

쌀과 분리대두단백 혼합에 따른 조직화 특성

한 억 · 박용호 · 이상효 · 이현유 · 민병용
한국식품개발연구원

The Texturization Properties of Textured Extrudate made by a Mixture of Rice Flour and Isolated Soybean Protein

Ouk Han, Yong-Ho Park, Sang-Hyo Lee, Hyun-Yu Lee and Byong-Lyoung Min
Korea Food Research Institute, Banwol, Kyonggi-do

Abstract

The texturization properties of extrudate from isolated soybean protein and rice flour by extrusion cooking were investigated. The addition of up to 30% rice flour to isolated soy protein could give more tenderness to the texturized extrudate. As the rice flour content increased, die temperature, nitrogen solubility index, and integrity index were decreased slightly with lower chewiness and gumminess. The water content of final extrudate was increased as the addition of rice flour increased, while density was maintained without variation, and rehydration ratio was decreased. The distribution of pressure profile during extrusion were in the range of 15-100 kg/cm³. As the addition of rice flour increased, scanning electron micrographs demonstrated the gelatinized surface structure of rice starch and the increased air cell size of the texturized extrudate.

Key words: texturization, rice flour, isolated soybean protein

서 론

지금까지의 인조육제품의 개념은 주로 탈지대두분을 사용한 것으로 식품소재 중 육류를 부분적으로 대체하는 용도로 많이 사용되어 왔으나 대두취가 항상 남아 있어 풍미에 문제점을 주고, 조직감에 있어서도 안정된 품질유지가 어렵다고 평가되고 있다. 또한 쌀의 경우는 영양성분 중 단백질 함량이 낮으며 필수아미노산의 일종인 라이신, 트레오닌이 부족하므로 영양강화의 필요성이 요구되어 왔다.

본 연구와 관련하여 대두 또는 분리대두단백이나 탈지대두분을 이용한 연구를 보면, Molina 등은⁽¹⁾ 옥수수와 쌀을 각각 콩과 70 : 30으로 혼합한 시료를 압출성형시키면 토출구의 크기가 증가할수록 잔류지방성분과 NSI(Nitrogen Solubility Index)가 증가하는 반면에 분산성, 단백질 및 관능기호도는 떨어졌다고 하였다. Saio 는⁽²⁾ 단백질을 조직화시킬 때 단백질의 농도가 클수록 제품을 단단하고 치밀하게 하며 쌀이나 밀가루와

같이 전분질이 많은 원료에 탈지대두분을 첨가하면 조직 내의 공간을 감소시켜 기포간의 벽을 두껍게 하면서 제품을 스낵 모양에서 육질형태로 만들고, 탈지대두분 대신에 농축 또는 분리단백을 원료로 하면 조직화가 촉진된다고 하였다. Noguchi 들은⁽³⁾ 쌀가루에 분리대두단백을 첨가하였을 때 조직화물의 성상을 검토하였는데 대체로 팽화율은 떨어지나 미세한 팽화기공을 형성하며 조직강도는 증가하였으며 흡수율은 떨어진다고 보고하였다. 또한 Faubion 들은⁽⁴⁾ 소맥전분 및 소맥분의 조직화에서 글루텐이나 분리대두단백을 첨가한 효과를 보았는데 소맥전분은 소맥분에 비하여 4~5배의 팽화율을 나타냈으며 소맥전분에 글루텐을 첨가하면 팽화율이 현저하게 낮아지고 조직화물의 전단력도 저하되었다고 하였다. 한편 소맥전분에 분리대두단백을 5~8% 첨가하면 팽화율과 전단력이 증가하며 반대로 소맥유지 1%를 가하면 팽화율과 전단력 등 조직의 강도가 떨어졌다고 하였다.

따라서 본 연구에서는 쌀가루에 고단백질 원료로 분리대두단백을 혼합하여 압출성형시켰을 때 조직화 특성을 조사하고 이에 따른 영양성분이 강화된 편의식품으로서의 가능성을 검토하고자 하였다.

