

압출성형과 동결건조 곡류의 특성

김 철 · 박희용 · 류기형*

공주대학교 식품공학과, 공주대학교 식품과학연구소

Characteristics of Cereals Prepared by Extrusion-Cooking and Freeze-drying

Jin Tie, Hee-Yong Park, and Gi-Hyung Ryu*

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

Characteristics of cereals prepared by extrusion-cooking and freeze-drying were compared. Parameters used were water solubility index (WSI), water absorption index (WAI), paste viscosity, and sterilization. Variables for extrusion process were barrel temperature at die section (70, 90, and 110°C) and moisture content (25 and 30%). WAI and WSI of extruded cereals were higher, whereas trough, breakdown, and final viscosity were lower than those of raw and freeze-dried cereals. Plate counting revealed no microbes in extruded cereals, whereas microbe colony was observed in freeze-dried cereals. Extrusion-cooking at low temperature resulted in better sterilization of microbes than freeze-drying for preparation of instant cereal drinks.

Key words: extrusion process, extruded cereals, pasting property, microbial plate count

서 론

최근 비만과 성인병 등 식품이 원인이 되는 만성병이 급증하면서 일반인들의 건강에 대한 관심의 고조와 함께 식품에 포함된 미량 영양성분과 생리활성성분의 파괴를 최소화하여 섭취하려는 욕구도 점차 증가되고 있다. 이러한 식습관에 따라 생식이나 선식과 같은 곡류를 소재로 한 건강 및 간편형 식품 산업이 가속화되고 있다(1,2).

또한 식품의약품안전청에서는 생식의 기준 및 규격을 신설하기 위한 입안을 예고하였다. 식약청에서 입안 예고된 내용에 따르면 생식이란 “동, 식물성 원료를 주원료로 건조 등 가공처리하여 분말, 과립, 바(bar), 페이스트, 젤상, 액상 등으로 제조한 것으로 이를 그대로 또는 물 등과 혼합하여 섭취할 수 있도록 편리성을 지니게 한 것을 말한다.”고 정의하며 생식원료의 건조는 영양소의 파괴, 효소의 불활성화, 전분의 호화 등이 최소화되도록 동결건조, 자연건조, 60°C 이하의 송풍건조 등을 하도록 그 제조, 가공기준을 정하고 있다.

대표적인 곡류편이식품인 생식은 열처리를 하지 않기 때문에 소화율과 기호성이 떨어지고 유해균의 오염 우려가 있는 단점이 있다. 최근 시판되고 있는 생식, 선식제품에서 식중독균

및 대장균군이 검출돼 살균처리가 미흡한 것으로 드러났다. 생식에 대한 현행 규격기준으로는 대장균군이나 일반세균에 대한 기준은 없지만 유해균은 아니더라도 오염지표로서 대장균군이 10개 제품 중 7개 제품이 검출되어 보다 철저한 위생관리가 요구되고 있다(3).

압출성형공정은 1930년대부터 본격적으로 노동집약적인 기술의 해결방안으로 산업에 응용되기 시작하였다(4). 1930년대 중반에 단축 압출성형기를 이용한 연속공정으로 파스타를 생산하게 되면서 식품산업에 체계적으로 적용되기 시작하였다(5). 최근에는 고분자 플라스틱, 식품, 사료, 생물산업, 의약품산업에 다양하게 적용되고 있다. 압출성형공정은 혼합, 분쇄, 가열, 성형, 살균 등과 같은 단위조작이 압출성형기 내부에서 1-2분 동안의 단시간에 동시에 일어나므로 다른 열처리공정보다 효율적이고 경제적인 공정이다(6).

압출성형공정에서 조절이 가능한 독립변수는 원료투입속도, 수분함량, 배열온도, 스크루 회전속도, 사출구, 스크루의 재원과 배열 등이다. 독립변수의 조절에 의해 목적하는 제품의 특성을 조절할 수 있고 다양한 특성을 가지는 제품을 생산할 수 있다(7). 이러한 압출성형공정의 특성을 이용하여 곡류를 팽화시킨 스낵제품(8-11), 탄산가스나 초임계탄산의 주입을 통해 100°C 이하의 비교적 저온에서 호화된 곡류용융반죽을 팽화시켜 열에 불안정한 영양소나 기능성 성분을 강화하기 위한 저온 압출성형(12-15), 호화전분, 식물성 단백질의 조직화(16) 등의 연구결과와 함께 식품생물산업에 널리 이용되고 있지만 선식 및 생식원료의 제조공정에는 적용되지 않고 있다.

