Food Engineering Progress
Vol. 10, No. 2. pp. 92~99 (2006.5)

압출성형 공정변수에 따른 메밀 압출물의 페이스트점도 변화

이재강 · 임병순* · 류기형
공주대학교 식품공학과 · 공주대학교 식품과학연구소 · *공주대학교 식품영양학과

Changes in Paste Viscosity of Extruded Buckwheat by Extrusion Process Variables

Jae-Kang Lee, Byung Soon Im*, and Gi-Hyung Ryu

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

Abstract

The objective of this study was to determine the change in paste viscosity of extruded buckwheat 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%). Paste viscosity parameters of extruded buckwheat were influenced by tested extrusion variables. As the screw speed increased, the final viscosity decreased, whereas setback viscosity increased. As the barrel temperature increased, cold peak viscosity and breakdown viscosity reduced. Also, when moisture content increased, cold peak viscosity, through viscosity, breakdown viscosity, and setback viscosity increased. Paste viscosity of buckwheat extrudate was possible to control by changing extrusion variables.

Key words: buckwheat, extrusion process variable, paste viscosity

서 론

메밀(Fagopyrum esculentum Moench)은 마디풀과에 속하는 일년생 초본식물로, 분류학상 곡류와 구별되지만 낱알의 성분조성이 곡류와 비슷하여 보통 잡곡으로 취급 된다(Marshall과 Proneranz, 1982). 메밀의 성분은 탄수화물(65~70%)이 대부분을 차지하지만, 12~15%의 조단백질 및 5~7%의 라이신(lysine)이 함유되어 있고 필수 아미노산인 아르기닌(arginine)과 불포화 지방산 및 철, 인과 같은 각종 무기물과, 비타민(B_1, B_2) 등도 함유되어 있다. 메밀은 5세기 중엽 이전부터 재배되어 왔으며 원산지는 중국의 운남성이라고 알려져 왔다(Choi와 Sohn, 1998).

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

메밀은 영양적으로 우수하고 독특한 맛과 향을 가지고 있어 건강기능성 별미식 으로 쓰이며, 식품용도 외에도 향약구급방(鄕藥救急方), 식요본초(食僚本草), 동의보감(東醫寶鑑) 등의 고 의서에서 치료용으로 사용된 예를 찾아볼 수 있으며, 이러한 약용기능성은 메밀에 함유된 토코페롤(tocopherols), 페놀릭산(phenolic acids), 플라보노이드(flavonoids)를 포함한 여러 항산화물질에 기인하는 것으로 사료된다(Dietrych-Szostak와 Oleszek, 1999). 또한 메밀의 영양성분은 매우 탁월하여 골다공증 치료와 혈압조절에 필수 불가결 물질인 칼슘(Marshall과 Proneranz, 1982), 헤모글로빈의 주성분인 철분(Choi, 1993), 단백질과 각종 필수아미노산(Sure, 1995; Aitken, 1973; Ohara *et al.*, 1989)등이 풍부하게 함유되어 있다.

메밀은 영양적으로 우수한 곡류임에도 불구하고 현재 유통되고 있는 제품으로는 메밀면, 메밀묵, 메밀차 등으로 제한되어 있어 상업적인 이용이 활발하지 못한 실정이다. 메밀제품의 소재로 드럼건조

나 압출성형공정을 이용하여 호화시킬 경우 다양한 메밀소재 제품의 개발이 가능하지만 예비 호화한 메밀가루에 대한 페이스트 점도에 대한 연구는 수행되지 않았다.

식품가공에 주로 사용하는 압출성형이란 생물고분자물질(biopolymer)들을 회전하는 스크루 형태의 기계 내에서 자체 발생하는 열 혹은 투입되는 충밀림 열에 의한 가열처리에 의해 식품조리와 동시에 성형하는 공정이다. 압출성형공정은 최소한의 수분첨가와 건조공정으로 전 공정이 이루어지며 고온, 고압, 고충밀림 변형력으로 단시간에 처리할 수 있다는 점에서 경제적 이점을 가지고 있다. 식품산업에서 압출성형은 팽화식품, 영양 강화스낵, RTE (ready-to-eat) breakfast cereal, 국수, 파스타(pasta) 제조에 이르기까지 매우 다양하다(Ryu, 2005).

