

멥쌀과 찰쌀의 혼합비율별 압출성형물의 물리적 성질 및 유동특성

금준석·권상오·이현유·이상호·정진협*·김준평*

한국식품개발연구원 쌀이용연구센터, *중앙대학교 식품가공학과

Effect of Various Mixing Ratio of Non-glutinous and Glutinous Rice on Physical and Rheological Properties of Extrudate

Jun-Seok Kum, Sang-Oh Kwon, Hyun-Yu Lee, Sang-Hyo Lee,
Jin-Hyub Jung*, and Jun-Pyong Kim*

Rice Utilization Research Center, Korea Food Research Institute
*Department of Food Science and Technology, Chung-Ang University

Abstract

Effect of different mixing ratio of non-glutinous and glutinous rice on physical and rheological properties of extrudate prepared in a single screw extruder were examined. The extrusion conditions in term of screw speeds, moisture content and die temperature were 258 rpm, 18% and 120°C, respectively. The residence time distribution of the most of materials were within 30 second and small portion of them went up to 80 second. The expansion ratio was the highest value (2.93) for 70% of glutinous rice in the mixture, while the lowest value for 100% of non-glutinous rice. Breaking strength was in the range between 1,051g and 1,117g for 10~20% of glutinous rice in the mixture, while the lowest value (737g) for 80% of glutinous rice. As the amount of glutinous rice increased, L and a values were increased and b value was decreased. The uncooked cold paste viscosity had 400 B.U. for 100% non-glutinous rice, while no peak for the 100% glutinous rice. As the amount of glutinous rice increased up to 100%, the water absorption index (WAI) was decreased, while water solubility index (WSI) was increased. The rheological properties of extrudate were accounted by the law of Oswald. The flow behavior index of extrudate was less than 1.0, which showed pseudoplastic behavior. Yield stress was the highest value for 20% of glutinous rice in the mixture and the lowest value for 80~100% of glutinous rice. Number of air cell was between 128 and 159 for 80~100% of glutinous rice in the mixture, while 81~84 for 0~20% of glutinous rice. The degree of shapefact was increased more when the mixtures of glutinous and non-glutinous rice was used than when glutinous or non-glutinous rice was only used.

Key words: glutinous rice, non-glutinous rice, extrudate, physical and rheological properties

서론

전분은 현재도 영양섭취의 주 성분으로 계속적인 새로운 제품개발과 더불어 급격한 수요증가가 요구되는 중요한 자원이다. 또한 식품의 압출성형공법의 발전으로 전분의 가열과 성형이 동시에 이루어지는 특성으로 인해 스낵 및 breakfast cereal 등에 이용되고 특히 대두단백질 제조에 관한 많은 연구가 이루어져 왔다¹⁾. 쌀을 이용하는 경우는 알파미분의 제조 및 기능성을 높인 많은 제품들이 시도되고 있는데 압출성형공법은 원료수분함량, 바렐의 온도, 그리트의 크기, 원료투입속도, 및 혼합물의 특성 등 고려해야 할 많은 인자들이 있다²⁾. 최 등은³⁾ 멥쌀전분

수용액의 호화 중 점조도지수값은 온도와 시간에 따라 증가한다고 하였고, 찰쌀의 경우 온도 증가에 따라 팽화력 및 용해도는 증가하고, 가열온도 및 시간의 영향에서 점도는 전단속도의 증가에 따라 감소하였고 동일 전단 속도에서는 가열의 증가에 따라 점도는 증가하였다⁴⁾. 멥쌀의 압출성형시, 韓 등은⁵⁾ 원료의 수분함량이 감소할 수록 팽화율은 증가하며 호화도, 가밀도, 전단강도는 감소한다고 하였고, 유동특성은 수분함량이 증가할수록 점도가 증가하여 의가소성 유동특성을 나타냈다고 보고하였다. 특히 전분의 구성성분인 amylose와 amylopectin의 비율은 압출성형물의 특성을 결정함에 있어서 가장 중요하다. Mercier와 Feillet⁶⁾은 waxy corn starch와 high-amylose corn starch의 혼합물 연구에서 압출성형기의 온도가 130°C 일 때는 amylose함량이 증가할수록 팽화율이 감소하였으나 225°C에서는 팽화율이 증가하였다고 보고하였다. Amylopectin은 압출성형물의