압출성형공법을 선식이나 생식과 같은 곡류소재의 가공에 적

*Corresponding author: Department of Food Science and Technology, Kongju National University, Yesan, Choongnam 340-800, Korea

Tel: 82-41-330-1484

Fax: 82-41-335-5944

E-mail: ghryu@kongju.ac.kr

용할 경우 미생물의 오염방지, 소화율의 향상, 영양소나 기능성 성분 파괴의 최소화, 단순 배합형태의 분말제품이 아닌 과립이나 바(bar) 등 다양한 형태의 제품을 생산할 수 있는 가능성이 있지만 전식이나 생식의 제조공정에 압출성형공정의 적용은 시도되지 않고 있다.

그러므로 본 연구는 압출성형공정을 이용하여 새로운 형태의 곡류생식소재 개발을 위한 기초연구로서 동결건조와 압출성형한 생식원료 곡류의 수분용해지수, 수분흡착지수, 페이스트 점도와 미생물지표로서 일반세균수를 측정하였다.

재료 및 방법

실험재료

현미, 찐 현미, 발아현미, 옥수수, 보리, 밀, 수수, 차조, 팥, 검정콩을 재료로 하였다. 압출성형 처리군과 비교하기 위하여 생식제조용으로 사용되는 동결건조 현미, 발아현미, 밀, 보리, 수수, 팥을 구입하였다.

곡류의 전처리

시료를 핀밀(경창기계, 서울)을 사용하여 입자크기를 120 mesh 이하로 분쇄한 후 냉장보관하면서 실험에 사용하였다.

단일곡류 압출성형

Chang(17)의 방법을 응용하여 분쇄한 현미와 발아현미를 각각 5 kg씩 수분함량을 25%와 30%로 미리 조절한 후 24시간 동안 냉장 보관하여 수분을 고르게 분포시킨 다음 개별적으로 압출성형시료를 제조하였다. 압출성형시료의 제조는 실험용 쌍축 동방향 압출성형기(THK 31T, 인천기계)를 사용하였으며 스크루배열은 Fig. 1과 같다. 스크루 직경은 2.9 cm이며 길이와 직경비(L/D ratio)는 25:1이었고 사출구는 원형으로 직경이 3.0 mm인 것을 사용하였다. 배럴의 온도 조절은 전열기와 냉각수를 사용하여 조절하였다.

압출성형 공정변수는 배럴온도와 수분함량이며 배럴온도는 70/70/60/40°C와 90/90/60/40°C(배럴부위 1/2/3/4), 수분함량은 25%와 30%로 하였다. 스크루 회전속도는 250 rpm, 원료사입량은 177.9 g/min으로 고정하였다. 압출성형시료는 건조기 50°C에서 8시간 건조하고 후드 믹서(FM-681, Hanil)로 분쇄한 후 300 µm체로 친 분말을 실험에 사용하였다.

혼합곡류 압출성형

Chang(17)의 방법을 응용하여 분쇄한 곡류(현미, 발아현미, 보리, 옥수수, 수수, 차조, 검정콩)를 현미 42.1%, 발아현미 1.8%, 보리 28.1%, 옥수수 7%, 수수 8.8%, 차조 7%, 검정콩 5.2%의

비율로 배합한 후 압출성형시료를 제조하였다. 배합비는 생식 제조회사의 배합비를 참고하였다.

압출성형시료의 제조에 사용된 압출성형기는 단일 생식곡류의 압출성형에 사용한 것과 동일한 기종이며, 압출성형 공정변수는 배럴온도와 수분함량이며 배럴의 온도는 70/70/60/40°C, 90/90/60/40°C, 110/110/60/40°C(배럴부위 1/2/3/4), 수분함량은 25%와 30%로 하였다. 스크루 회전속도는 250 rpm, 원료사입량은 197.1 g/min으로 고정하였다. 압출성형시료의 건조와 분쇄는 단일 생식곡류 압출성형시료의 처리방법과 동일하게 하였다.

수용성지수와 수분흡착지수

시료의 수용성 성질을 분석하기 위하여 AACC 방법(18)을 응용하여 시료 1 g(d.b.)에 증류수 25 mL를 가하여 30°C의 항온수조(SWB 10, Jeio Tech.)에서 30분간 교반한 후 원심분리기(H-1000-3, Hanil Science Industrial Co.)에서 2500 rpm으로 20분간 원심 분리하였다. 상등액은 알루미늄접시에 부어 105°C의 열풍 건조기(HB-502MP, Han Beak Co.)에서 2시간 동안 건조하였다. 건조된 시료를 데시케이터에 담아 30분간 방냉 후 고정분 함량을 측정하였다. 상등액을 따른 후의 튜브무게를 칭량하고 수분용해지수(water soluble index, WSI)와 수분흡착지수(water absorption index, WAI)를 각각 식(A)과 식(B)로 결정하였다.