Corresponding author: Han Ouk, Korea Food Research Institute, 148-1, Dangsuri, Banwol-myun, Hwasung-gun, Kyonggi-do, 445-820

재료 및 방법

실험재료

시험에 사용한 쌀가루(150~200메쉬, 건식제분, 광일식품)와 분리대두단백(ISP760, Purina Co.)은 시중에서 구입하여 사용하였으며 일반성분 조성은 Table 1과 같다.

Table 1. Chemical composition of raw materials (%)

Raw materials	Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Ash	NSI
ISP	7.6	88.0	0.7	—	3.7	60.8
Rice flour	11.5	7.5	0.6	79.8	0.6	—

ISP: Isolated soybean protein, NSI: Nitrogen solubility index

압출성형조건

분리대두단백을 기본 재료로 하여 쌀가루를 각각 10, 20, 30, 40 및 50%까지 혼합하고 수분함량 30%로 조절하여 수분평형이 이루어지도록 3시간동안 숙성시킨 후 압출성형으로 조직화시켰다. 이 때 사용한 압출성형기는 다목적용 단출스크류 압출성형기로서 최적 운전 조건은 스크류 회전속도 250rpm, 토출구 크기 20×3mm(slot type), L/D 비 7.5이었다. 또한 압출성형 중 변화하는 토출구온도와 압력을 각각 자동기록계(Temperature & Pressure Recorder, SS-100P-6P, Konics Co., Korea)를 사용하여 측정하였다.

일반성분분석

원료와 최종 압출성형물의 일반성분은 A.O.A.C. 방법에 의하여 정량하였다⁽⁶⁾.

수용성 질소지수 측정

수용성 질소지수(NSI)는 시료 5g에 물 200ml를 넣고 증탕조에서 30°C, 120 rpm의 조건으로 교반한 후 250ml로 정용하여 원심분리기(Refrigerated Superspeed Centrifuge, Sorvall RC-5B, Dupont Co., USA)에서 5,000 rpm으로 10분간 원심분리시킨 다음 그 액 20ml를 취하여 킬달법으로 질소정량하여 다음식에 따라 산출하였다⁽⁶⁾.

$$NSI(\%) = \frac{\text{수용성 질소}}{\text{시료의 총질소}} \times 100$$

조직잔사지수(Integrity index) 측정

조직화 압출성형물의 조직형성 정도를 평가하기 위하여 조직잔사지수를 다음과 같이 측정하였다⁽⁷⁾. 시료 2~3g을 정확히 채취하여 80°C의 물 100ml에서 30분간 침지, 복원시킨 후 121°C에서 15분간 고온 가압하여 흐르는 물에 냉각시킨 다음 증류수 300ml를 부어 homogenizer에서 5,000 rpm으로 1분간 분쇄하고 20메쉬 체에 걸러내어 물로 여러 번 씻어 잔사만 취하였다. 이 잔사를 105°C 건조법으로 2시간 건조 후 칭량하여 다음식으로 조직잔사지수를 산출하였다.

$$\text{Integrity index}(\%) = \frac{\text{건조 후 잔사무게}}{\text{시료무게}} \times 100$$

조직감 측정

복원된 조직화 압출성형물을 조직감 측정기(Instron Universal Testing Machine, Model 1140)로 압축시험을 수행하고 Bourne의 텍스춰 프로파일 분석방법에⁽⁸⁾ 따라 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄성(springiness), 씹힘성(chewiness) 및 검성(gumminess)을 산출하였다. 조직감 측정조건은 크로스헤드 무게 5kg, 크로스헤드 이동속도 100mm/min, 차트 이동속도 100mm/min, 간극(clearance) 2mm, 플런저 직경 15mm이었다.

