

압출성형기의 스크류 회전속도와 원료수분함량이 대두단백질의 조직화에 미치는 영향

한 옥·이상효·이현유·오상룡·이철호*

한국식품개발연구원·*고려대학교 식품공학과

The Effects of Screw Speeds and Moisture Contents on Soy Protein under Texturization Using a Single-screw Extruder

Ouk Han, Sang-Hyo Lee, Hyun-Yu Lee, Sang-Lyong Oh and Cherl-Ho Lee*

Korea Food Research Institute, Banwol, Kyonggi-do

**Department of Food Technology, Korea University, Seoul*

Abstract

The effects of screw speeds and moisture contents on the physical properties of texturized extrudate from isolated soy protein were examined by using a single-screw extruder. The screw speeds and moisture contents tested were in the range of 122-334 rpm and 20-35%, respectively, and die temperature were 90-145°C. The texturization characteristics such as nitrogen solubility index, integrity index, chewiness, density, rehydration ratio, and lightness after rehydration were appeared to be influenced by screw speed and moisture content. As the screw speed increased and moisture content decreased, die temperature, nitrogen solubility index, integrity index, lightness before and after rehydration were increased, while chewiness, density, water content of final extrudate were decreased. The rehydration rate was changed drastically at the feed moisture content of 30% in particular. As the moisture content decreased, the air cell size became large and its number was increased. The effects of interaction between screw speed and moisture content of raw materials on the extrudate characteristics were tested by the analysis of variance.

Key words: screw speed, moisture content, ISP, texturization

서 론

압출성형공정의 조건설정에는 복잡한 고분자 유기물인 식품성분들의 성상에 따라 많은 공정변수가 작용한다. 특히 압출조리 정도나 호화도 및 최종제품의 품질 결정에 가장 중요한 역할을 하는 부분은 스크류로서 원재료의 함유수분이나 내부열발생, 압력 및 물질의 흐름 기작과 깊은 상관관계를 지닌 것으로 알려져 있다^(1,2). 또한 압출성형공정에서 작용하는 여러가지 공정변수 때문에 재현성을 확보하기 위한 최적공정조건의 설정이 중요한 과제로 되어 있으며 최근에 와서는 기능적으로 공정제어를 원활하게 수행할 수 있는 새로운 기종들이 개발되고 있다.

본 연구와 관련하여, 탈지대두분과 분리대두단백을 시료로 하여 조직화에 대한 각종 영향인자를 해석한

Rhee 등의⁽³⁾ 보고를 보면 65%의 NSI를 가진 단백질은 가열처리에 의하여 46%까지 떨어져서 조직화 경우 밀도, 보수성, 강도 등에 현저한 영향을 주며 NSI가 높은 쪽이 섬유성이 높고 단백질과 탄수화물로 이루어진 망목구조가 연속적으로 생겨났다고 하였다. 또한 pH의 영향에 대해서는 알카리 쪽에서 제품밀도와 강도가 저하되나 보수성은 증가하였으며 pH 8의 경우가 가장 섬유성이 높은 것으로 나타났다. 효소분해에서는 저분자화된 대두단백질의 제품은 가수 후 용해되는 구조를 지나 섬유성이 없어지기 때문에 조직화에서는 단백질 분자량이 50,000 이상 필요한 것으로 평가되었다. Isobe 등은⁽⁴⁾ 탈지대두분을 조직화시키기 위한 온도로 140°C 이상이 적절하고 체류시간 분포보다는 온도의 영향을 주로 받는다고 하였으며 시료를 반복 통과시켜도 단백질 매트릭스는 파괴되지 않았다고 보고하였다. Frazier 등은⁽⁵⁾ 대두의 조직화 중 공정변수의 최적화에 대하여 토출구 직경이 중요한 변화 요소였으나 보다 큰 영향을 주는 것은 스크류 회전속도와 원료의 수

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

분함량이었다고 하였다.

본 연구에서는 분리대두단백을 스크류 회전속도 122, 210 및 334 rpm에서, 20, 25, 30 및 35%의 수분함량으로 조직화시켰을 때 스크류 회전속도와 분리대두단백의 수분함량 변화가 조직화 특성 및 물성변화에 어떠한 영향을 주는지 검토하고 그 교호작용(交互作用)을 조사하기 위하여 데이터의 반복이 있는 이원배치 실험계획법으로 실험하여 분산분석 시험을 실시하였다.