압출성형은 수분함량, 배럴온도, 스크루 회전속도와 같은 압출성형 공정변수의 조절로 전분의 수화, 팽윤, 호화, 무정형화 및 덱스트린화, 단백질의 변성, 분자간 결합 및 조직화, 효소의 불활성화, 미생물의 사멸 및 살균, 독물질의 파괴, 냄새의 제거, 조직 팽창 및 밀도조절, 갈색화반응 등이 일어나며, 단시간에 이러한 반응을 일으킬 수 있는 장점을 가지고 있다(Ryu, 2005; Chung과 Lee, 1997; Chung과 Lee, 1997; Lee와 Kwon, 1998). 또한 압출성형 공정변수의 조절에 의해 압출성형 곡류의 페이스트 점도를 조절할 수 있다.

따라서 본 연구는 압출성형 메밀을 식품소재로 활용하기 위하여 스크루 회전속도, 배럴온도, 수분함량에 따른 압출성형물의 페이스트점도의 변화를 살펴보았다.

재료 및 방법

실험 재료

메밀 압출성형물의 제조에 사용된 시료는 메밀을 제분한 메밀가루(메밀가루 1호, Dong-Ah Flour Mills Co., Korea)를 이용하였다.

압출성형

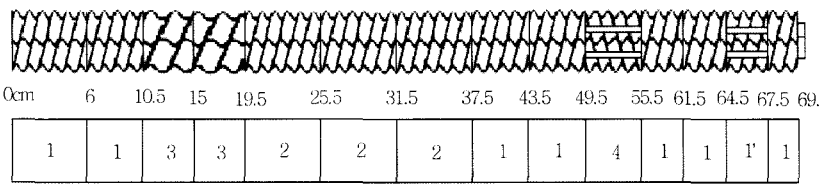
압출성형 메밀의 제조는 쌍축 동방향 압출성형기(THK 31T, 인천기계)를 이용하였고, 스크루 직경은 29 mm, 길이와 직경 비율(L/D ratio)은 25:1 이었으며 스크루 배열은 Fig. 2와 같다. 사출구의 직경은 3.0 mm인 것을 사용하였으며, 수분은 시료에 각각의 수분함량이 되도록 가수하여 혼합한 후 4°C에서 24시간 방치하여 수분을 평형상태로 조절을 하였고, 배럴온도는 전열기와 냉각수를 사용하여 조절하였다.

압출성형 공정변수는 수분함량(15.0/22.5/30.0%), 배럴온도(80/100/120°C), 스크루 회전속도(180/220/260 rpm)를 조절 하였고, 원료 사입량은 143.8 g/min로 고정하였다. 압출성형물은 50°C에서 1시간 동안 열풍건조(J-300S, JISICO Co.. Korea)한 후 분쇄한 압출성형 메밀분말을 시료로 사용하였다.

실험계획

메밀의 압출성형 공정변수에 따른 종속변수의 변화를 결정하기 위한 3인자 3수준 완전조합 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



1. 1/2 Pitch screw 1'. CO_2 injection L/D ratio : 25:1
2. 2/3 Pitch screw 3. forward paddle Φ : 2.9cm
4. Reverse screw element

Fig. 1. Screw configuration of model(THK 31T).

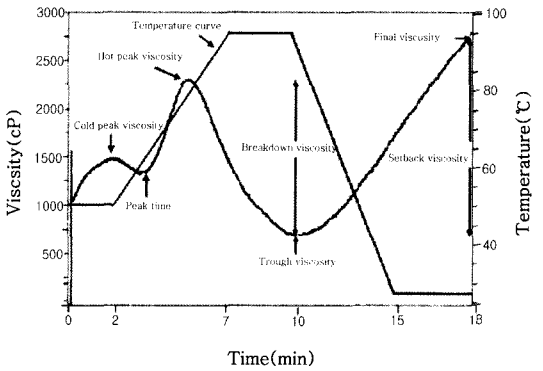


Fig. 2. RVA temperature profile and pasting parameters.

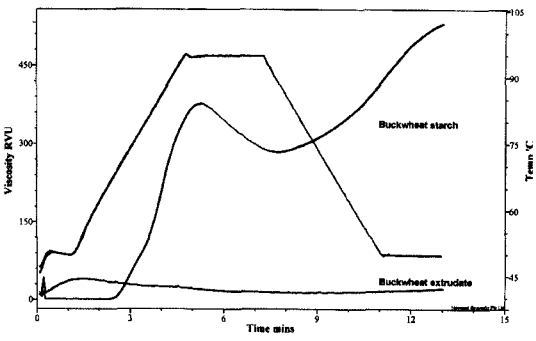


Fig. 3. RVA graph of raw buckwheat starch and buckwheat extrudate. Extrusion conditions were moisture content 22.5 %, barrel temperature 120°C, and screw speed 260 rpm.