밀도 측정

밀도는 일정 용적하에 들어가는 압출성형물의 무게를 재어 그의 일정 용적의 부피로 나누어 산출하였다.

재흡수력(Rehydration ratio) 측정

30g의 조직화 압출성형물을 10분간 90°C의 물로 복원시킨 후 무게를 측정하여 흡수된 물의 양을 백분율로 나타내었다.

색도 측정

조직화 압출성형물의 복원 전후의 색도는 색차계(Color and color difference meter, Model No.UC 600IV, Yasuda Co., Japan)로 측정하여 Hunter의 색체계인 L, a, b 및 ΔE 값을 구하였다. 이 때 표준백색판의 L, a 및 b 값은 각각 89.2, 0.921, 0.78이었다.

호화도 측정

조직화 압출성형물의 호화도는 Kamoi 등의⁽⁹⁾ 방법에 따라 측정하였다.

미세구조 관찰

조직화 압출성형물의 미세구조를 50배와 2,000 배율로 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscope, ISI-SS 130, Akashi Co., Japan)으로 관찰하였다.

결과 및 고찰

조직화 특성

조직화를 일으킬 수 있는 기초원료로 분리대두단백을 사용하여 쌀가루를 각각 10, 20, 30, 40 및 50%로 혼합하여 압출성형시켰다. 쌀 혼합량 40% 이상에서는 조직 팽창력이 크게 떨어지고 토출된 압출성형물이 높은 점성력을 지녀 조직화가 이루어지지 않았으며 이 때의 조직감은 팽화된 쌀튀김의 형태처럼 물에 쉽게 녹으면서 조직이 와해되었다. 따라서 본 시험에서는 쌀 혼합량 30%까지의 조직화 압출성형물에 대해서 그 특성을 검토하고자 하였다.

Fig. 1에서 쌀함량에 따른 토출구의 온도변화를 살펴보면 쌀함량이 증가할 수록 토출구온도는 감소하였으나 120°C 이상에서도 조직화가 이루어진 것을 관찰하였다. 이러한 경향은 류 등의⁽¹⁰⁾ 보고와 같이 쌀가루의 압출성형시 압출성형기 내의 계량부위와 압축부위 및 토출구 부위의 온도분포는 탈지대두분의 온도분포에 훨씬 못미친다고 하는 결과와도 일치하는 것으로 쌀가루의 함량이 많을 수록 토출온도는 급격히 강하하는 것을 확인하였다.

또한 토출시의 평균압력은 최저 15~20 kg/cm², 최

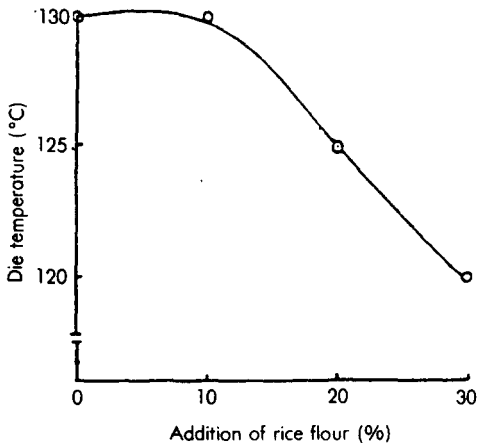


Fig. 1. Changes in die temperature of texturized extrudate by addition of rice flour.

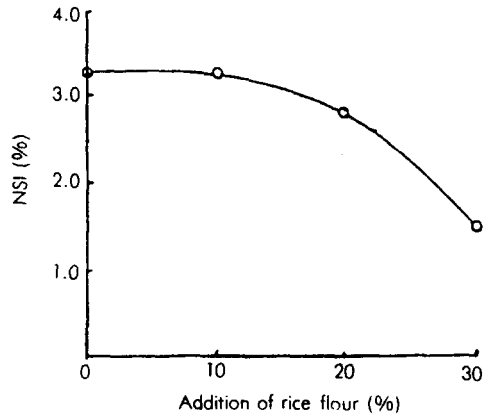


Fig. 2. Changes in NSI of texturized extrudate by addition of rice flour.