재료 및 방법

실험재료

시험에 사용한 분리대두단백(ISP760, Purina Co.)과 조직잔사지수를 비교하기 위하여 쇠고기, 돼지고기, 닭고기, 동태필렛, 게맛살 및 조직화 대두단백(탈지대두분 이용 TSP 제품, 동방유양)들을 시중에서 구입하여 사용하였다. 분리대두단백의 일반성분 조성은 Table 1과 같다.

Table 1. Chemical composition of isolated soybean protein (%)

Moisture	Protein	Fat	Carbohydrate	Ash	NSI
7.6	88.0	0.7	—	3.7	60.8

조직화 압출성형조건

분리대두단백을 수분함량 20, 25, 30 및 35%별 및 스크류 회전속도 122, 210 및 334 rpm 별로 구분하여 토출구온도 90~145°C에서 조직화된 압출성형물의 시료를 채취하였다. 또한 운전가동 중에 변화하는 토출구의 온도는 자동온도기록계(Temperature Recorder, SS-100P-6P, Konics Co., Korea)를 사용하여 측정하였다. 이 때 사용한 압출성형기는 다목적용 단축스크류 압출성형기로서 L/D비 5.0의 팽화용 스크류와 직경 6 mm의 토출구를 장착하였다.

수용성 질소지수 측정

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

따라 산출하였다⁽⁶⁾.

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

조직잔사지수 측정

조직화 압출성형물의 조직형성 정도를 평가하기 위하여 조직잔사지수(Integrity index)를 다음과 같이 측정하였다⁽⁷⁾. 시료 2~3g을 정확히 채취하여 80°C의 물 100 ml에서 30분간 침지, 복원시킨 후 121°C에서, 15분간 고온 가압하여 흐르는 물에 냉각시킨 다음 증류수 30 ml를 부어 homogenizer에서 5,000 rpm으로 1분간 분쇄하고 20메쉬 체에 걸러내어 물로 여러번 씻어 잔사만 취하였다. 이 잔사를 105°C 건조법으로 2시간 건조 후 칭량하여 다음 식으로 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 압축 시험을 수행하고 Bourne의 텍스처 프로파일 분석방법에⁽⁸⁾ 따라 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄성(springiness)과 이 세 값을 곱한 값인 씹힘성(chewiness)을 산출하였다. 조직감 측정조건은 크로스헤드 무게 5 kg, 크로스헤드 이동속도 100 mm/min, 차트 이동속도 100 mm/min, 간극(clearance) 2 mm, 플런저 직경 15 mm이었다. 또한 씹힘성에 대한 관능검사를 9점 만점의 채점방법으로 평가하여 1% 유의수준에서 최소유의차 검정(least significant difference test)을 실시하였다.

밀도 측정

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

재흡수율(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 및 b 값을 구하였다. 이 때 표준 백색판의 L, a 및 b 값은 각각 89.2, 0.921, 0.78이었다.

미세구조 및 성상관찰

원료인 분리대두단백과 수분함량 20, 30, 40%별로 조직화된 압출성형물의 미세구조를 50배율로 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, ISI-SS 130, Akashi, Japan)으로 관찰하고, 외관성상은 앞의 압출성형조건에 따라 스크류 회전속도 및 수분함량 별로 비교, 촬영하였다.

분산분석시험

스크류 회전속도와 분리대두단백의 수분함량 변화에 따른 주효과와 교호작용을 반복이 있는 이원배치법에 의하여 실험하고 5% 유의수준 범위로 분산분석(Analysis of variance: ANOVA)하였다. 이 때 스크류 회전속도와 수분함량을 독립변수로 하고 토출구온도, 수용성 질소지수, 조직잔사지수, 경도, 씹힘성, 최종 수분함량, 밀도, 재흡수율, 복원 전후의 색도 등을 종속변수로 하여 각 종속변수에 대한 독립변수들의 주효과와 교호작용을 다음의 구조식으로 분석하였다(9,10).

$$x_{ijk} = \mu + a_i + b_j + (ab)_{ij} + e_{ijk}$$

단, $i=1$ (수분함량의 수준수; $l=4$ 수준)

$j=m$ (스크류 회전속도의 수준수; $m=3$ 수준)

$k=r$ (반복수; $r=2$ 회)

μ =모평균

e_{ijk} =오차

x_{ijk} =측정치

여기에서 a 는 수분함량의 주효과를, b 는 스크류 회전속도의 주효과를 나타내며 ab 는 교호작용을 의미한다.