Table 1. 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

(X_1), 배럴온도(X_2), 수분함량(X_3)이며, 각 변수는 -1, 0, 1의 세 가지 수준으로 부호화 하였다(Table 1). 반응변수(Y_n)로 페이스트점도의 지표가 되는 저온최고점도, 최저점도, 구조파괴점도, 최종점도, 회복점도로 하였다. 세 가지 독립변수(X_1, X_2, X_3)에 대한 2차 회귀모형은 다음과 같다.

$$Y = b_0+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3+b_{12}X_1X_2+b_{13}X_1X_3+b_{23}X_2X_3+b_{11}X_{12}+b_{22}X_{22}+b_{33}X_{32}$$

여기서 Y는 반응변수, X_1, X_2, X_3는 독립변수, b_0는 절편, b_n은 회귀계수이다.

페이스트점도

각각의 공정변수에서 압출성형한 압출성형물과 메밀전분의 점도 특성을 알아보기 위하여 신속점도 측정기(RVA, Rapid visco analyser, Newport Scientific Inc. RVA-4, Australia)를 사용하였다. 건조된 압출성형물을 Lab-scale mill로 분쇄 후 알루미늄 캐니스터에 시료 3.5 g(14% 수분함량 기준)을 넣고 25 mL의 증류수를 넣은 다음, paddle을 이용하여 1차 교반 후 측정하였다.

신속점도 측정기의 가열과 냉각조건은 초기온도 50°C에서 1분간 50°C로 유지한 다음, 3분 42초 동안 95°C로 가열한 후 3분 20초 동안 95°C로 유지하였으며, 3분 48초에 걸쳐 50℃로 냉각 하였다. 총 소요 시간은 13분 이었으며, 시료의 교반을 증가시키기 위하여 10초간 960 rpm으로 회전 후 160 rpm으로 시료를 측정하였다(Fig. 2).

저온최고점도(cold peak viscosity, CPV)는 온도를 약 50°C부터 95°C까지 가열할 때 측정되어지는 가장 높은 점도 값을 나타낸다. 또한 최저점도(trough viscosity, TV)는 95°C에서 가열 후에 나타나는 가장 낮은 점도를 측정한 값으로 하였다. 구조파괴점도(breakdown viscosity, BV)는 호화과정에서 RVA paddle에 의해 페이스트에 가해지는 물리적 힘에 대한 호화전분입자의 파괴와 전분사슬의 절단을 나타내는 지표로 사용하며 저온최고점도에서 최저점도를 뺀 값으로 나타내었다.

최종점도(final viscosity, FV)는 점성물질 또는 가열과 냉각후의 젤 등으로 형성된 물질과 같은 특별한 시료의 품질을 측정하는데 이용하는 것으로 측정 후 나타나는 마지막 부분 점도 값으로 표시한다. 그리고 회복점도(setback viscosity, SV)는 다양한 제품들의 조직감을 비교할 때 사용되어지는 지표로 최종점도에서 최저점도를 뺀 값으로 나타내었다(RVA Manual, 1995)(Fig. 3).

결과 및 고찰

신속점도 측정기를 사용하여 메밀 전분과 수분함량 22.5%, 배럴온도 100°C, 스크루 회전속도 220 rpm에서 압출성형한 메밀 압출성형물의 점도는 Fig. 3과 같다. 메밀 압출성형물은 압출성형을 통하여 전분의 호화와 함께 전단력에 의한 아밀로오스 구조의 파괴에 의하여 점도가 낮아진 것으로 판단된다.

압출성형조건에 따른 메밀 압출성형물의 페이스트 점도지표인 저온최고점도, 최저점도, 구조파괴점도, 최종점도, 회복점도의 변화는 다음과 같다.

저온최고점도

저온최고점도의 반응표면 회귀식의 결정계수(R^2)는 0.8090로 반응모형은 적합하였으며, 통계적으로도 유의성이 인정 되었다($P<0.0001$). 선형효과는 유의성이 인정되었고($P<0.0001$) 순수이차효과는 통계적으로 유의성이 인정되지 않았다.

$$Y_2 = 591.90741+28.98264X_1-15.92569X_2-277.4778X_3 - 0.04573X1X_2+0.15333X1X_3+0.305X_2X_3-0.07774X_1^2+ 0.05236X_2^2+4.52346X_3^2$$

여기서 Y_2는 반응변수인 저온최고점도이며, X_1, X_2, X_3은 스크루 회전속도, 배럴온도, 수분함량을 각각 나타낸다. 세 독립변수 중에서 배럴온도($P<0.0005$)가 통계적으로 유의적인 요인이었고, 수분함량도 유의성이 다소 인정되었다($P<0.01$). 저온최고온도는 스크루 회전속도가 증가할수록 급격히 증가하였고, 배럴온도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였으며, 수분함량이 증가할수록 증가 하였다(Fig. 4).