Corresponding author: Jun-Seok Kum, Korea Food Research Institute, San 46-1, Backhyun-Dong, Seongnam-si, Kyungki-do 463-420, Korea

light, elastic, smooth를 증가시키고 표면을 견고히 하며, 또한 세포벽에 균일한 조직감을 부여하는 반면 amylose는 압출성형물을 단단하게 하고 팽화율을 감소시킨다고 하였다⁷⁾. Matz는⁸⁾ 전분에 있어 6~20%의 amylose 함량은 적절한 crispy와 texture를 제공한다고 보고하였다. 즉 쌀 스낵제품의 특성을 살리기 위해서는 amylose 함량의 변화가 중요한 인자로 대두되고 있는데 이에 대한 연구는 미비한 형편이다. 따라서 본 연구에서는 쌀을 이용한 압출성형물의 특성을 개선시키고자 amylose와 amylopectin의 구성비를 달리하기 위한 연구로 찹쌀과 멥쌀의 혼합비율에 따른 압출성형물의 물리적 성질 및 유동특성을 검토하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 재료는 멥쌀(섬진벼)과 찹쌀(한강찰벼)로서 이천농협에서 구입하여 4C 에서 보관하면서 실험에 사용하였고, amylose와 amylopectin의 구성비는 멥쌀과 찹쌀의 혼합비율로서 결정하였다. 이때 사용된 재료의 일반성분(수분, 단백질, 지방, 탄수화물)은 A.O.A.C. 방법에⁹⁾ 준하여 정량하였으며, amylose 함량은 Juliano 방법¹⁰⁾에 의해 측정하여 각각 Table 1에 나타내었다.

압출성형물의 제조공정

멥쌀과 찹쌀의 구성비에 따른 압출성형물의 제조는 예비실험을 통하여 원료의 팽화정도에 따른 차이에 의하여 결정하였다. 즉, 원료인 멥쌀과 찹쌀을 Pin mill로 분쇄하여 입도분포가 30 mesh 이상인 것을 선별하여 혼합비율(10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100%)에 따라 수분 조절후(18%) 예냉실에서 하루밤 방치 한 후 압출성형기를(model S-200, Messung, Korea) 이용하였다. 이때의 압출성형조건은 스크류의 L/D : 5.0, 스크류 회전속도 : 258 rpm, 토출구 크기 : 5 m(1 hole), 토출구 온도 : 115~120℃, 바렐길이 : 116 cm, 바렐직경 : 60 mm, 및 원료투입 속도는 10 Kg/hr로 유지하였다.

이화학적 특성

체류시간(Residence time distribution) 측정은 Kao와 Allison의 방법¹¹⁾에 의해 측정하였으며, 팽화율(Expansion ratio)은 압출성형물을 10 cm로 잘라내어 버어니어 캘리퍼스도 직경을 측정하여 토출구 직경과의 비율로서 나타내었다. 절단강도(Breaking strength)는 압출성형물을 10 cm의 크기로 잘라 Instron(Model 1140, Instron

Universal Testiog Machine, USA)으로 측정하였다. 이때의 측정조건은 Load cell : 5 Kg, Drive speed : 100 mm/min, Chart speed : 100 mm/min로 하였고, 절단칼날 두께는 2 mm로 하였다. 압출성형물의 색도는 색차계 (Color and color difference meter, Medel No. UC 600 IV, Yasuda Seiki Co., Japan)로 측정하여 Hunter의 L값, a값, 및 b값으로 나타내었으며, 이때 표준백색판의 L, a, 및 b 값은 각각 89.2, 0.921, 0.78이었다. 압출성형물의 호화도는 Kamoi 등¹²⁾의 방법에 따라 측정하였으며, 호화특성은 Brabender amylograph(model 800200, West Germany)를 이용하여 압출성형물을 각각 cyclotec(1093 sample mill)을 사용 분쇄한 후 최대분포도인 80 mesh~100 mesh의 것을 사별하여 시료농도 13%에서 측정하였다. 수분흡수지수(water absorption index, WAI) 및 수분용해지수(water solubility index, WSI)의 측정¹³⁾은 건조된 압출성형물 2.5g을 마쇄하여 30 ml의 증류수(25 C)를 넣은 원심분리관에서 30분간 분산시키면서 용해한 뒤 3,000×g에서 10분간 원심분리 하였다. 상등액은 미리 무게를 구한 수분정량 수기에서 건조하여 고형분량을 WSI로 측정하였으며, 침전물의 무게를 측정하여 WAI로 나타내었다.