결과 및 고찰

토출구온도에 대한 영향

스크류 회전속도와 수분함량 변화에 따른 토출구온도의 변화는 Fig. 1과 같으며 수분함량이 증가함에 따라 토출구온도는 감소하였으며 210 rpm, 수분함량 20%에서 145°C로 가장 높은 수치를 나타내었다. 특히 334 rpm에서는 고속회전에도 불구하고 가장 낮은 토출구

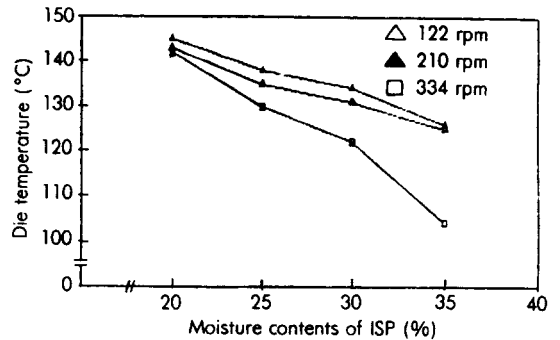


Fig. 1. Changes in die temperature of texturized extrudate by ISP moisture contents and screw speeds.

온도를 기록하였는데 이는 스크류 회전속도가 증가하면서 토출속도도 빨라짐에 따라 바렐 내의 원료들이 충분한 증발림 변형력을 받지 못하고 토출시 많은 기화열을 갖고 토출구로 빠르게 빠져 나가기 때문이라고 생각되었다. 일반적으로 단백질의 조직화는 단백질의 변성을 의미하며 그 기준온도는 Cumming과 Saio에(11,12)의하면 약 110°C 부근으로 알려져 있다. 또한 시차주사 열량계(Differential Scanning Calorimetry: DSC)를 사용하여 탈지대두분의 열변성 온도를 구한 결과 107°C에서 흡열피이크를 보였다고 하였다(13). 따라서 본 시험에서 나타난 토출구온도의 범위에서는 모두 조직화가 가능하였다고 평가할 수 있었다.

수용성 질소지수에 대한 영향

조직화 성형시 단백질의 변성 정도를 구체적으로 나타내어 주는 지표는 수용성 질소지수(NSI)이다. 본 시험에서 사용한 분리대두단백의 NSI 값은 60.8%를 나타내므로 조직화를 위한 충분한 값을 보여 주었는데 대개 NSI 값이 높을 수록 조직화가 용이한 것으로 알려져 있다(9). 대두단백질의 변성조건은 습윤가열과 극단적인 pH에 대하여 매우 예민한데 실제로 식품의 가공 중에서는 대부분 열처리공정을 거치게 되므로 열변성은 흔히 일어나게 된다. 본 시험에서도 Fig. 2와 같이 분리대두단백의 수분함량이 증가할 수록 NSI 값이 감소하는 경향이었으며 이는 습윤가열로 인하여 대두단백질의 불용성화가 촉진되었음을 의미하였다. 한편 수분함량 35%에서는 334 rpm 보다는 122 rpm에서 NSI 값이 급격히 감소함을 보여 주었는데 이러한 경향은 저속 rpm에서의 바렐 내 체류시간이 길어짐에 따라 수용성 단백질의 변성이 일어났기 때문이라고 판단되었다.

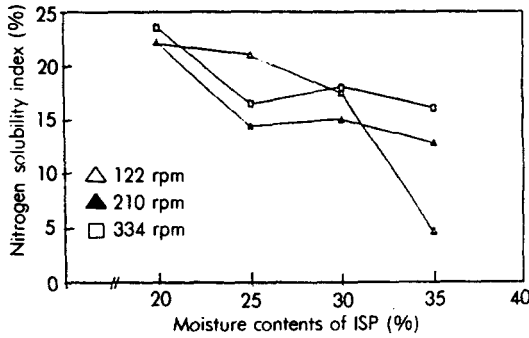


Fig. 2. Changes in NSI of texturized extrudate by ISP moisture contents and screw speeds.