$$WSI(\%) =$$

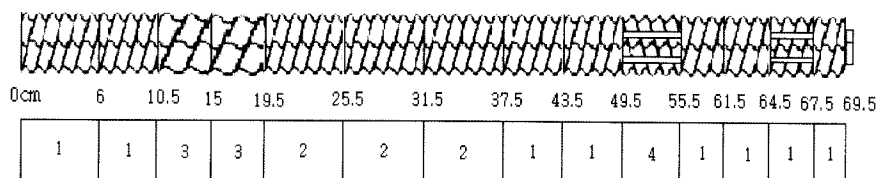
$$\frac{\text{Dry solid wt. recovered by evaporating the supernatant}}{\text{Dry sample wt.}} \times 100(A)$$

$$WAI = \frac{\text{Hydrated Sample wt.} - \text{Dry Sample wt.}}{\text{Dry sample wt.}} \quad (B)$$

페이스트 점도

곡류의 페이스트 점도를 측정하기 위하여 신속점도측정기(RVA, Rapid Visco Analyser, Newport Scientific Inc. RVA3D)를 사용하였다. 시료 4 g(14%, w.b.)을 알루미늄캔에 넣은 후 25 mL의 증류수를 가하고 유리막대기를 이용하여 1차 교반한 후 페이스트 점도를 측정하였다.

신속점도기의 가열과 냉각조건은 초기온도 25°C에서 2분 동안 25°C로 유지한 다음 5분 동안 95°C로 가열 후 3분 동안 95°C로 유지하였으며 5분에 걸쳐 25°C로 냉각하였다. 총 소요 시간은 18 분이였으며 시료의 분산을 증가시키기 위하여 10초간 960 rpm으로 페달을 회전시킨 후 160 rpm에서 점도를 측정하였다(19). Fig. 2의 페이스트 점도곡선으로부터 최고점도(peak viscosity, PV), 최저점도(trough viscosity, TV), 최종점도(final viscosity, FV), 구조파괴점도(breakdown viscosity, BV)와 회복점도(setback viscosity, SV) 등의 페이스트점도 지표들 각각 계산하였다.



1. 1/2 Pitch screw 3. Forward paddle L/D ratio : 25:1
 2. 2/3 Pitch screw 4. Reverse screw element Φ : 2.9cm

Fig. 1. Screw configuration for extrusion-cooking of cereals (Model THK 31T).

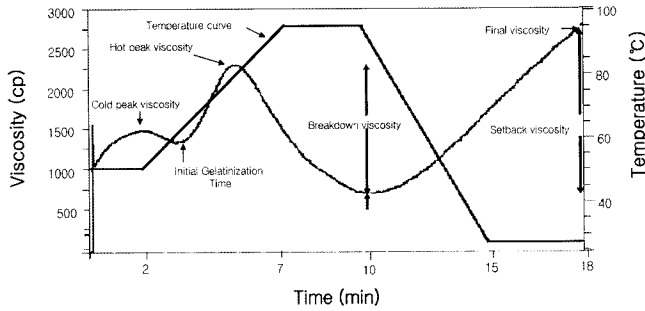


Fig. 2. RVA temperature profile and pasting parameters.

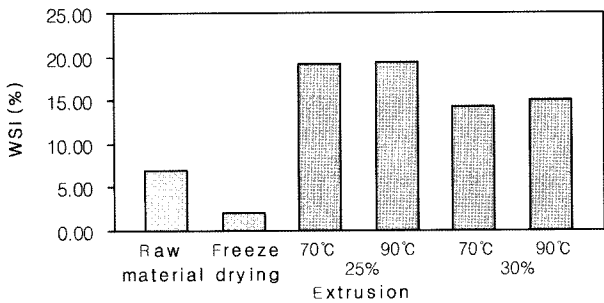


Fig. 3. Water solubility index (WSI) of raw, freeze dried and extruded-sprouted brown rice.

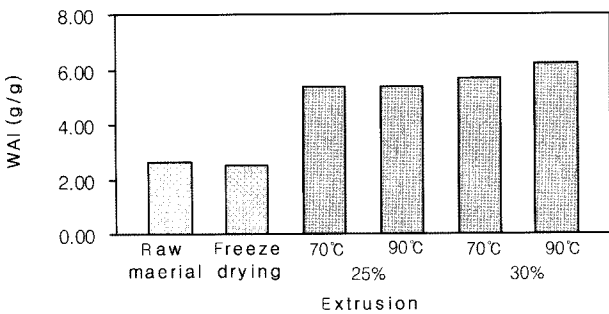


Fig. 4. Water absorption index (WAI) of raw, freeze dried and extruded-sprouted brown rice.