유동특성 측정

압출성형물을 분쇄하여 현탁액(2%)으로 만든 후 5 N KOH를 가하여 30℃, 120 rpm에서 60분간 진탕한 다음 원통형 점도계인 Haake Rotovisco Viscometer(model RV20, Mess-Technik GmbH, Co. Germany)로 MV1P cup(LD=4.201 cm)과 MV-bob을 사용하여 온도를 30℃에 고정된 후 전달속도를 0~1000(1/s)로 변화시키면서 유동특성을 분석하였다. 유동특성의 변화는 기록계(model 17015 Bx-Y-t Recorder)로 자동 기록하였다.

미세구조 관찰

미세구조는 시료를 절단한 다음 확대렌즈가 내장된 이동식 HiRox 시스템에서(micro Hi-scope system, Hi-Rox, Japan) 100배율로 확대하여 기공의 수(air-cell), 기공의 둘레(perimeter), 기공의 면적(area), 기공의 면적율(fractarea) 및 기공의 형상계수(shapefact)를 측정하여 화상해석 장치(Image analyzer, PIAS KIT-500, HiRox, Japan) 이용, 수치 계산을 하였다.

결과 및 고찰

원료의 체류시간

압출성형기내에서 멥쌀과 찹쌀 혼합물(80 : 20)의 체류

Table 1. Proximate analysis of raw materials (%)

Raw materials	Moisture	Protein	Lipid	Carbohydrate	Amylose
Non-glutinous rice	12.4	6.97	0.44	78.0	17.7
Glutinous rice	12.2	8.90	0.48	76.0	3.8

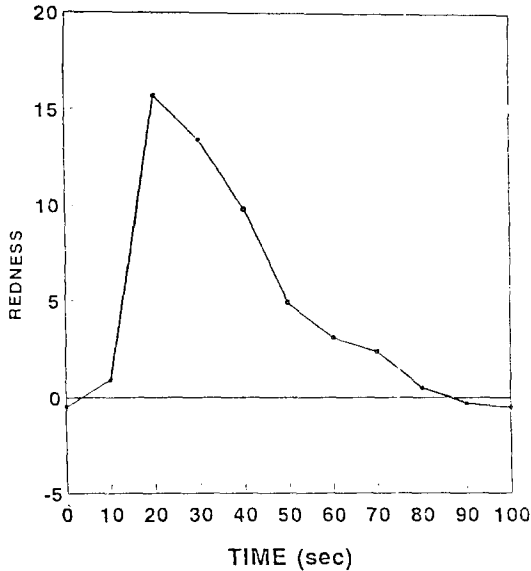


Fig. 1. Residence time distribution of raw materials in a single-screw extruder

시간 분포는 Fig. 1와 같다. 체류시간이 20초, 30초일때 색도가(a값) 15.7, 13.4로서 대부분의 원료가 30초 정도에서 토출이 이루어졌으며 일부는 80초간 유지되었다. 이는 스크류의 형태, 토출구의 크기에 따른 압출성형기 내에서 압력차에 의한 원료의 유격흐름 때문인 것으로 생각된다¹¹⁾. 혼합 비율에 따른 체류시간의 차이는 나타나지 않았다.