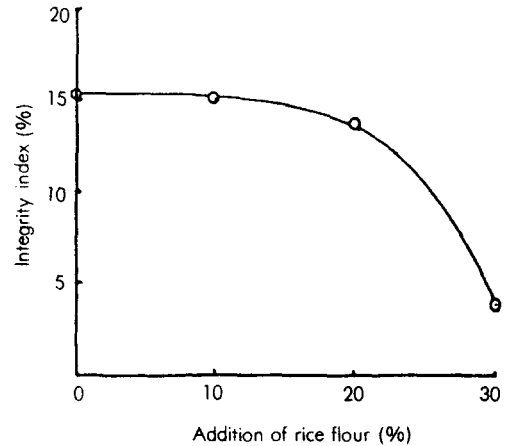


Fig. 3. Changes in integrity index of texturized extrudate by addition of rice flour.

대 80~100 kg/cm²의 압력변화 범위를 유지하고 있어 압력변화의 폭이 비교적 큰 편이었다.

이 때 형성된 조직화 압출성형물에 대하여 수용성 질소지수 (NSI)를 측정된 결과는 Fig.2와 같다. 쌀가루를 전혀 혼합시키지 않은 분리대두단백 처리구와 쌀가루 10% 혼합처리구에서는 거의 비슷한 수치를 나타내었으나 쌀함량이 증가할 수록 NSI 값은 감소하였다. 이 결과에서 유의해야 할 점은 쌀가루가 혼합되므로 NSI 값은 상대적으로 감소하게 나타나는 것이며 쌀가루의 혼합으로 단백질의 변성이 촉진되었다고는 말할 수 없다.

조직잔사지수에서는 Fig.3과 같이 쌀함량이 증가할 수록 조직잔사가 현저하게 감소하고 NSI의 경향과 비

Table 2. Changes in texture profile of texturized extrudate by addition of rice flour

Addition of rice flour (%)	Hardness (kg-f)	Springiness (cm)	Cohesiveness (dimensionless)	Chewiness (kg-f-cm)	Gumminess (kg-f)
0	6.28 ± 1.16 ^{a)}	1.00 ± 0.12 ^{a)}	0.27 ± 0.03 ^{a)}	1.59 ± 0.26 ^{a)}	0.25 ± 0.03 ^{a)}
10	8.52 ± 1.21	0.75 ± 0.20	0.23 ± 0.09	1.45 ± 0.71	0.18 ± 0.10
20	9.60 ± 1.80	0.74 ± 0.07	0.23 ± 0.11	1.54 ± 0.71	0.17 ± 0.08
30	9.11 ± 0.80	0.47 ± 0.05	0.25 ± 0.11	1.10 ± 0.39	0.13 ± 0.06

^{a)} Standard deviation

Table 3. Texturization properties of texturized extrudate by addition of rice flour

Addition of rice flour (%)	Die temp. (°C)	NSI (%)	Integrity index (%)
0	130	3.26	15.3
10	130	3.25	15.1
20	125	2.80	13.7
30	120	1.47	3.8

숫하였다.

한편 기계적인 조직감을 측정된 결과는 Table 2와 같다. 조직감의 1차적인 요소 중 탄성(springiness)과 응집성(cohesiveness)은 쌀 함량이 증가함에 따라 그 수치도 감소하였으나 경도(hardness)는 증가하는 경향을 나타내었다. 특히 경도의 변화경향에서는 불용성 탄수화물이 고온하에서 용융에 의하여 단백질과 망목구조를 형성하여 망목의 강도를 높여준다고 한 Rhee 등의⁽¹¹⁾ 보고와도 일치하였다. 또 2차적인 요소로 평가되는 씹힘성(chewiness)과 검성(gumminess)은 대체로 감소하였다. 이상의 결과에서 쌀함량이 증가할 수록 조직의 씹힘성과 검성은 떨어지나, 한 등의⁽¹²⁾ 최근 보고에서는 관능평가에서 오히려 높은 기호도를 나타내면서 부드러운 조직감으로 평가한 것을 볼 때 실제 기계적인 물성검사와 관능평가간에 해석상 연구해야 할 점이 있다. 이러한 경향은 조직잔사에 대한 임계점을 평가하는데도 중요한 자료가 됨을 시사해 주었다.