조직잔사지수에 대한 영향

조직화 정도를 가장 쉽게 평가하는 방법 중의 하나는 관능검사 요원에 의한 평가방법일 것이다. 그러나 육조직이 지니고 있는 섬유상 조직감을 수치적으로 정확히 표현하기에는 상당히 추상적인 방법이라고 할 수 있다. 이러한 점에서 본 시험에서는 육조직 평가에 사용되는 조직보존성 측정법을 조직화 평가에 알맞도록 수정하여 조직화 압출성형물의 조직잔사지수(integrity index)로 그 기준을 설정하였다. Table 2에서 나타난 바와 같이 수분함량 20%의 분리대두단백을 210 rpm에서 조직화시켰을 때 45.4%의 가장 높은 조직잔사지수를 나타내었으며 이는 47.4%의 조직잔사지수를 나타낸 명태필렛 조직에 근접하는 육조직감이 형성되었음을 알 수 있었다. 그러나 수분함량이 증가할수록 조직잔사지수는 급격히 떨어졌다. 또한 Fig. 3과 같이 고속 rpm

Table 2. Integrity index of various meats and texturized extrudates by different ISP moisture contents

Sample	Integrity index (%)
Extrudates	
20% ISP M.C.	45.4
25% ISP M.C.	29.3
30% ISP M.C.	12.8
35% ISP M.C.	11.5
Meats	
Beef	66.9
Pork	63.9
Chicken	53.1
Pollack fillet	47.4
Immitation crab	19.1
TSP (made from DSF) ^{o)}	12.9

^{o)}TSP: Textured soybean protein
DSF: Defatted soybean flour

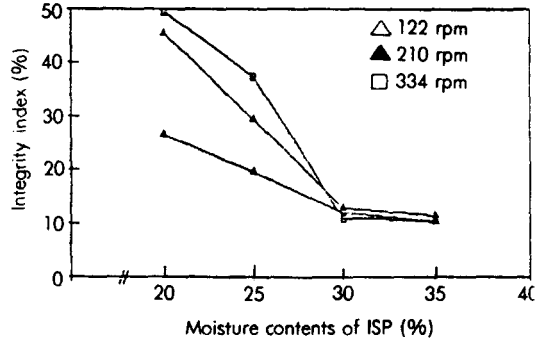


Fig. 3. Changes in integrity index of texturized extrudate by ISP moisture contents and screw speeds.

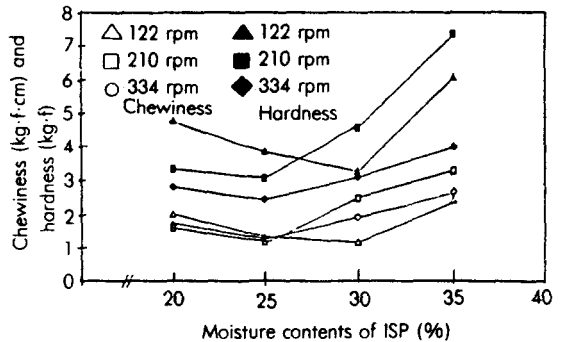


Fig. 4. Changes in chewiness and hardness of texturized extrudate by ISP moisture contents and screw speeds.

으로 갈수록 조직보존성이 우수하게 나타나 수분함량과 스크류 회전속도에 큰 영향을 받는 것으로 생각되었다. 한편 육 종류별에서는 쇠고기가 약 67%의 가장 높은 조직잔사지수를 보여주었다. 그 밖에 제맛살은 19.1%, 현재 시중에 유통되고 있는 탈지 대두분으로 제조된 TSP는 12.9%를 나타내었다.

조직감에 대한 영향

Fig. 4는 스크류 회전속도와 분리대두단백의 수분함량 변화에 따른 조직화 분리대두단백의 조직감 중에서 경도(hardness)와 씹힘성(chewiness)의 변화를 나타낸 것이다. 대체로 수분함량 35%에서 가장 높은 수치들을 나타내었는데 이는 고수분 상태에서 단백질의 변성이 조직감에 영향을 주는 것으로 생각되었다. 또한 분리대두단백의 조직화 압출성형물의 씹힘성에 대한 관능검사 결과는 Table 3과 같이 수분함량이 증가할수록 1%의 유의수준에서 그 강도가 증가하는 것으로 나타났다. 이 결과에 의하면 조직보존성이 높다는 것이 바로 강한 씹힘성을 의미하는 것이 아니라는 사실이다. 따라

Table 3. Changes in chewiness of texturized extrudates made from ISP with different moisture contents at 210 rpm

Moisture contents of ISP (%)	Chewiness	
	kg·f·cm	Sensory score ^{a)}
20	1.57	5.5 ^b
25	1.20	5.3 ^b
30	2.45	5.7 ^b
35	3.29	6.9 ^a

a) Significant difference (P<0.01) between a and b.