이화학적 특성

멧쌀과 찰쌀의 혼합비율에 따른 압출성형물의 팽화율을 측정된 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 찰쌀 함량이 70%까지 감소 함에 따라 팽화율은 증가하여 70% 일때에 2.93으로 최대값을 나타냈으나, 그 이후부터는 찰쌀함량이 감소함에 따라 팽화율은 감소하였다. 일반적으로 압출성형기에서 원료의 amylopectin의 함량이 많을수록 팽화율이 증가하는 것으로 알려져 있으나 한계점이 있는 것으로 나타났으며, Chinnaswamy와 Hanna¹⁴⁾는 corn starch 압출성형물의 팽화율에서 amylose와 amylopectin의 함량이 50 : 50의 비율일 때 최고값을 나타냈다고 하였다. 절단강도는(Fig. 2) 찰쌀 함량이 20%일 때 1117.2 g으로 최대값을 나타내었고 50%, 80%에서는 776g, 737g으로 찰쌀 함량이 증가 할 수록 감소하였으며 팽화율과는 부(負)의 관계를 보였다. 찰쌀의 첨가량에 따른 압출성형물의 표면 색도는 Table 2와 같다. 압출성형물에 있어서 찰쌀의 함량이 증가 함에 따라 L값 및 a값이 증가하는 경향을 보인 반면, b값은 감소하였다.

압출성형물에 대한 amylogram 특성을 측정 한 결과는 Table 3에 나타내었다. 제품의 수용성과 흡착성의 지표로

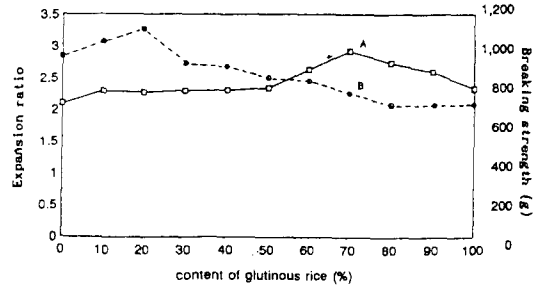


Fig. 2. Expansion ratio and breaking strength of extrudates for various mixing ratio of non-glutinous and glutinous rice

A: Expansion ratio, B: Breaking strength

Table 2. Color values of extrudates for various mixing ratio of non-glutinous and glutinous rice

Ratio (%)	Color values			
	L	a	b	ΔE
G100	88.83	0.51	10.73	8.24
N10 : G90	88.56	0.45	11.60	8.31
N20 : G80	89.03	0.32	11.83	8.49
N30 : G70	88.83	0.17	11.33	7.65
N40 : G60	88.10	-0.21	11.63	7.29
N50 : G50	88.26	-0.11	11.83	7.54
N60 : G40	87.27	-0.36	12.02	7.46
N70 : G30	86.83	-0.48	12.17	7.39
N80 : G20	86.70	-0.57	12.23	7.91
N90 : G10	86.53	-0.60	12.33	7.85
N100	86.95	-0.70	12.83	8.03

N: Non-glutinous rice
G: Glutinous rice

이용되는 uncooked cold paste viscosity(29°C의 점도)의 값은 찰쌀 함량이 100% 일때는 피크가 나타나지 않았으나 찰쌀함량이 90, 70, 50, 30, 0% 일때에 각각 70, 130, 200, 220, 400 B.U로서 찰쌀함량이 감소할수록 증가하였다. 제품의 노화정도를 나타내는 total setback의 경우도 찰쌀 함량이 100%에서는 피크가 나타나지 않았으며, 멧쌀과 찰쌀의 혼합처리구(10~90%)에서는 8에서 14 B.U.로 큰 차이가 없었다. 그러나, 멧쌀 100%에서는 20 B.U.로 높게 나타나 압출성형물에서도 멧쌀과 찰쌀의 amylogram 특성 차이를 나타내었다. Gomez와 Aguilera¹⁵⁾는 corn starch의 extrudate의 연구에서 원료의 압출성형조건에 따른 amylogram의 물성변화의 차이를 보고하였으며, 본 연구에서도 원료의 전분 구성인자의 비율에 따라 압출성형물의 amylogram 특성 차이가 있음을 보여주고 있다. 압출성형물의 호화도는(Table 3) 찰쌀의 첨가에 따라 큰 차이는 나타나지 않았다. 찰쌀과 멧쌀의 혼합비율에 따른 압출성형물의 수분흡수지수(WAI) 및 수분용해지수(WSD)의 변화는 Fig. 3과 같다. WAI는 찰쌀