미생물균수

미생물검사는 Chung 등(3)의 방법을 응용하여 일반세균을 검사대상으로 하였다. 각각의 시료 1g을 0.85% 생리식염수 10mL이 들어있는 시험관에 넣어주고 잘 섞어준 다음 연속 희석하였다. 각각의 희석액에서 1mL씩 취하여 배지(PCA, Plate Count Agar)에 pour plating하고 37°C 인큐베이터(VS-1203P3, Vision Scientific Co.)에서 24시간 배양한 후 일반세균수를 측정하였다.

결과 및 고찰

수분용해지수와 수분흡착지수

발아현미, 동결건조 및 압출성형 발아현미의 수용성지수와 수분흡착지수를 Fig. 3, 4에 각각 비교하였다. 압출성형 발아현미의 수용성지수와 수분흡착지수가 원료 발아현미나 동결건조 발아현미에 비해 높았다. 또한 원료 발아현미의 수용성지수가 동결건조 발아현미보다 높게 나타났고 수분흡착지수는 큰 차이가 없었다. 수분함량에 따른 수용성지수와 수분흡착지수의 변화는 수분함량이 25%에서 30%로 증가함에 따라 수용성지수는 크게 감소하였지만 수분흡착지수는 증가하는 경향을 보였다.

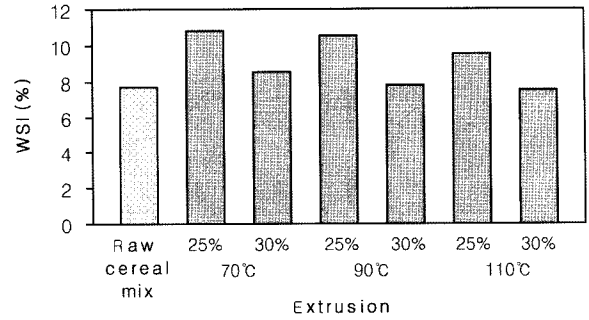


Fig. 5. Water solubility index (WSI) of extruded and raw cereal mix.

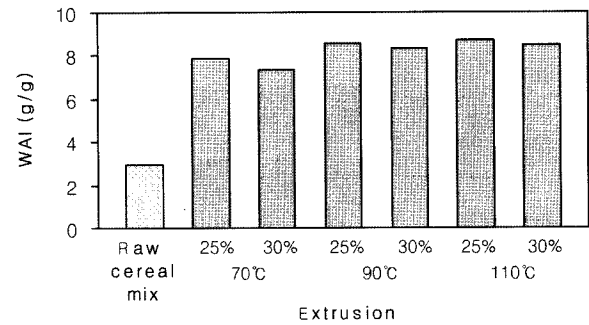


Fig. 6. Water absorption index (WAI) of extruded and raw cereal mix.

현미 42.1%, 발아현미 1.8%, 보리 28.1%, 옥수수 7%, 수수 8.8%, 차조 7%, 검정콩 5.2%의 비율로 배합한 원료곡류와 압출성형한 혼합곡류의 수용성지수와 수분흡착지수는 Fig. 5, 6과 같다.

압출성형 혼합곡류의 수분흡착지수는 원료 혼합곡류에 비해 높았다. 즉 원료 혼합곡류의 수분흡착지수 2.93과 비교하여 배럴온도 70°C, 수분함량 25%에서 압출성형한 시료의 수분흡착지수는 7.88로 압출성형공정을 통해 크게 증가하였다. 반면에 수용성지수는 수분흡착지수와 비교하여 압출성형을 통해 큰 차이를 보이지 않았다.

압출성형시료에서 배럴온도 변화에 따른 수용성지수의 변화는 수분함량 25%에서 배럴온도가 70°C에서 110°C로 증가함에 따라 10.79%에서 9.56%로 감소하였고 수분함량 30%에서 배럴온도가 70°C에서 110°C로 증가함에 따라 8.47%에서 7.47%로 감소하는 경향을 보였다.

배럴온도 변화에 따른 수분흡착지수의 변화는 수분함량 25%에서 배럴온도가 70°C에서 110°C로 증가함에 따라 7.88에서 8.70으로 증가하는 경향을 보였다. 수용성지수와는 달리 수분흡착지수는 수분함량 30%에서 배럴온도가 70°C에서 110°C로 증가함에 따라 7.34에서 8.47로 증가하는 경향을 보였다.