Harmeet et al.(1997)의 보고에 의하면 층 밀림 변형력이 증가함에 따라 긴 사슬의 전분 입자들이 풀어지게 되어 점도가 증가한다고 보고 하였고, Manishm *et al.*(1998)은 전분의 입자가 수분이 포함되어서 가열에 의하여 낮은 저온최고점도값을 나타낸다고 하였다. McPherson *et al.*(2000)의 보고에 따르면 수분함량이 증가함에 따라 저온최고온도가 증가한다고 하였으며, 이는 수분함량이 감소함에 따라 교차 결합한 압출성형물의 아밀로펙틴 분자량이 감소되었기 때문이라고 하였다.

본 실험에서는 스크루 회전속도가 증가하여 기계적 에너지 투입량이 층 밀림 변형력에 의한 전분사슬의 손상이 있었으며, 투입된 열에너지에 의하여 메밀전분의 호화가 활발히 일어나게 되었고, 높은 수분함량에 의해 전분사슬이 재결합하여 노화현상이 증가한 것으로 판단된다.

최저점도

최저점도의 반응표면 회귀식의 결정계수(R^2)는 0.8622로 반응모형은 적합하였으며, 통계적으로도 유의성이 인정되었다($P<0.0001$). 선형효과는 유의성이 인정되었으나($P<0.0001$) 순수이차효과는 통계적으로 유의성이 인정되지 않았다.

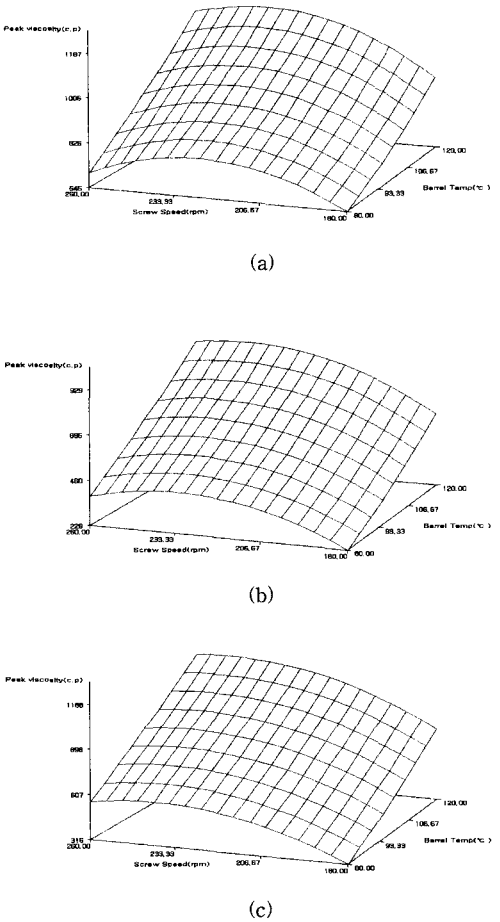


Fig. 4. Response surface plot of cold peak viscosity as input functions of screw speed and barrel temperature at extrusion moisture content 15.0%(a), 22.5%(b) and 30.0 %(c).

$$Y_3 = -373.56944+8.18472X_1-8.56458X_2-1.16852X_3 -0.01365X_1X_2+0.12639X_1X_3-0.11889X_2X_3-0.02115X_1^2 +0.05792X_2^2+0.09185X_3^2$$

여기서 Y_3은 최저점도이며, X_1, X_2, X_3은 스크루 회전속도, 배럴온도 및 수분함량을 각각 나타낸다. 세 독립변수 중에서 수분함량($P<0.0001$)으로 통계적으로 유의적인 요인이었고, 스크루 회전속도 및 배럴온도는 유의성이 인정되지 않았다.

최저점도는 배럴온도가 증가할수록 증가하였고, 수분함량이 증가할수록 증가하였으나, 스크루 회전속도가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 5).