함량이 30%에서 4.80을 나타냈으나 찹쌀함량 40, 70, 100 %에서는 각각 3.90, 2.24, 1.05로서 급격히 감소하는 경향을 보였다. 압출성형물에서는 전분분자의 절단 정도를 예측하는 지표로 이용되고 있는 WSI는 찹쌀 함량이 30 %에서는 27.5%이나 찹쌀 함량이 50, 70, 100%로 증가함에 따라 각각 32.0, 38.2, 52.0%로 증가하여 WAI와는 상반된 결과를 나타내었다. Chinnaswamy와 Hanna⁽¹⁴⁾는 옥수수전분의 압출성형에서 amylopectin이 amylose보다 분획이 쉽게 이루어 진다고 하였다. 그러므로 찹쌀의 함량 증가에 따른 WSI의 증가는 barnched구조로 결합된 amylopectin의 사슬이 압출성형기 내부에서 강한 층밀림에 의해 amylose보다 용이하게 절단되기 때문인 것으로 생각된다. Jackson 등⁽¹⁶⁾은 수수전분의 압출성형물에서 amylose 함량이 증가할 수록 WSI값은 증가한다고 하였으나, Lee 등⁽¹⁷⁾은 twin-screw extruder을 이용한 멥쌀과 찹쌀의 연구에서 WAI는 멥쌀보다 찹쌀이, WSI는

찹쌀이 멥쌀보다 높다고 보고하여 본 실험의 결과와 상반된 결과를 나타내었다. 이는 압출성형물의 제조시 스크류의 회전속도, 원료의 수분함량 및 토출구 온도 등의 차이에 기인한 것으로 생각된다.

유동특성

멥쌀과 찹쌀의 혼합비율에 따른 압출성형물의 유동특성의 변화는 Table 4와 같다. 압출성형기로 가공처리되어 열역학적인 영향을 받은 압출성형물의 유동특성은 Ostwald model식에 가장 가까웠으며, 멥쌀과 찹쌀 혼합물의 압출성형물에 대한 유동거동지수값은 1보다 작은 값을 가지고 있어 압출성형물의 현탁액이 pseudoplastic성질을 가지는 것을 알 수 있다. 또한 유동거동지수값은 찹쌀 함량이 0, 20, 60, 100%로 증가함에 따라 0.551, 0.555, 0.620, 0.756으로 증가하여 찹쌀 함량이 증가함에

Table 3. Amylogram properties and degree of gelatinization of extrudates for various mixing ratio of non-glutinous and glutinous rice

Ratio(%)	A	B	C	D	E	F
G100	—	—	—	—	—	87.0
N10 : G90	70	22	20	32	12	86.0
N20 : G80	100	35	30	38	8	86.5
N30 : G70	130	40	25	35	10	85.2
N40 : G60	150	50	40	50	10	86.6
N50 : G50	200	50	45	55	10	85.6
N60 : G40	200	55	48	60	12	85.8
N70 : G30	220	60	50	64	14	85.5
N80 : G20	316	60	50	62	12	86.8
N90 : G10	315	62	50	60	10	86.5
N100	400	70	60	80	20	85.0

- A: Uncooked cold paste viscosity (B.U.)
- B: Viscosity at 95°C (B.U.)
- C: Initiation of cooling (B.U.)
- D: Final viscosity at 30°C (B.U.)
- E: Total setback (B.U.)
- F: Degree of gelatinization
- N: Non-glutinous rice
- G: Glutinous rice