Table 3은 쌀혼합량별 조직화 압출성형물의 조직화 평가지표들을 나타낸 것이다.

품질특성

쌀혼합량별로 압출성형시킬 때 최종 조직화 압출성형물의 수분함량의 변화를 보면 Table 4와 같이 쌀함량이 증가됨에 따라 증가하는 경향이였다. 이는 원료의 수분함량에 있어 분리대두단백보다 쌀의 수분함량이 많기 때문에 쌀혼합량이 증가하면 최종 수분함량이 증가하게 되는 것으로 볼 수 있다.

또한 쌀혼합량별 영양성분 조성의 변화를 볼 때 열량 면에서도 쌀 혼합량에 크게 영향을 받지 않고 약 60% 이상의 단백질을 함유하였다.

밀도의 변화에서는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 거의

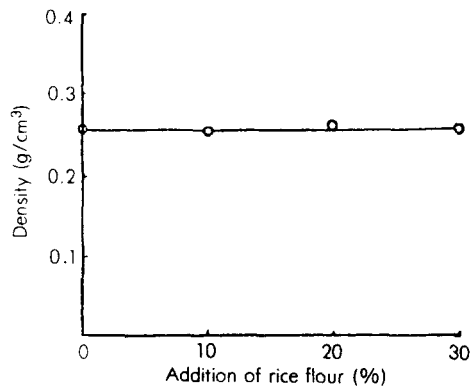


Fig. 4. Changes in density of texturized extrudate by addition of rice flour.

Table 4. Chemical composition of texturized extrudate by addition of rice flour

Addition of rice flour	Moisture (%)	Protein (%)	Fat (%)	Carbohydrate (%)	Ash (%)	Energy (kcal/100g)
0	13.2	82.8	0.7	—	3.3	346
10	15.5	72.3	0.7	8.2	3.3	337
20	16.4	64.7	0.7	15.3	2.9	335
30	17.0	59.7	0.8	20.2	2.3	335

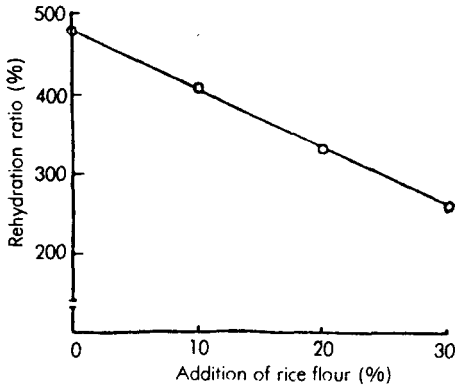


Fig. 5. Changes in rehydration ratio of texturized extrudate by addition of rice flour.

변화를 보이지 않았는데 이는 시료의 일정한 수분함량에서 기인되었다고 생각되었다.

또한 재흡수율의 경우는 Fig. 5와 같이 쌀함량이 증가될수록 수분흡수능력이 저하되는 현상을 나타내었으며 쌀함량 30%에서는 한 들이⁽¹³⁾ 보고한 분리대두단백의 조직화 시험과 비교하여 볼 때 약 1/2 정도이었다.

복원 전후에 조직화 압출성형물의 색도변화를 살펴보면 Table 5와 같이 쌀 혼합량이 증가할수록 복원 후의 명도가 밝아졌으며 붉은 정도와 황색도는 감소하는 경향이었다. 이에 비하여 복원전의 색도는 큰 변화를 보이지 않았다.