이상의 결과 압출성형을 통해 단일곡류와 혼합곡류의 수용성지수와 수분흡착지수가 증가하였다. 이는 현미, 보리 및 옥수수 등에 포함된 전분이 압출성형공정을 거치면서 부분적인 호화와 스크루의 회전을 통해 배럴 내부물질에 가해지는 전단력에 의한 전분사슬의 절단과 함께 아밀로펙틴의 분획화를 통해 아밀로오스함량이 증가하여 수용성지수가 증가(20,21)했기 때문으로 판단되었다.

페이스트 점도

현미의 최고점도, 최저점도와 구조과괴점도를 비교 분석한

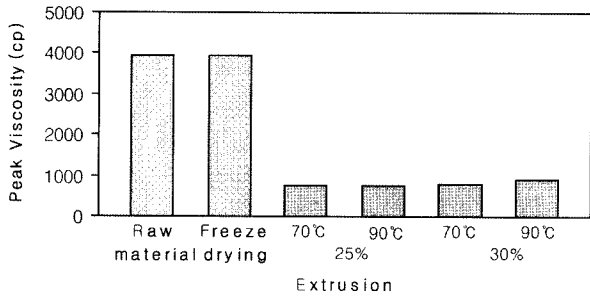


Fig. 7. Peak viscosity (PV) of raw, freeze-dried and extruded brown rice.

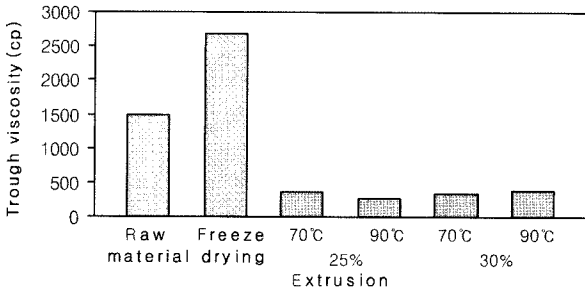


Fig. 8. Trough viscosity (TV) of raw, freeze-dried and extruded brown rice.

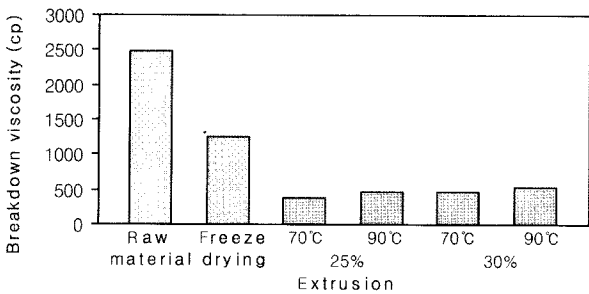


Fig. 9. Breakdown viscosity (BV) of raw, freeze-dried and extruded brown rice.

결과는 Fig. 7, 8, 9와 같다. 최고점도는 압출성형 현미가 원료 현미와 동결건조 현미에 비해 현저히 감소하였고 원료 현미와 동결건조 현미는 큰 차이를 나타내지 않았다. 압출성형 현미에서 최고점도는 배럴온도가 70°C에서 90°C로 증가함에 따라 높게 나타났고 수분함량이 25%에서 30%로 증가함에 따라 증가하였다.

최저점도는 압출성형 현미가 원료 현미와 동결건조 현미에

비해 현저히 감소하였고 원료 현미와 동결건조 현미를 비교할 때 원료 현미가 현저히 낮았다. 압출성형 현미에서 최저점도는 배럴온도 90°C, 수분함량 25%일 때 가장 낮게 나타났고 배럴온도 90°C, 수분함량 30%일 때 가장 높게 나타났다.

구조파괴점도는 최고점도와 최저점도의 차이로서 호화과정 중에서 RVA 페달(paddle)이 페이스트에 작용하는 물리적 힘에 의한 호화전분입자의 파괴와 전분사슬의 절단정도를 나타낸다(22). 일반적인 전분입자에서 파괴도와 점도는 전분의 호화가 진행되는 동안에 전분의 종류, 기계적 전단응력, 화학제의 영향을 받는다(23).

압출성형 현미의 구조파괴점도가 원료 현미와 동결건조 현미에 비해 현저히 낮게 나타났고 원료 현미와 동결건조 현미를 비교할 때 원료 현미가 현저히 높았다. 압출성형 현미에서 구조파괴점도가 배럴온도와 수분함량이 각각 70°C에서 90°C로, 25%에서 30%로 증가함에 따라 증가하였다. 류 등(24)은 밀가루 압출성형물과 옥수수전분 압출성형물에서 수분함량의 증가에 따른 압출성형물의 호화가 최고점도를 증가시켜 구조파괴점도를 증가시킨다고 하였다. 이는 본 실험에서 수분함량이 증가함에 따라 현미의 최고점도와 구조파괴점도가 증가한 결과와 일치하였다.