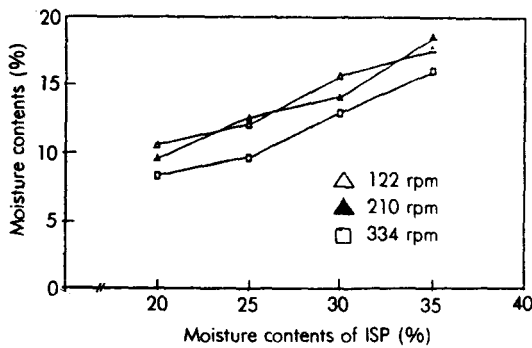


Fig. 5. Changes in moisture contents of texturized extrudate by ISP moisture contents and screw speeds.

서 조직화에 대한 정확한 평가를 위해서는 압출성형시 토출구온도, 수용성 질소지수의 변화, 조직 보존성 테스트 및 조직감에 대한 관능적, 기계적 측정 등의 종합적인 고려가 요구되며 이들 사이에는 조직화에 대한 어떤 임계점 (critical point)이 존재하는 것으로 평가되었다.

최종 수분함량에 대한 영향

Fig. 5와 같이 원료의 수분함량이 증가할 수록 최종 압출성형물의 수분함량도 증가하였으며 고속 rpm일 수록 낮은 수분함량을 나타내었다. 즉, 고속회전에서 조직화되어 나온 압출성형물은 저속에서 토출된 것 보다 기화된 수분함량이 많은 것으로 평가되었다.

밀도에 대한 영향

Fig. 6에서 보는 바와 같이 수분함량이 증가할 수록 밀도 역시 증가하였으며 이러한 경향은 Faubion에 의하면⁽¹⁴⁾ 전분질에서도 같은 변화가 일어난다고 하였다. 또한 고속회전일 수록 밀도가 감소함을 보여주었으며 최종 압출성형물의 수분함량 변화와도 일치하였다.

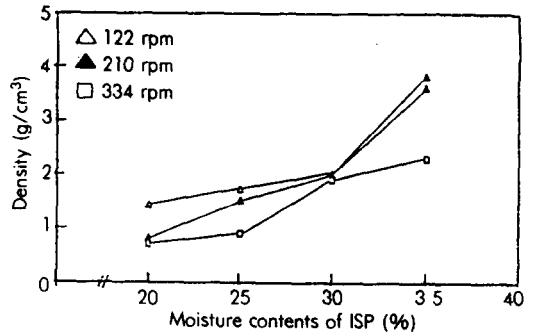


Fig. 6. Changes in density of texturized extrudate by ISP moisture contents and screw speeds.

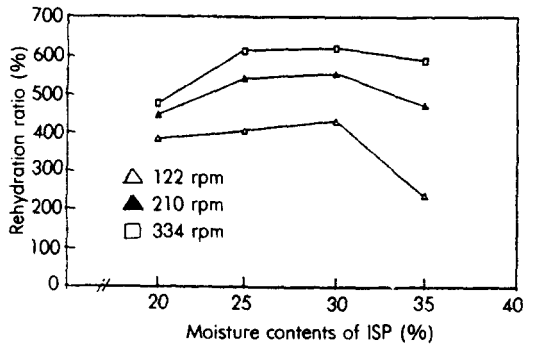


Fig. 7. Changes in rehydration ratio by ISP moisture contents and screw speeds.

