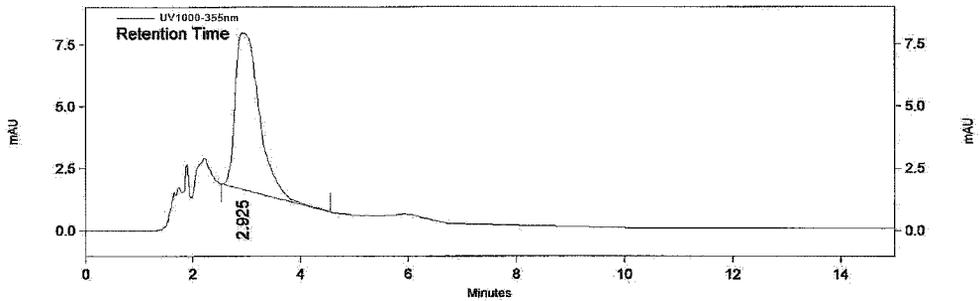


Fig. 5. High performance liquid chromatogram of rutin in extruded buckwheat.

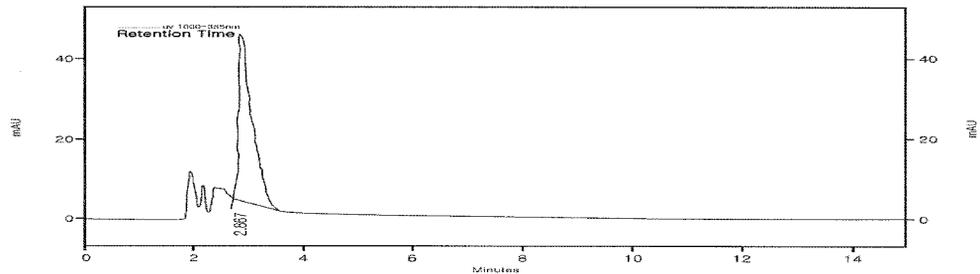


Fig. 6. High performance liquid chromatogram of rutin in raw buckwheat.

Table 3. Concentration of rutin in raw buckwheat, heated buckwheat and extruded buckwheat

buckwheat	Average of heated buckwheat ¹⁾	Average of extruded buckwheat ²⁾
14.10 mg/100g	13.91 mg/100g	3.24 mg/100g

¹⁾Average of rutin content in heated buckwheat.

²⁾Average of rutin content in extruded buckwheat.

열처리한 메밀시료의 평균 루틴함량은 13.91 mg/100 g으로 함량에 큰 변화는 없었으나 압출성형 후 루틴의 함량은 평균 3.24 mg/100 g으로 크게 감소하는 경향을 나타내었다. 가열처리한 루틴의 경우 열에 안정하다는 보고(Ohara *et al.*, 1989)와 일치하였

나, 압출성형 메밀의 경우 루틴의 함량이 감소하였으므로 메밀에 존재하는 루틴이 압출성형 과정에서 압출성형의 열에너지뿐만 아니라 압력이나 스크루 회전에 의한 증발압 변형력을 받아 루틴이 불활성화된 것으로 추정된다.

루틴 함량의 변화를 독립변수인 스크루 회전속도, 배럴온도, 압출성형수분함량에 따른 루틴함량 회귀계수는 식 (2)과 같으며 반응표면 회귀식의 결정계수(R²)는 0.8759였으며, 선형효과는 유의성이 인정되었다(P<0.0001).

$$Y1 = 4.39866+0.00022X1-0.01521X2+0.12937X3-0.00006X1X2+0.00017X1X3-0.00063X2X3-0.00001$$

$Y1 = 0.00011X1 - 0.00262X2 + 0.00011X3 + 0.00011X1X2 - 0.00011X1X3 + 0.00011X2X3 + 0.00011X1X2X3 + 0.00011$ (식 2)

여기서 Y1은 반응변수인 루틴함량(mg/100g)이며, X1, X2, X3은 스크루 회전속도, 배럴온도, 수분함량을 각각 나타낸다. 세 독립변수중 스크루 회전속도($P < 0.005$)와 배럴온도($P < 0.0001$)가 통계적으로 유의적인 요인이었고 수분함량은 유의성이 인정되지 못하였다. 수분함량과 관계없이 스크루 회전속도가 증가하고, 배럴온도가 증가할수록 루틴함량은 감소하였으며, 수분함량이 증가할수록 스크루 회전속도와 배럴온도의 증가에 따라 루틴함량이 감소된 경향을 보였다(Fig. 7).

본 실험에서 용융점이 211~215°C로 비교적 열에 안정한 것으로 알려져 있는 루틴이 압출성형시 스

크루 회전속도와 배럴온도가 증가함에 따라 루틴 함량에 유의적으로 감소하고, 수분함량에는 유의성이 인정되지 않는 것으로 보아 압출성형시 스크루 회전에 의한 투입되는 기계적 에너지와 열에너지에 의하여 복합적인 작용을 받아 루틴이 불활성화 된 것으로 추정된다.