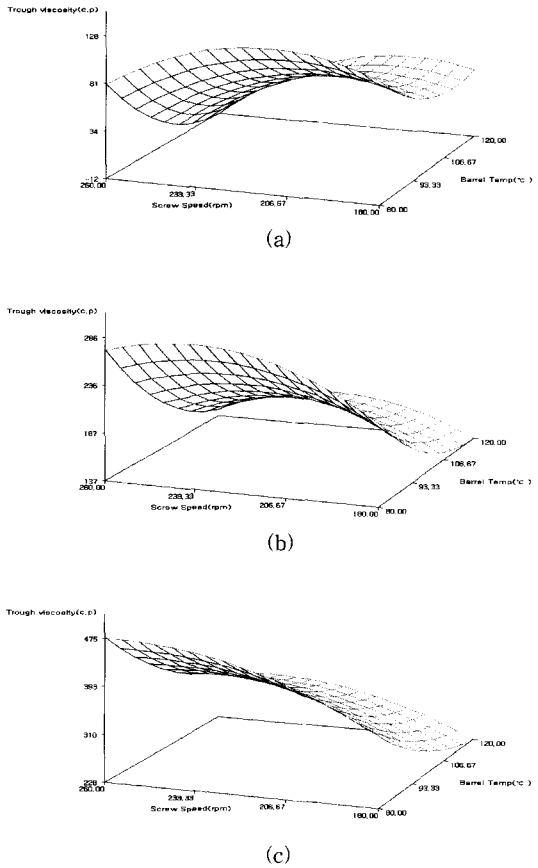


Fig. 5. Response surface plot of trough viscosity as input functions of screw speed and barrel temperature at extrusion moisture content 15.0%(a), 22.5%(b) and 30.0 %(c).

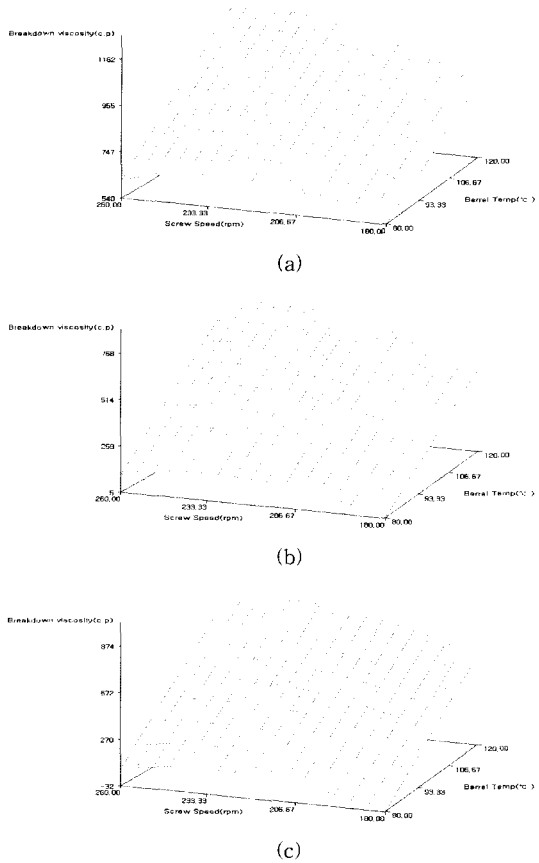


Fig. 6. Response surface plot of breakdown viscosity as input functions of screw speed and barrel temperature at extrusion moisture content 15.0%(a), 22.5%(b) and 30.0 %(c).

메밀과 마찬가지로 밀전분과 옥수수전분의 경우 고온 고전단 압출성형조건에서 압출성형 시 배럴내부에 가해지는 열과 전단력으로 인하여 전분의 구조가 파괴되어 점도가 감소한다는 보고도 있다(Gomezs *et al.*, 1983; Holm *et al.*, 1988a; Holm *et al.* 1988b).

구조파괴점도

구조파괴점도는 저온최고점도와 최저점도의 차이로서 호화과정 중 RVA paddle에 의해 페이스트에 가해지는 물리적 힘에 대한 호화전분입자의 파괴와 전분사슬 절단의 정도를 나타내는 지표가 된다(Lee과 Kwon, 1998).

구조파괴점도의 반응표면 회귀식의 결정계수(R_2)는 0.8732로 반응모형은 적합하였으며, 통계적으로도 유의성이 인정되었다(P<0.0001). 선형효과는 유의성이 인정되었으나(P<0.0001) 순수이차효과는 유의성이 인정되지 않았다.

$$Y_4 = 965.47685+20.79792X_1-7.36111X_2-276.30926X_3+0.05938X_1X_2+0.02694X_1X_3+0.42389X_2X_3-0.0566X_1^2-0.00556X_2^2+4.43161X_3^2$$

여기서 Y_4는 구조파괴점도이며, X_1, X_2, X_3은 스크루 회전속도, 배럴온도 및 수분함량을 각각 나타낸다. 세 독립변수 중에서 배럴온도와 수분함량(P<0.0001)이 통계적으로 유의적인 요인이었고, 스크루 회전속도는 유의성이 인정되지 않았다.