Table 6은 쌀혼합량별 조직화 압출성형물의 품질 특성에 관한 수치들을 나타낸 것이며 이 중에서 호화도는 쌀혼합량 30% 처리구에서만 측정이 가능하여 75% 호화도를 나타내었다.

미세구조 관찰

Fig. 6은 주사전자현미경으로 쌀혼합량별 조직화 압출성형물의 단면을 50배율로 관찰한 것이다. 분리대두단백 100% 원료에는 무수한 기공이 일정한 방향의 결을 형성하고 있었으며 쌀혼합량이 증가할수록 기공의

Table 6. Qualitative characteristics of texturized extrudate by addition of rice flour

Addition of rice flour (%)	Density (g/cm ³)	Rehydration ratio (%)	Degree of gelatinization (%)
0	0.26	481	—
10	0.26	410	—
20	0.26	332	—
30	0.25	259	75.0

크기가 증대하는 것이 관찰되었다. 특히 쌀혼합량 10%와 20%에서는 고기의 조직결과 같은 무늬가 형성되어 있었다. 이를 보다 세밀하게 보기 위하여 Fig. 7과 같이 2000배율로 횡단면을 관찰하였다. 여기에서는 조직화된 분리대두단백의 표면과 쌀혼합량에 따른 조직 표면의 변화모습을 쉽게 관찰할 수 있었는데 쌀가루와 같은 전분질의 혼합 함량이 높을수록 조직화 압출성형물의 표면은 호화에 의하여 매끄러운 표면을 형성하였다. 이는 알의 기계적인 조직감 측정에서 쌀 혼합량이 증가함에 따라 전분질에 의하여 경도가 증가하는 경향과도 깊은 관련이 있다고 생각되었다. 따라서 단백질 소재의 원료에 전분질이 혼합되어 압출성형되면 조직화 성질이 감소하는 것으로 평가되었다.

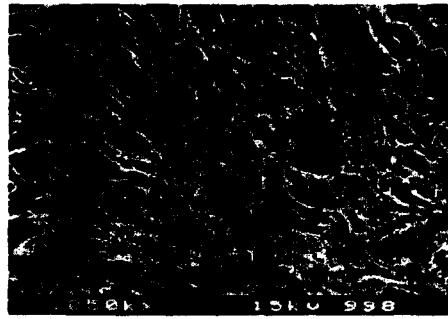
요 약

쌀과 분리대두단백 혼합에 따른 조직화 특성에서 쌀혼합량 30%까지 증가할수록 토출구온도, 수용성 질소 지수 및 조직잔사지수가 떨어지며 씹힘성과 감성이 감소하여 부드러운 조직감이 형성되었다. 또한 쌀혼합량의 증가에 따라 최종 제품의 수분함량은 증가되었으나 밀도에는 변화가 없었고 재흡수율은 감소하는 경향이었다. 한편 복원 후에는 제품의 명도가 밝아졌다. 압출성형 중의 압력분포는 15~100 kg/cm³의 범위였다. 미세구조에서는 쌀혼합량이 증가할수록 기공의 크기가 증

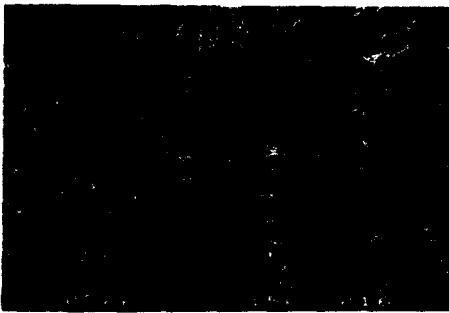
Table 5. Changes in color before and after rehydration of texturized extrudate by addition of rice flour