재흡수력에 대한 영향

Fig. 7의 재흡수력의 경우, 210 rpm, 수분함량 30%의 조직화 압출성형물에서 약 5.5배의 수분흡수 증가를 보여주었으나 수분함량 35%에서는 급격히 감소하여 재흡수력은 약 4.5배로 떨어졌다. 이러한 현상은 조직화에 대한 임계점을 의미한다고 생각되었으며 분리대두단백의 조직화에서 수분함량의 임계점은 30%로 평가할 수 있었다. 이 점에 대해서는 스크류 회전속도를 122 rpm과 334 rpm으로 변화시켜 시험하였을 때에도 동일한 현상이 관찰되었으며 고속 rpm일 수록 재흡수력은 증가되는 경향이였다. 이 경우에 원료의 수분함량이 35%에 이르면 고수분으로 인하여 조직화 능력이 떨어지면서 기공 (air cell)의 크기가 커지고 두께가 두꺼워지며 그 수가 감소하기 때문에 재흡수력도 감소하는 것으로 생각되었다. Fig. 8의 미세구조 관찰에서도 이를 뒷받침하는 결과를 보여주었다. 실제로 조직화 대두단백 (Texturized Soybean Protein; TSP)의 조직평가에서는 재흡수력이 높을 수록 우수한 제품으로 평가하고 있다⁽¹⁵⁾.

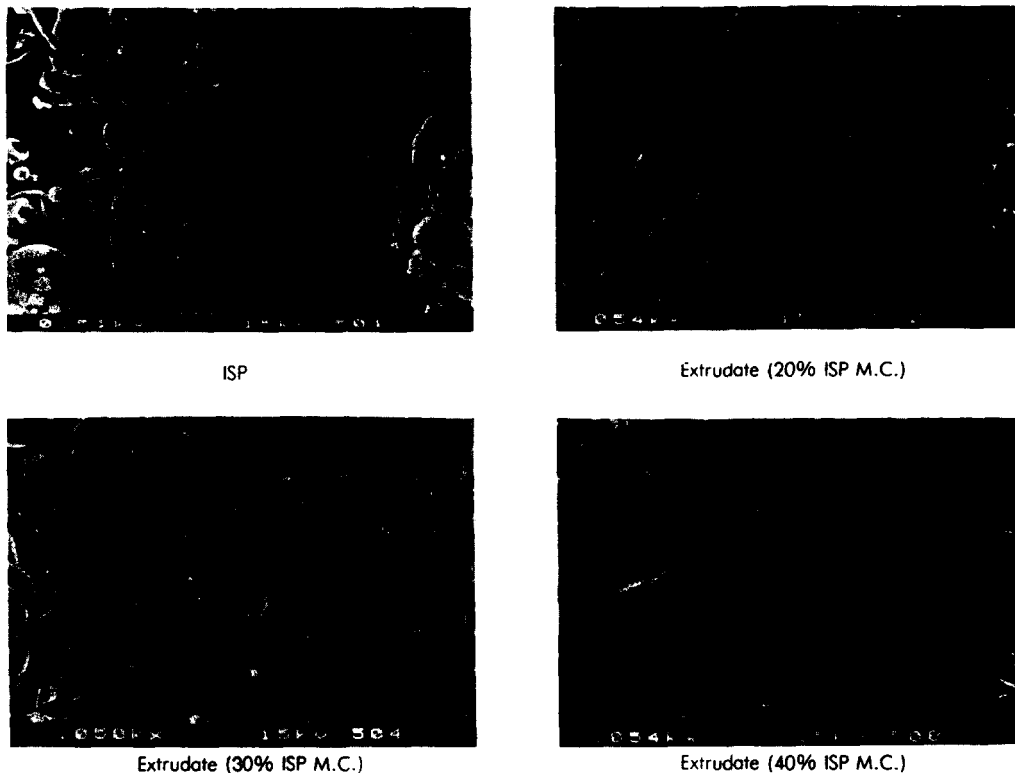


Fig. 8. Scanning electron micrographs of ISP and its texturized extrudates extruded with different moisture contents at 210 rpm.

복원 전후의 색도에 대한 영향

대체로 복원 전의 명도는 복원 후 보다 높은 값을 나타내었으며 복원 후에는 큰 변화를 관찰할 수 없었다. Table 4와 같이 스크류 회전속도 210 rpm에서 토출된 시료의 복원 전 명도변화를 살펴보면 수분함량 30%까지는 별다른 차이를 나타내지 않았으며 수분함량 35%에서 명도와 황색도가 떨어지면서 적색도가 증가하였다. 또한 고속회전일 수록 명도가 밝아지는 경향이였다.