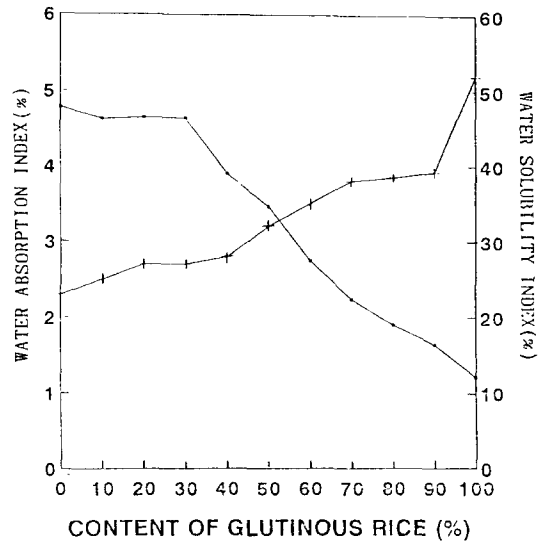


Fig. 3. Changes in water absorption index (WAI) and water solubility index (WSI) of extrudates for various mixing ratio of non-glutinous and glutinous rice
●—●: WAI, +—+; WSI

Table 4. Rheological properties of extrudates for various mixing ratio of non-glutinous and glutinous rice

Ratio (%)	Consistency Index (g/cm·sec ²ⁿ⁻¹)	Flow behavior index (n)	Yield stress (gf/cm)	Coefficient of correlation	Apparent viscosity (mPa·S)
G100	0.236	0.756	0.07	1.0	62.02
N20 : G80	0.208	0.784	0.08	1.0	65.69
N40 : G60	0.758	0.620	0.08	1.0	97.89
N60 : G40	0.850	0.811	0.21	1.0	102.50
N80 : G20	2.050	0.555	0.92	1.0	182.81
N100	2.630	0.551	0.68	0.99	230.44

- N: Non-glutinous rice
- G: Glutinous rice

Table 5. Data of extrudates with non-glutinous and glutinous rice for image analysis

Ratio (%)	Numbers of air cell	Perimeter (um)	Area (um ²)	Fractarea (um)	Shapefact (um)
G100	159	51081.38	2393514.00	0.4295	798.76
N20 : G80	128	45111.28	2841790.50	0.5099	5049.29
N40 : G60	84	38037.15	3176688.75	0.5700	1453.66
N60 : G40	130	34514.16	2662720.75	0.4778	3690.80
N80 : G20	81	34637.76	3018661.25	0.5417	763.72
N100	84	39494.44	3171586.50	0.5691	853.93
---mean values---					
G100		321.27	15053.55	0.0027	5.03
N20 : G80		352.43	22201.49	0.0040	39.44
N40 : G60		452.82	37817.72	0.0068	17.31
N60 : G40		265.49	20482.47	0.0037	28.39
N80 : G20		427.63	37267.42	0.0067	9.43
N100		470.17	37756.98	0.0068	10.17

N: Non-glutinous rice
G: Glutinous rice

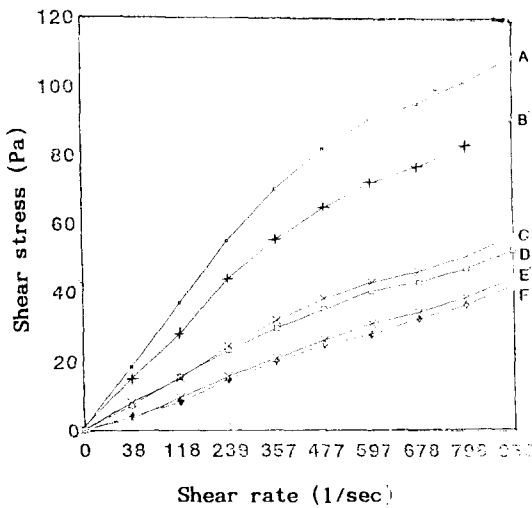


Fig. 4. Shear stress vs shear rate plot of extrudates for various mixing ratio of non-glutinous and glutinous rice

A: 100% of non-glutinous rice, B: 20% of glutinous rice,
C: 40% of glutinous rice, D: 60% of glutinous rice, E:
80% of glutinous rice, F: 100% of glutinous rice