구조파괴점도는 스크루 회전속도가 증가할수록 급격히 증가하였고, 배럴온도가 증가할수록 약간 감소하였으며, 수분함량이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 6).

Bhattacharya *et al.*(1999)은 밀가루 압출성형물이

Table 2. Regression equation coefficients of the second order polynomilas for three response variables

	Cold Peak Viscosity (cp)	Trough Viscosity (cp)	Breakdown Viscosity (cp)	Final Viscosity (cp)	Setback Viscosity (cp)
b_0	591.907	-373.569	965.477	-221.486	174.630
liner					
b_1	28.983	8.185	20.798	10.630	2.584
b_2	-15.926	-8.566	-7.361	-12.777	-4.768
b_3	277.478**	-1.169	-276.309*	-25.578	-25.298
cross product					
b_{12}	0.046	-0.014	0.059	-0.005	0.009
b_{13}	0.153	0.126*	0.027	0.199*	0.073*
b_{23}	0.305	-0.119	0.424	0.041	0.159*
quadratic					
b_{11}	-0.078	-0.021	-0.057	-0.031	-0.011
b_{22}	0.052	0.058	-0.006	0.054	-0.001
b_{33}	4.524**	0.092	4.432*	0.119	0.046
R-Square	0.809	0.862	0.873	0.893	0.871
Probability of F	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

*Significant at 5% level **Significant at 1% level

[a]Model on which X_1=Screw speed, X_2=Barrel temperature, X_3=Extrusion moisture content is: $Y=b_0+b_1X_1+b_2X_2+b_3X_3+b_{12}X_1+ b_{13}X_{13}+b_{23}X_{23}+b_{11}X_{12}+b_{22}X_{22}+b_{33}X_{32}$

높은 수분함량에서는 반죽의 수분이 윤활유 역할을 하며 압출성형중 반죽의 점도를 낮게 하여 높은 구조파괴점도를 형성한다고 보고 하였다. 본 실험에서는 위의 실험과 유사한 결과를 나타내었으며, 압출성형과정 중 스크루 회전에 의한 높은 층 밀림 변형력에 기인하여 호화된 전분입자의 파괴 및 전분사슬의 절단의 정도가 높게 형성된 것으로 판단된다.

최종점도

최종점도는 냉각 후 50°C를 유지한 상태에서 측정되어지는 페이스트 점도로, 가열 후 냉각된 겔 상태 등으로 형성된 물질의 품질을 측정하는데 이용하는 변수로 사용되어 진다(Lee와 Kwon, 1998). 또한 Grant (1998)는 노화도가 낮을수록 최종점도는 낮게 나타난다고 하였다.

최종점도의 반응표면 회귀식의 결정계수(R2)는 0.8930으로 반응모형은 적합하였으며, 통계적으로도 유의성이 인정 되었다(P<0.0001). 선형효과는 유의성이 인정되었으나(P<0.0001) 순수이차효과는 유의성이 인정 되지 않았다(P>0.1)

$Y_5 = -221.48611+10.62986X_1-12.77708X_2-25.57778X_3-0.0049X_1X_2+0.19944X_1X_3+0.04056X_2X_3-0.03125X_1^2+0.05375X_2^2+0.11852X_3^2$

여기서 Y_5는 최종점도이며, X_1, X_2, X_3은 스크루 회전속도, 배럴온도 및 수분함량을 각각 나타낸다. 세 독립변수 중에서 스크루 회전속도(P<0.05)와 수분함량(P<0.0001)이 통계적으로 유의적인 요인이었고, 배럴온도는 유의성이 인정되지 않았다.

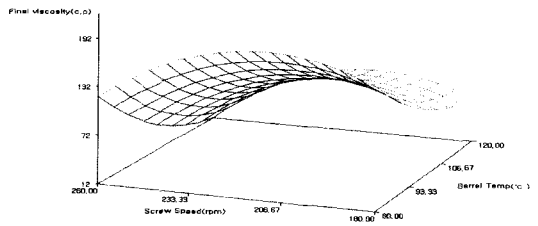
최종점도는 압출성형 스크루 회전속도가 증가할수록 감소하였으나, 배럴온도가 증가 시 급격히 증가하였고, 수분함량이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 7).

본 실험에서 스크루 회전에 의한 높은 층 밀림 변형력에 의하여 전분의 파괴가 증가하였고, 그에 따른 전분 재결정화가 증가하여 최종점도가 증가한 것으로 판단된다.