조직화 분리대두단백의 성상관찰

Fig. 9에서는 스크류 회전속도 및 수분함량별로 압출

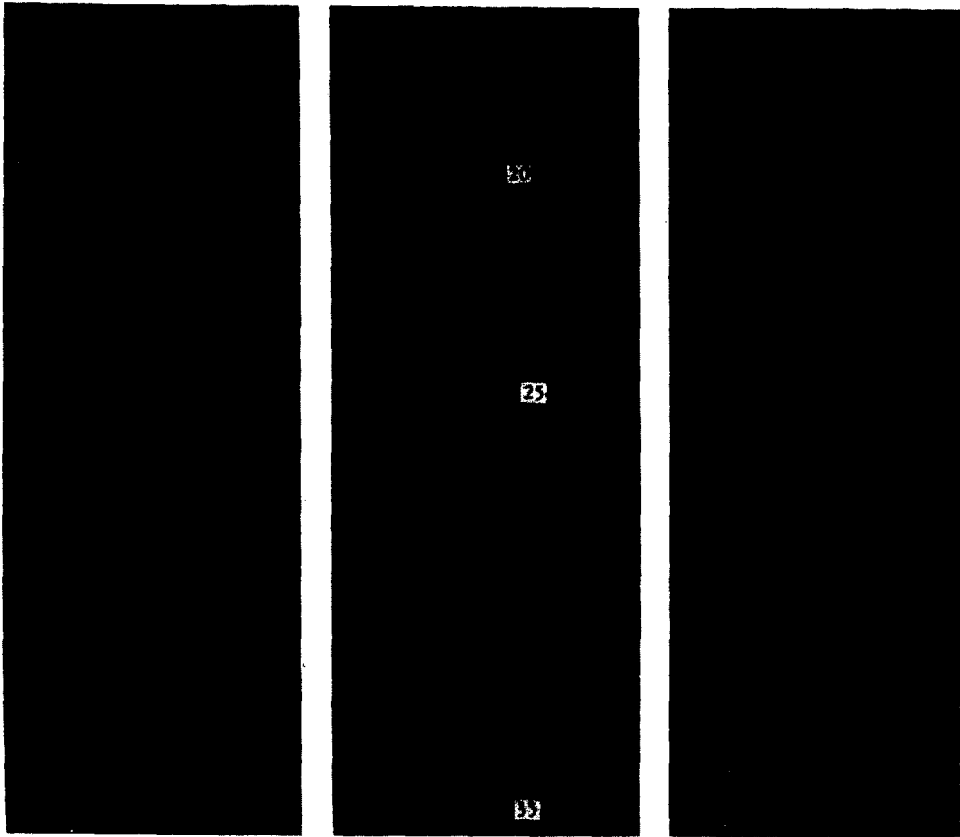
성형된 조직화 분리대두단백의 사진들을 비교하였다. 대체로 고속 rpm, 저수분 상태로 갈 수록 압출성형물의 명도가 밝고 팽화가 많이 일어난 것을 확인할 수 있었다.

분산분석에 의한 교호작용 검토

스크류 회전속도와 분리대두단백의 수분함량 변화에 따른 조직화 분리대두단백의 물성 및 품질 지표들에 대한 영향과 교호작용 유무에 대하여 이원배치 실험계획법으로 실험하여 각 데이터들을 분산분석하였다. Table 5와 같이 5% 유의수준에서 각 지표들에 대하여

Table 4. Changes in color of texturized extrudates before and after rehydration, made from ISP with various moisture contents at 210 rpm

Moisture contents of ISP (%)	Lightness (L value)		Redness (a value)		Yellowness (b value)	
	before	after	before	after	before	after
20	45.8	38.1	5.5	6.2	15.4	14.6
25	47.3	41.7	5.5	6.2	14.6	13.5
30	46.6	40.8	2.7	6.2	15.4	12.6
35	29.7	37.2	10.3	6.2	10.5	12.6



*ISP-screw speed-moisture content-temperature

Fig. 9. Photographs of texturized extrudate made from ISP with different moisture contents at various screw speeds.

Table 5. ANOVA test on the change of texturization properties of extrudate by ISP moisture contents and screw speeds

Source of variation	F value (P<0.05)	F ₀ value								
		Temp.	NSI	Integrity index	Hardness	Chewiness	Moisture content	Density	Rehydration ratio	Lightness after rehydration
Moisture(a)	3.49	436.5	11689.1	983.6	4.2	312.5	59.3	290.0	19.1	2010.0
rpm(b)	3.89	189.0	3513.1	234.7	2.8	50.0	1.9	60.0	52.3	1910.0
a×b (interaction)	3.00	31.2	2716.2	39.8	1.5	50.0	1.9	20.0	4.4	295.0

스크류 회전속도 보다는 원료의 수분함량의 영향이 컸으며, 특히 NSI, 복원 후 명도, 조직잔사지수에 미치는 영향이 큰 것으로 분석되었다. 또한 최종 압출성형물의 경도와 최종 수분함량에 대한 스크류 회전속도의 영향은 거의 없었으며, 경도, 수분함량에 대한 스크류 회전속도와 수분함량의 교호작용은 존재하지 않았다.