혼합곡류와 압출성형한 혼합곡류의 페이스트 점도지표는 Table 1과 같다. 압출성형 후 혼합곡류의 최고점도, 최저점도, 최종점도, 회복점도는 압출성형 전 혼합곡류에 비해 크게 감소하였다. 구조파괴점도는 배럴온도 70°C, 수분함량 25%인 압출성형시료를 제외하고 압출성형 전 혼합곡류에 비해 증가하였다.

최고점도와 구조파괴점도는 압출성형시료에서 배럴온도 90°C, 수분함량 30%인 시료를 제외하고 배럴온도가 70°C에서 110°C로 증가함에 따라 증가하였고 수분함량이 25%에서 30%로 증가함에 따라 증가하였다. 최저점도는 배럴온도가 70°C에서 110°C로 증가함에 따라 감소하였다.

최종점도와 회복점도는 수분함량이 25%에서 30%로 증가함에 따라 높게 나타났다. 최종점도는 배럴온도가 70°C에서 110°C로 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 최종점도는 일반적으로 겔 형성력과 노화도 등의 지표로 사용된다(19). Grant(25)는 노화도가 낮을수록 최종점도가 낮게 나타난다고 보고하였는데 이는 혼합곡류의 압출성형에서 배럴온도가 증가와 함께 최종점도의 감소(Table 1)는 노화도가 감소와 연관성이 있는 것으로 판단되었다.

미생물균수

다른 곡류가공품과 비교하여 생식제조과정은 가열살균조작을 거치지 않으며 섭취 시에도 대부분 조리를 하지 않으며 물

Table 1. Paste viscosity of extruded and raw cereal mix

Extrusion process variables		Paste viscosity(cp)				
Moisture content (%)	Barrel temperature (°C)	PV	TV	FV	BV	SV
25	70	719	72	350	647	278
	90	806	41	293	765	252
	110	932	22	305	910	283
30	70	1054	90	433	964	343
	90	966	36	323	930	287
	110	1206	23	315	1184	292
Raw cereal mix		1523	785	2651	739	1866

PV: Peak viscosity, TV: Trough viscosity, FV: Final viscosity, BV: Breakdown viscosity, SV: Setback viscosity

Table 2. Colony number in freeze dried and extruded cereals

Cereals	Process	Colony number (cfu/g)
Brown rice	Steamed	2×10^2
	Freeze drying	1×10^4
	Extrusion	None
Sprouted brown rice	Freeze drying	2×10^5
	Extrusion	None
Wheat	Freeze drying	7
Barley	Freeze drying	1×10^4
Sorghum	Freeze drying	9×10^3
Red bean	Freeze drying	2×10^3

Extrusion conditions were moisture content 30% and barrel temperature at die session 70°C.

Table 3. Colony number in extruded and raw cereal mix

Extrusion process variables		Colony number (cfu/g)
Moisture content (%)	Barrel temperature (°C)	
25	70	None
	90	None
	110	None
30	70	None
	90	None
	110	None
Raw cereal mix		8×10^3

이나 우유에 희석하여 음용한다. 따라서 생식원료나 제조과정에서 유해 미생물이 혼입되어 식중독을 일으킬 우려가 있다. 이러한 문제점을 보완할 수 있는 방안으로 압출성형과 동결건조 처리한 현미, 발아현미, 보리, 밀, 수수, 팥의 일반세균수를 측정 결과를 Table 2에 나타내었다.

스팀처리한 현미의 일반세균수는 2×10^2 cfu/g으로 적게 검출되었지만 동결건조 현미는 10^4 cfu/g, 동결건조 발아현미는 2×10^5 cfu/g, 동결건조 보리는 10^4 cfu/g 으로 일반세균수가 많이 검출되었다. 이 중에서 현미와 발아현미를 사출구부위 배럴 온도 80°C, 수분함량 28%, 스크루 회전속도 250 rpm에서 압출성형물을 조제하고 건조기 60°C에서 8시간 건조한 후 300 µm 체로 친 분말을 시료로 일반세균수를 측정하였다. 압출성형한 현미와 발아현미에서 미생물이 모두 사멸되어 검출 되지 않았다. 이는 사출구부위 배럴 온도 80°C에서 압출성형공정으로 미생물살균이 가능한 것을 보여주었다.