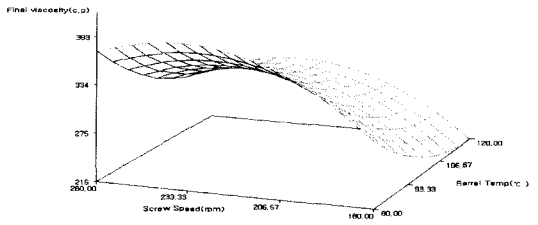
회복점도

회복점도는 최종점도에서 최저점도를 뺀 값을 말하며, 조직감을 비교할 때 사용하는 지표이다. 회복점도의 반응표면 회귀식의 결정계수(R_2)는 0.8711로 반응모형은 적합 하였으며, 통계적으로도 유의성이 인정 되었다(P<0.0001). 선형효과는 유의성이 인정되었지만(P<0.0001) 순수이차효과는 유의성이 인정되지 않았다.

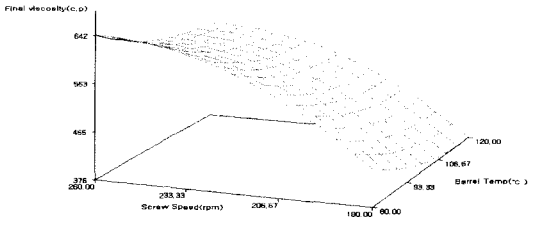
$Y_6 = 174.62963+2.58403X_1-4.76806X_2-25.29815X_3+0.00875X_1X_2+0.07306X_1X_3+0.15944X_2X_3-0.01045X_1^2-0.00139X_2^2+0.04642X_3^2$



(a)

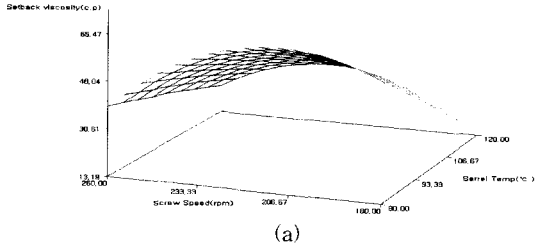


(b)

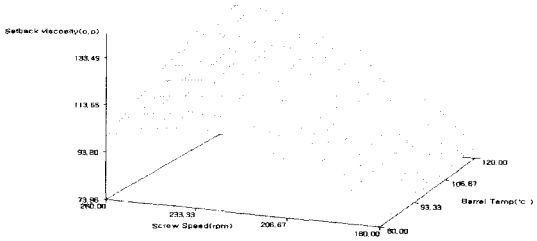


(c)

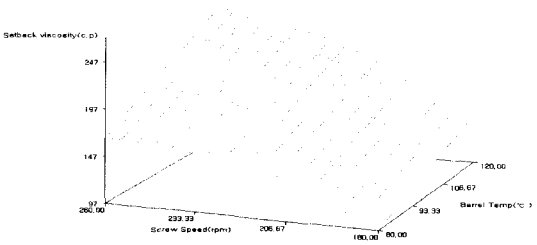
Fig. 7. Response surface plot of final viscosity as input functions of screw speed and barrel temperature at extrusion moisture content 15.0% (a), 22.5%(b) and 30.0%(c).



(a)



(b)



(c)

Fig. 8. Response surface plot of setback viscosity as input functions of screw speed and barrel temperature at extrusion moisture content 15.0%(a), 22.5%(b) and 30.0 %(c).

여기서 Y_6은 회복점도이며, X_1, X_2, X_3은 스크루 회전속도, 배럴온도 및 압출성형 수분함량을 각각 나타낸다. 세 독립변수 중에서 스크루 회전속도($P<0.05$)와 수분함량($P<0.0001$)이 통계적으로 유의적인 요인이었고, 배럴온도는 유의성이 인정되지 않았다. 회복점도는 압출성형 스크루 회전속도, 배럴온도 그리고 수분함량이 증가할수록 증가하였다(Fig. 8).

Whalen *et al.*(1997)은 옥수수전분의 수분함량이 증가할 경우 회복점도가 증가하며, 적정량 이상의 수분이 존재 시 수분함량의 감소는 전분의 노화를 증가시킨다고 보고하였다.