Addition of rice flour (%)	Lightness (L value)		Redness (a value)		Yellowness (b value)		ΔE	
	before	after	before	after	before	after	before	after
0	57.8	36.7	5.53	5.58	18.8	17.6	36.4	55.2
10	49.8	38.6	5.41	4.48	17.4	18.1	42.9	53.6
20	49.1	47.3	7.13	3.63	16.9	17.0	43.7	44.9
30	48.1	52.5	4.50	3.05	15.6	15.4	43.8	39.4

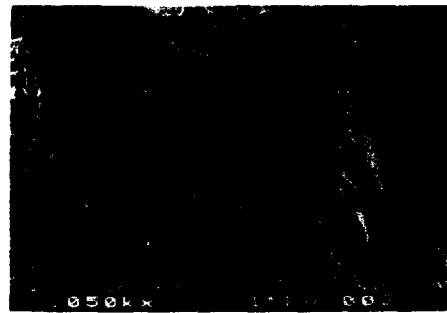
^{a)} $\Delta E = \sqrt{(89.2-L)^2 + (0.921-a)^2 + (0.78-b)^2}$, (ΔE : total color difference)



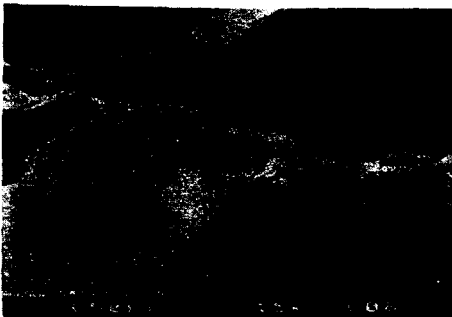
(ISP 100%)



(10% addition of rice flour)



(20% addition of rice flour)



(30% addition of rice flour)



(40% addition of rice flour)

Fig. 6. Scanning electron micrographs of cross section of texturized extrudate by addition of rice flour. ($\times 50$)

대하였으며 쌀전분질이 호화된 표면구조를 지니고 있다.

문 헌

1. Molina, M.R., Braham, J.E. and Bressani, R.: Some characteristics of whole corn: Whole soybean (70:30) and rice: whole soybean (70:30) mixtures processed by simple extrusion cooking. *J. Food Sci.*, **48**(2), 434 (1983)
2. Saio, K.: Expansion and texturization mechanisms of soybean roteins relating to the microstructures. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **34**(6), 407 (1987)
3. Noguchi, A., Kugimiya, W., Haque, Z. and Saio, K.: Physical and chemical characteristics of extruded rice flour and rice flour fortified with soy protein isolate. *J. Food Sci.*, **47**(1), 240 (1982)
4. Faubion, J.M. and Hoseney, R.C.: HTST extrusion cooking of wheat starch and flour. II. Effect of pro-