또한 압출성형공정의 미생물살균 효과를 검증하기 위하여 혼합곡류와 압출성형한 혼합곡류의 일반세균수를 측정하였으며 그 결과는 Table 3과 같다. 혼합곡류에서 일반세균수가 8×10^3 cfu/g 검출되었고 각 압출성형조건에서 조제한 압출성형 혼합곡류에서 미생물이 검출되지 않았다.

압출성형공정에서 압력, 전단력 및 가열은 살균작용에 기여하는 것으로 생각된다. 밀가루 압출 시 호열성 세균인 *B. stearothermophilus* FS 1518의 포자 10^{10} - 10^{11} 정도를 첨가해서 압출성형기로 처리한 후 압출성형물 중의 잔존 포자수를 조사한 결과 포자의 살균율은 체류시간에 큰 영향을 받았고 완전 살균을 하기 위해서는 배럴의 길이를 연장하거나 원료 공급 속도를 감소시킴으로써 가능하다고 보고(26)하였다.

또한 압출성형 공정변수에 따라 살균율은 차이가 있지만 배럴 온도 120-150°C에서 내열성균 *B. subtilis*의 포자를 원료와 함

께 압출성형기에 투입한 후 제품 중에 남아있는 균수를 조사한 결과 제품 중의 포자는 검출되지 않았으며, 후추 가루를 원료로 압출성형기의 살균 특성을 검토한 결과 원료 공급량 20 kg/hr에서 제품 중의 잔존 세균수는 10^3 cfu/g이하로 되었고 관능 검사결과 품질에 변화가 없었다고 보고하였다(27). 이러한 연구결과는 본 실험에서 압출성형과정 중에 미생물이 사멸되어 단일곡류와 혼합곡류에서 미생물이 검출되지 않은 결과와 일치하였다. 이상의 결과 쌍축동방향 압출성형기의 살균 특성이 우수하며 곡류식품 소재용 원료곡류의 미생물살균에 압출성형공정은 효율적인 공정이라고 판단되었다.

압출성형공정은 원료곡류 미생물의 살균과 함께 수용성을 증가시킬 수 있었으므로 선식을 비롯한 곡류소재의 제조에 응용할 수 있는 효율적인 공정으로 판단되었다. 한편 생식원료 곡류의 가공에 압출성형공정을 적용할 경우, 압출성형온도가 60°C보다 낮은 저온압출성형공정으로 원료곡류를 가공할 수 있다면 기존의 동결건조를 대체할 수 있는 가능성을 발견하였다.

요 약

압출성형공정을 곡류식품 소재개발에 적용하기 위한 기초연구로서 압출성형으로 곡류를 처리한 후 압출성형 곡류, 원료 곡류, 동결건조 곡류의 수용성지수, 수분흡착지수, 페이스트점도와 미생물지표로서 일반세균수를 측정하였다. 압출성형 시료는 배럴 온도(70, 90, 110°C)와 수분함량(25, 30%)을 달리하여 제조하였다.

원료 곡류, 동결건조 곡류, 압출성형 단일곡류와 압출성형 혼합곡류의 수용성지수와 수분흡착지수는 압출성형시료가 원료 곡류와 동결건조 곡류에 비해 증가하였다. 압출성형 혼합곡류에서 수분용해지수는 배럴 온도 70°C, 수분함량 25%일 때 가장 높았고 수분흡착지수는 배럴 온도 110°C, 수분함량 25%일 때 가장 높게 나타났다.

원료 곡류, 동결건조 곡류, 압출성형 단일곡류와 압출성형 혼합곡류의 최고점도, 최저점도, 구조파괴점도, 최종점도는 압출성형시료가 원료 곡류와 동결건조 곡류에 비해 현저히 감소하였다. 압출성형 혼합곡류에서 최고점도와 구조파괴점도는 배럴 온도 70°C, 수분함량 25%일 때 가장 낮았고 최저점도는 배럴 온도 110°C, 수분함량 25%일 때 가장 낮은 값을 나타내었다. 최종점도는 배럴 온도 90°C, 수분함량 25%일 때 가장 낮게 나타났다. 미생물지표로서 일반세균수를 측정 한 결과는 압출성형공정으로 처리한 원료곡류와 혼합곡류에서 미생물이 검출되지 않았다.