요 약

압출성형 공정변수의 조절을 통한 메밀 압출성형 물의 페이스트점도의 변화를 결정하기 위하여 스크루 회전속도(180, 220, 260 rpm), 배럴온도(80, 100, 120℃) 및 수분함량(15.0, 22.5, 30.0%)을 달리하여 압출성형물을 제조하였다. 압출성형 공정변수에 따른 페이스트 점도지표를 보면 스크루 회전속도가 증가할 경우 최종점도는 감소하였으나 회복점도는 증가하는 경향을 나타내었다. 배럴온도 증가할수록 저온최고점도와 구조파괴점도가 감소하는 경향을 나타내었다. 수분함량 증가할 경우 저온최고온도, 최저점도, 구조파괴점도, 최종점도, 회복점도가 증가하는 경향을 나타내었다. 결론적으로 압출성형 메밀의 페이스트점도는 스크루 회전속도, 배럴온도, 수분함량과 같은 압출성형 공정변수의 제어를 통하여 조절이 가능하였다.

참고문헌

Aitken, J. 1973. Buckwheat as a source of quality protein. *Canadex*. 118-180, Atric. Can.

Bhattachatya S., M.L. Sudba and A. Rahim. 1999. Pasting characteristics of an extruded blend of potato and wheat flours. *J. of Food Eng.* **40**: 107-111.

Choi, H.S. and K.H. Sohn. 1998. The study on emulsifying and foaming properties of buckwheat protein isolate. *Korean J. Soc. Food Sci.* **9(1)**: 43-51.

Choi, B.H. 1993. Buckwheat. An extraordinary taste food. *Hanrim Publishing*, 106. Chung, M.Y. and S.J. Lee. 1997. Effect of the energy of extrusion on the starch gelatinization. *Korean J. Food Sci. Technol.* **29(1)**: 72.

Chung, M.Y. and S.J. Lee. 1997. Analysis of the thermal/ Mechanical energy in food extrusion process. *Korean J. Food Sci. Technol.* **29(1)**: 65.

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

Do, J.R., S.L. OH, Y.M. Kim, J.H. Jo, K.D. Moon, K.S. Jo and J.G. Koo. 1994. A study on the physicochemical properties of extrudate containing Sea mustard by single extruder. *Bull. Korean Fish. Soc.* **27(1)**: 13-26.

Gomez, M.H. and J.M. Aguilca. 1983. Changes in the starch fraction during extrusion cooking of corn. *J. Food Sci.*, **48**: 378-381.

Grant L.A. 1998. Effect of starch isolation, drying and grinding techniques on its gelatinization and retrogradation properties. *Cereal Chem.* **75(5)**: 590-594.

Harmeet, S., H. Guraya, R.S. Kadan and E.T. Champagne. 1997. Effect of rice starch-lipid complexes on in vitro digestibility, complexing index and viscosity. *Cereal Chem.* **74(5)**: 561-565.

Holm, J., I. Bjorck and A.C. Eliasson. 1988a. Effect of thermal processing of wheat and starch. I. Physico-chemical and fractional properties. *J. Cereal Sci.* **7**, 249-260.

Holm, J., I. Bjorck and A.C. Eliasson. 1998b. Effect of thermal processing of wheat and starch. II. Physico-chemical and fractional properties. *J. Cereal Sci.* **8**: 145-152.

Lee, G.D. and J.H. Kwon. 1998. The use of response surface methodology to optimize the Maillad reaction to produce melanoidines with high antiozidative and antimutagenic actives. *International J. Food Sci. Technol.* **33**: 375.

Marshall, H.C. and Y. Proneranz. 1982. Buckwheat; Description, breeding, production and utilization. *Adv. Cereal Sci. Technol.* **5**: 127.

Manishm Guha, Syed Zakiuddin Ali and Suvendu Bhattacharya. 1998. Effect of barrel temperature and screw speed on rapid vicoanalyser pasting behaviour of rice extrudate. *International J. Food Sci. Technol.* **33**: 259-266.

McPherson, A.E., T.B. Bailey and J. Jane. 2000. Extrusion of cross-linked hydroxypropylated corn starches I. Pasting properties. *Cereal Chem.* **77(3)**: 320-325.

Ohara, T., H. Ohinat, N. Muramatsu and T. Matsuhashi. 1989. Determination of rutin in buckwheat foods by high performance liquid chromatography. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* **36**: 114.

Ryu, G.H. *2005*. Food Extrusion Technology. *Kongju National University Press. Kongju.*

RVA Manual 1995. RVA-3 series operation manual using dos thermocline software. *Newport Scientific.*

Sure, B. 1995. Nutritive value of proteins in cereal trains. *J. Agric. Food. Chem.* **3**: 793.

Whalen, P.J., M.L. Bason, R.I. Booth, C.E. Walker and P.J. Williams. 1997. Measurenment of extrusion effects by viscosity profile using the rapid viscoanalyser. *Cereal Food World* **42(6)**: 469-475.