따라 Newtonian의 유동특성에 가까워지는 것을 나타내었다. 한편 겔보기점도(apparent viscosity)는 찹쌀 함량이 0, 40, 80, 100%로 증가함에 따라 각각 230.44, 182.81, 65.69, 62.02 mPa·S로 감소하여 찹쌀의 첨가가 압출성형물의 점도도를 감소시키는 것으로 나타내었다. 따라서 유변학적 성질이 서로 다른 멥쌀과 찹쌀 원료를 혼합하므로서 물성적 특성을 가진 압출성형물의 제조가 가능하리라 생각 된다.

전단속도(shear rate, $\dot{\gamma}$)와 전단응력(shear stress, τ)의

두 인자로 나타내는 압출성형물의 유동특성은 Fig. 4와 같이 전단속도가 증가함에 따라 전단응력도 증가하는 것을 보여주고 있다.

압출성형물의 미세구조

멥쌀과 찹쌀의 함량비에 따른 압출성형물의 미세구조를 화상해석기(Image analyzer)로 측정하여 수치계산을 한 결과는 Table 5와 같다. 압출성형물의 기공 수는 찹쌀 함량이 100% 일때에 159개로 최대값을 나타냈고 전체기공의 둘레(perimeter)도 51081.38 um으로 찹쌀 함량이 증가할 수록 증가하였다. 그러나 기공 한개의 평균 둘레는 찹쌀 함량이 0, 20, 80, 100% 일때 각각 470.17, 427.63, 352.43, 321.27 um로서 찹쌀 함량이 증가할 수록 감소한 것으로 보아, 멥쌀 원료에 찹쌀의 첨가는 압출성형물의 기공을 균일화 시키는 것을 알 수 있었다. 면적율(fractarea)은 찹쌀함량이 60% 일때에 0.5700으로 최대값을 나타내었으며, 원에 가까운 정도를 나타내는 화적율(shapefact)의 경우 멥쌀과 찹쌀 혼합물의 압출성형물이 찹쌀이나 멥쌀만의 압출성형물보다 높았다. 최근에 들어 전분을 원료로 한 압출성형물의 미세구조 관찰이 팽화율, 가밀도, 용해성, 호화도, 효소반응성 등과 같이 고려되어 많이 이용되고 있으며 Bartlett와 Ross¹⁸⁾는 Image analyzer를 이용하여 밀도분 석과 압출성형물의 흡입성과의 관계를 규명하였으며, 이는 팽화율과 상관관계가 있는 것으로 보고 있다.

요 약

압출성형 조건을 원료의 수분함량 18%, 스크류의 회전속도 258 rpm, 토출구의 온도 120°C로 하여, 멥쌀과 찹쌀의 혼합비에 따른 압출성형물의 변화를 조사하였다. 원료의 압출성형기 내부에서의 체류시간은 약 30초

정도이며 80초까지 지속되었다. 압출성형물의 팽화율은 찹쌀의 함량이 70%일 때가 2.93으로서 최대값을 나타내었고 100% 멧쌀은 2.10으로 최소값을 나타내었다. 절단강도는 찹쌀첨가량 10~20% 일때는 1059~1117g으로 최대였고, 80%일 때는 737g으로서 최소값을 나타내었다. 색도의 변화에 있어 L값 및 a값은 찹쌀의 증가에 따라 증가하였으나, b값은 감소하는 서로 상반된 결과를 가져왔다. 압출성형물의 amylogram의 측정에서 uncooked cold paste viscosity의 값은 100% 멧쌀에서 400 B.U.로서 최대값을 나타냈으나, 100% 찹쌀일 경우에는 피크가 나타나지 않았다. 압출성형물의 수분흡수지수(WAI)는 100% 멧쌀 처리구가 4.8, 100% 찹쌀 일때는 1.05로 찹쌀 함량이 증가함에 따라 감소하였으나, 수분용해지수(WSI)는 증가하여 WAI와 부(負)의 상관관계를 나타내었다.