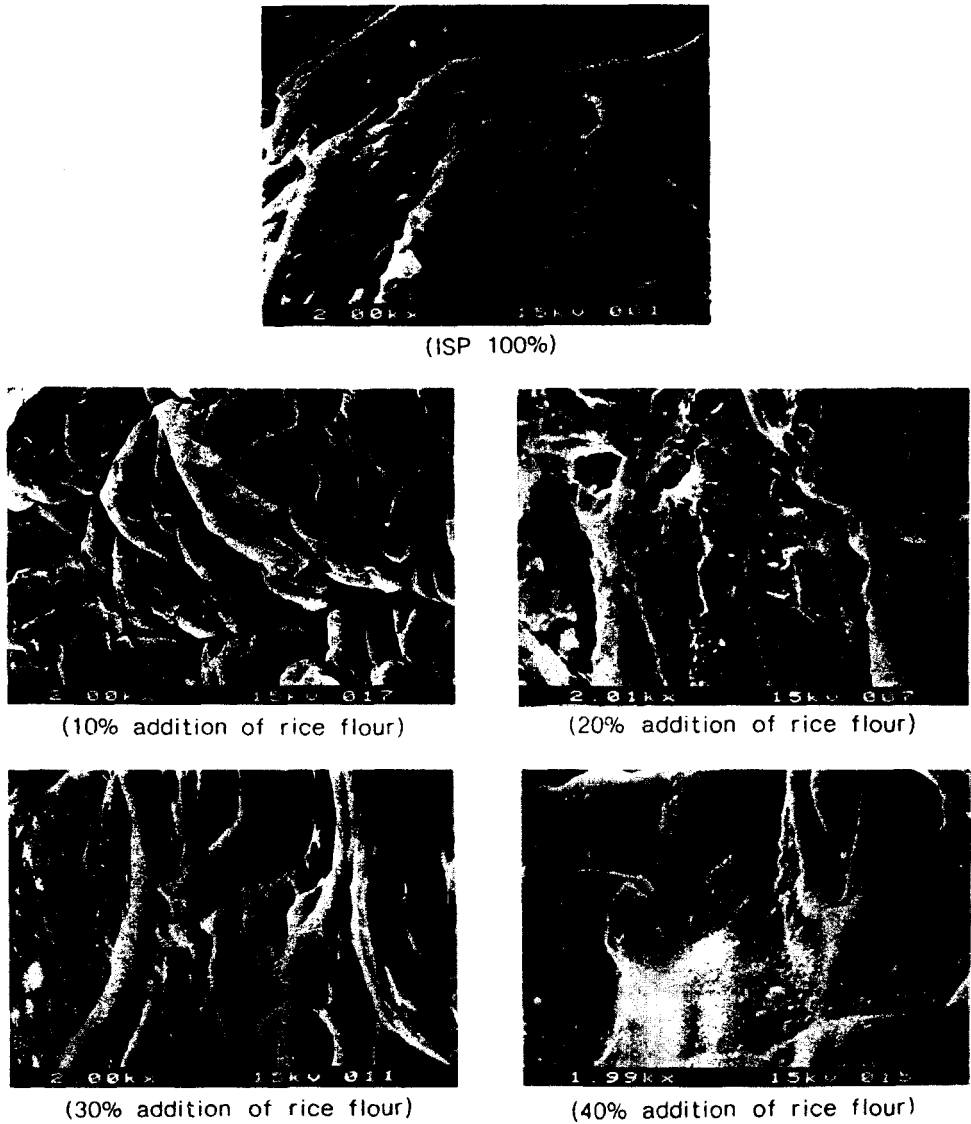


Fig. 7. Scanning electron micrographs of transverse section of texturized extrudate by addition of rice flour. ($\times 2,000$)

- tein and lipid on extrudate properties. *Cereal Chem.*, **59**(6), 533 (1982)
5. A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis*, 11th ed., The Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C., p. 123 (1970)
 6. Smith, A.K. and Circle, S.J.: *Soybeans: Chemistry and Technology*, AVI, Westport, Vol. 1, p. 451 (1978)
 7. Breene, W.M.: Problems in determining textural properties of textured plant protein products, *Food Technol.*, **31**(4), 95 (1977)
 8. Bourne, M.C.: Texture profile analysis, *Food Technol.*, **32**(7), 62 (1978)
 9. 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**(8), 431 (1978)
 10. 류기형, 이철호: 원료곡분의 성장과 압출조건이 Extruder 내부 온도분포에 미치는 영향, 한국식품과학회

지, 20(3), 303(1988)

11. Rhee, K.C., Kuo, C.K. and Lusas, E.W.: Texturization. *ACS Symposium Series*, 147, 55 (1981)

12. 한 억, 이상효, 이현유, 민병용 : 압출성형기법에 의한 편익식품개발연구, 한국식품개발연구원 보고서, G1001-0004(1988)

13. 한 억, 박용호, 이상효, 이현유 : 쌀을 이용한 압출식품 개발에 관한 연구, 한국식품개발연구원 보고서, E1004-0008(1988)

(1989년 7월 25일 접수)