결론적으로 압출성형을 통한 메밀 가공시 메밀중 루틴의 기능성을 유지하기 위하여 저속 스크루 회전 및 초임계 탄산가스 주입을 통한 저온 압출성형 공정을 통하여 루틴 함량의 감소를 억제하는 공정이 바람직할 것으로 사료되었다.

요 약

압출성형 메밀의 공정변수의 조절을 통한 메밀의 루틴함량 변화 및 압출성형물의 물성적 변화를 연구하기 위하여 스크루 회전속도(180, 220, 260 rpm), 배럴온도(80, 100, 120°C) 그리고 수분함량(15.0, 22.5, 30.0%)등을 달리하여 압출성형물을 제조 하였다. 압출성형 공정변수인 스크루 회전속도와 배럴온도에 의하여 영향을 받았으며, 스크루 회전속도가 증가하고, 배럴온도가 증가할수록 루틴함량은 감소루틴은 감소되는 경향을 나타내었다. 메밀을 가열처리한 루틴 정량 분석한 결과 루틴의 열 안정성이 확인되었으나 압출성형과정에서 스크루 회전속도와 배럴온도가 복합적인 작용에 의하여 루틴이 불활성화 또는 분자구조가 변화된 것으로 판단되었다.

참고문헌

Dietrych-Szostak, D. and W. Oleszek. 1999. Effect of processing on the flavonoid content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) grain. *J. Agric. Food Chem.* **47**: 4384-4387

Lee, J.S., S.J. Park, K.S. Sung, C.K. Han, M.H. Lee, C.W. Jung and T.B. Kwon. 2000. Effect of germinated-buckwheat on blood pressure, plasma glucose and lipid levels of spontaneously hypertensive rats. *Korean J. Food Sci. Technol.* **32**: 206-211

Kwon, T.B. 1993. Study on the development of functional foods (antihypertensive cereals) by buckwheat. Research report, Ministry of Science and Technology

Lee, J.S., S.S. Son, Y.S. Maeng, Y.K. Chang and J.S. Ju. 1994. Effects of buckwheat on organ weight, glucose and lipid metabolism in otocin-induced diabetic rats. *Korean J. Nutr.* **27**: 819-827

Kim, Y.S., S.H. Chung, H.J. Suh, S.T. Chung and J.S. Cho.

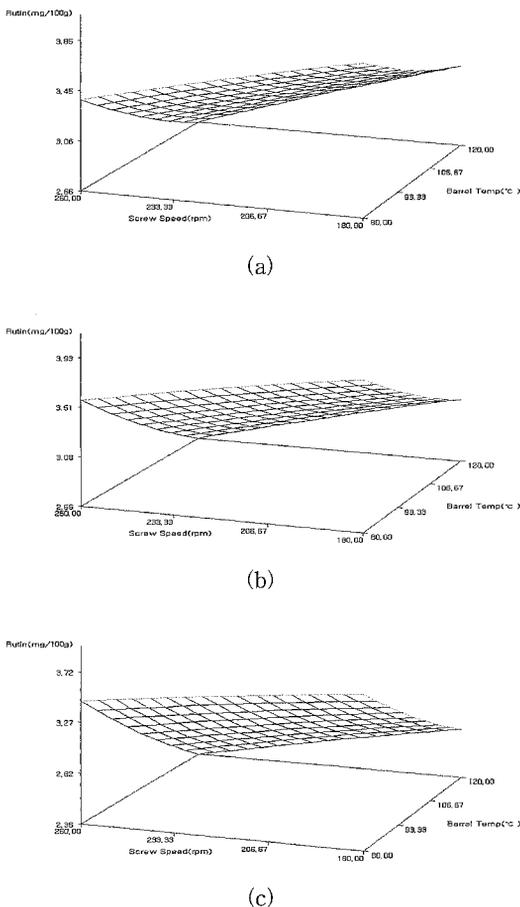


Fig. 7. Response surface plot of Rutin amount as input functions of screw speed and barrel temperature at extrusion moisture content 15.0%(a), 22.5%(b) and 30.0%(c).

1994. Rutin and mineral contents on improved kinds of Korean buckwheat at growing stage. Korean J. Sci. Technol. **26**: 759-763
- Ryu, G.C. 2002. Effect of melt moisture and post-extrusion variables on pasting and thermal properties of corn starch extrudates. MS thesis, Kongju National University
- Ryu, G.H. 2005. Food Extrusion Technology. Kongju National University Press. Kongju
- Ohara, T., H. Ohinata, N. Muramatsu and T. Matsuhashi. 1989. Detetmination of rutin in buckwheat food by high performance chromatography. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi **36**: 114-120