문 헌

1. Park MH. Current status and views of saengsik industry in Korea. Food Ind. Nutr. 7: 1-3 (2002)
2. Lee SY. Processing unit operation of commercial saengsik. Food Ind. Nutr. 7: 11-15 (2002)
3. Chung SS, Han YS. Consumer's recognition, nutrient composition and safety evaluation of commercial sunsik and saengsik. Korean J. Food Cult. 18: 235-243 (2003)
4. Rauwendaal C. Polymer extrusion. Hanser Publishers, New York, USA. pp. 20-55 (1986)
5. Harper JM. Extrusion of Foods. CRC Press Inc, Boca Raton, FL, USA. pp. 3-6 (1981)
6. Ryu GH. Red ginseng products and its process. Food Ind. Nutr. 8: 38-42 (2003)
7. Meuser F, Wiedmann W. 1989. Extrusion plant design. pp. 91-

155. In: Extrusion Cooking. Mercier C, Linko P, Harper JM (eds). AACC, St. Paul, MN, USA (1989)
8. Ryu GH, Neumann PE, Walker CE. 1994. Effects of emulsifiers on physical properties of wheat flour extrudates with/without sucrose and shortening. *Lebensm. Wiss. Technol.* 27: 425-431 (1994)
9. Ryu GH, Walker CE. Cell structure of wheat flour extrudates properties produced with various emulsifiers. *Lebensm. Wiss. Technol.* 21: 432-436 (1994)
10. Ryu GH, Walker CE. The effects of extrusion conditions on the physical properties of wheat flour extrudate. *Starch/Stärke* 47: 33-36 (1995)
11. Ryu GH, Ng PKW. Effects of selected process parameters on expansion and mechanical properties of wheat flour and whole cornmeal extrudates. *Starch/Stärke* 53: 147-154 (2001)
12. Ryu GH, Mulvaney SJ. Cornmeal puffing with CO₂ gas: Effect of sucrose and glyceryl monostearate(GMS). *Korean Food Sci. Technol.* 27: 251-256 (1996)
13. Ryu GH, Lee EY, Lim ST. Physical properties and process optimization of corn starch extrudates expanded with supercritical carbon dioxide injection. *Cereal Chem.* 76: 63-69 (1999)
14. Kang SH, Ryu GH. Improvement in the Yukwa manufacturing by extrusion process with CO₂ gas injection. *Food Sci. Biotechnol.* 10: 1-6 (2001)
15. Ryu GH, Kim BS, Mulvaney SJ. Optimization of extrusion process for dairy ingredient fortification of cornmeal puffed via CO₂ gas injection. *Food Biotechnol.* 11: 552-556 (2002)
16. Ryu GH. Texturization of plant protein by using extrusion process. *Food Eng. Prog.* 2: 73-79 (2003)
17. Chang YS. Extrudate characteristics for developing sunsik process by extrusion-cooking. MS thesis, Kongju National University, Yesan, Korea (2004)
18. AACC. Approved Method of the AACC. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, USA (1983)
19. RVA Manual. RVA-3 series operation manual using Dos thermocline software. Newport Scientific (1995)
20. Chinnaswamy R, Hanna MA. Macromolecular and functional properties of native and extrusion cooked corn starch. *Cereal Chem.* 6: 490 (1990)
21. Jackson DS, Gomez MH, Waniska RD, Rooney LW. Effects of single-screw extrusion cooking on starch as measured by aqueous-high-performance size-exclusion chromatography. *Cereal Chem.* 67: 529 (1990)
22. EL-Dash AA, Gonzales R, Ciol M. Response surface methodology in the control of thermoplastic extrusion of starch. pp. 51-74. In: *Extrusion Cooking Technology*. Jowitt R (ed). Elsevier Applied Science Publishers, New York, USA (1980)
23. Bhattacharya S, Sudba ML, Rahim A. 1999. Pasting characteristics of an extruded blend of potato and wheat flours. *J. Food Eng.* 40: 107-111 (1999)
24. Ryu, GC. Effect of melt moisture and post-extrusion variables on pasting and thermal properties of corn starch extrudates. MS thesis, Kongju National University, Yesan, Korea (2002)
25. Grant LA. Effect of starch isolation, drying and grinding techniques on its gelatinization and retrogradation properties. *Cereal Chem.* 75: 590-594 (1998)
26. Noguchi A. Principle of twin-screw extruder and application for food process. pp. 100-104. In: *Food Extrusion Technology (II)*. Lee CH, Kim JB, Han O, Lim JK, Noguchi A, Hayakawa I, Isobe A, Oda Y (eds). Yulim Publishing, Korea (1995)
27. Hayakawa I. Enzyme inactivation and sterilization by using extrusion process. pp. 147-159. In: *Food Extrusion Technology (II)*. Lee CH, Kim JB, Han O, Lim JK, Noguchi A, Hayakawa I, Isobe A, Oda Y (eds). Yulim Publishing, Korea (1995)

(2005년 4월 18일 접수; 2005년 9월 6일 채택)