이상의 분석을 통하여 조직화에 대한 정확한 평가를 위해서는 향후 가공시험과 관련한 관능검사와의 유의수

준 차이와 단백질 변성의 분자구조적인 연구가 병행되어야 할 것으로 사료되었다.

요 약

분리대두단백의 조직화에 대한 스크류 회전속도와 원료 수분함량의 영향을 조사하였다. 수분함량이 증가함에 따라 토출구온도는 감소하였으며 210 rpm에서 가

장 높은 온도를 나타내었다. 수용성 질소지수는 수분함량이 증가할 수록 감소하였으며 고속보다는 저속에서 감소폭이 컸다. 조직잔사지수는 낮은 수분함량과 고속 rpm에서 높게 나타났으며 조직감의 강도는 이와 반대의 경향이었다. 또한 원료의 수분함량이 증가할 수록 최종 압출성형물의 수분함량이 증가하였고 고속 rpm일 수록 낮은 수분함량을 나타내었다. 밀도의 경향도 이와 일치하였다. 재흡수력의 경우는 수분함량 30%에서 최고치를 나타내었으며 고속 rpm에서 증가하였다. 복원전의 명도는 복원 후 보다 높은 수치를 보였고 고속회전일 수록 명도가 밝아졌다. 성상에 있어서도 저수분, 고속 rpm에서 밝은 명도와 높은 팽화도가 관찰되었다. 분산분석을 통해서 스크류 회전속도보다 원료의 수분함량이 조직화 성질을 나타내는 각 지표에 더 깊은 영향을 주는 것으로 확인되었다.

문 헌

1. 한 익, 이철호: 식품 압출성형기의 구조 및 기능적 고찰. *식품과학*, 20(3), 44(1987)
2. El-Dash, A.A.: Application and control of thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. In *Cereals*, Pomeranz, Y. and Munck, L.(ed), The American Association of Cereal Chemists, St. Paul, p.173(1981)
3. Rhee, K.C., Kuo, C.K. and Lusas, E.W.: Texturization. *ACS Symposium Series*, 147, 55(1981)
4. Isobe, S. and Noguchi, A.: High moisture extrusion with twin screw extruder-fate of soy protein during the repetition of extrusion cooking. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 34(7), 456(1987)
5. Frazier, P.J., Crawshaw, A., Daniels, N.W.R. and Russell Eggit, P.W.: Optimisation of process vari-

- ables in extrusion texturing of soya. In *Extrusion Cooking Technology*, Jowitt, R(ed), Elsevier Applied Science Publishers, London, p.1(1984)
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. 田口玄一: 實驗計劃法, 丸善株式會社, 東京, 上卷 p. 29(1976)
10. 한국공업표준협회: 실험계획법, 한국공업표준협회, 서울, I권, p. 38(1985)
11. Cumming, D.B., Stanley, D.W. and deMan, J.M.: Texture-structure relationships in texturized soy protein. *J. Inst. Can. Sci. Technol. Aliment.* 5, 124(1972)
12. Saio, K., Terashima, M. and Watanabe, T.: Food use of soybean 7S and 11S proteins-heat denaturation of soybean proteins at high temperature. *J. Food Technol.*, 40(3), 537(1975)
13. 식품산업 엑스트루전 쿠키 기술연구조합편: 엑스트루전 쿠키-이축형의 개발과 이용, 광림, 동경, p. 179 (1987)
14. Faubion, J.M.: Extrusion cooking of starch, native and reconstituted flours: Effects of protein, lipid and moisture on the extruded product. *Ph. D. Thesis*, Kansas State University, Manhattan, U.S.A. p. 21(1980)
15. Snyder, H.E. and Kwon, T.W.: Soy protein food products. In *Soybean Utilization*, AVI, New York, p. 265(1987)

(1989년 7월 25일 접수)