압출성형물의 유동특성은 Ostwald의 모델식에 가장 가까웠으며 유동거동지수(flow behavior index)는 1보다 적어 pseudoplastic성질은 나타내었다. 항력계수는 찹쌀의 함량이 20%일때 0.92로서 최대값을 나타냈으며, 89~100%일 경우는 0.08~0.07로 최소값을 나타내었다.

미세구조에서 기공의 수는 찹쌀함량이 80~100%일 경우 128~159개 였고 0~20%의 경우 84~81개로서 찹쌀 함량이 증가 할 수록 기공의 수도 증가 하였다. 한편, 화적율(shapefact)는 찹쌀 또는 멧쌀만 사용한 경우보다 두 원료를 혼합했을 경우에 그 효과가 큰 것으로 나타났다.

문 헌

1. 이철호, 김동철, 전제현, 김철진, 김종배, 김재득, 손중천: 식품 Extrusion 기술, 유림문화사, (1987)
2. 한 억, 이상효, 이현유, 오상룡. 이철호: 압출성형기의 스크류 회전속도와 원료수분 함량 이 대두단백질의 조 직화에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 21, 772(1989)
3. 이신영, 조형용, 김성근, 이상규, 변유량: 쌀 전분 호화 중의 리올로지 특성. 한국식품과학회지, 16, 273(1984)
4. 송범호, 김성근, 이규한, 변유량, 이신영: 일반계 및 다 수계 찹쌀 전분의 점성 특성. 한국식품과학회지, 17, 107(1985)
5. 한 억, 이상효, 이현유, 김영명, 민병용: 압출성형에 의한 알파미분의 물리화학적 특성. 식품과학회지, 20, 470

- (1988)
6. Mercier, C. and Feillet, P.: Modification of carbohydrate components by extrusion-cooking of cereal products. *Cereal Chem.*, 52, 282(1975)
7. Launay, B. and Lisch, J.M.: Twin screw extrusion cooking of starches: Behavior of starch pastes, expansion and mechanical properties of extrudate. *J. Food Eng.*, 2, 259(1984)
8. Matz, S.A.: Snack Food Technology. AVI. Westprot, CT. p.86(1976)
9. A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis*, 15th ed., AOAC, Washington, D.C., (1990)
10. Juliano, B.O.: A simplified assay for milled rice amylose. *Cereal Sci., Today*, 16, 334(1971)
11. Kao, S.V. and Allison, G.R.: Residence time distribution in a twin extruder. *Polym. Eng. Sci.*, 24, 645 (1984)
12. Kamoi, I., Shinozaki, T., Matsumoto, S., Tanimura, W. and Obara, T.: Changes of gelatinization degree and physical properties of stored gelatinized-rice after cooking. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 25, 431 (1978)
13. Andrsn, R.A.: Water absorption and solubility and amylograph characteristics of roll-cooked small grain products. *Cereal Chem.*, 59, 265(1982)
14. Chinnaswamy, R. and Hanna, M.A.: Macromolecular and functional properties of native and extrusion-cooked corn starch. *Cereal Chem.*, 67, 490(1990)
15. Gomez, M.H. and Aguilera, J.M.: Changes in the starch fraction during extrusion-cooking of corn starch. *J. Food Sci.*, 48, 54(1983)
16. Jackson, D.S., Gomez, M.H., Waniska, R.D. and Rooney, L.W.: Effects of single-screw extrusion cooking on starch as measured by aqueous high-performance size-exclusion chromatography. *Cereal Chem.*, 67, 529 (1990)
17. 이영춘, 하연철, 복진영, 신동민, 이경혜: 쌀의 원료상태 및 extrusion cooking 조건이 puffed extrudate의 특성에 미치는 영향, 한국식품과학회지, 22, 105(1990)
18. Tomita, F., Shirai, Y. and Tsuji, S.: Presentation at 6th IJCAZ Toyko. p.884(1979)
19. Barrett, A.H. and Ross, E.W.: Correlation of extrudate infusibility with bulk properties using image analysis. *J. Food Sci.*, 55, 137(1990)

(1994년 4월 22일 접수)