

## ● 연구속보 3

# 압출성형기의 토출구온도와 밀가루 첨가량이 돈육압출성형물의 이화학적 성질에 미치는 영향

유익중, 전기홍, 한역, 박동준

(축산물이용연구부)

## I. 서론

압출성형(extrusion)이란 플라스틱이나 연질물질들을 토출구(die)를 통하여 연속적으로 성형하는 것이며 압출성형기(extruder)는 이러한 연속성형 공법에 의해서 물질을 성형하는 기계이다(이철호 등, 1987). 식품의 extrusion cooking 기술은 적당한 수분함량에 갖는 천연 고분자 화합물을 extruder 내부에서 스크류의 회전 및 가열에 의하여 cooking과 성형이 동시에 이루어지는 기술로서 식품 산업 분야에서는 breakfast cereals, snacks, 유아식, 대두를 이용한 조직화단백 제조 등에 이용되고 있다. 국내에서는 인절미, 절편을 단축 및 쌍축 스크류 압출성형기로 제조하였으며 1970년대부터 Collet 압출성형기, Wenger사의 단축스크류 압출성형기를 사용하여 스낵제조가 시작되었다. 1980년대에 들어와서는 전분질의 당화와 효소적 액화를 위한 반응기로 활용되거나 발효용 단백질의 전처리 공정으로 이용되고 있다(이철호 등, 1987). 일본햄(주) (1987)에서는 돈피의 지방을 제거하고 세절한 다음 온풍 건조하여 분쇄시킨 것(수분 9.4%, 조단백질 78.0%, 조지방 7.0%, 회분 5.0%)과 결합재료 소맥전분(수분 13%), 박력소맥분(수분 14%), 옥수수분말(수분 13%), 분말글루텐(수분 7.5%) 등을 단독 또는 병행하여 압출성형한 제품의 팽화율, 비중, 경도 및 레토르트안정성 등을 검토하여 보고하였고 국내에서는 양 등(1990a) 분쇄된 돈피와 옥수수분말을 1:1로 혼합하여 수분함량 5%가 되도록 건조시킨 후 압출성형한 것이 팽화율이 가장 좋았으며, 혼합물중 돈피의 함량이 증가될 수록 조밀도, 수분흡착력, 전단력과 적색도가

증가하였고 연구로는 양 등(1990b)이 단축스크류 압출성형기를 이용하여 돈육과 계육을 옥수수분말과 각각 1:1, 2:1, 3:1 및 1:3으로 혼합하여 압출성형한 결과 고기함량이 증가할 수록 팽화율, 수분흡착력, 명암도 및 황색도는 감소하였고 전단력은 배합비 1:0에서 최대치를 나타내었다고 보고하였다.

본 연구에서는 돈육압출성형물(pork extrudate)의 생산시 extruder의 운전조건을 설정하기 위하여 토출구 온도의 영향을 구명하였으며, 원부재료의 적정 혼합비율을 확립하기 위하여 밀가루의 첨가비율에 따른 압출성형물의 이화학적 성질을 조사하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재 료

돈육압출성형물(pork extrudate)의 생산을 위하여 사용한 돈육은 뒷다리부위를 시중에서 구입하여 지방을 제거한 다음 직경 3mm 플레이트가 장착된 chopper로 1회 마쇄한 것을 공시육으로 하고, 밀가루(박력분, 대한제분)는 시중에서 구입하여 사용하였다. 시료의 혼합은 돈육에 밀가루를 혼합한 다음 silent cutter를 이용하여 미세하게 세절하여 혼합하였으며 혼합물의 기본 조미는 시료 전체에 대하여 소금 1%, 후추가루 0.1%, 마늘가루 0.2% 및 생강가루 0.1%를 중량비로 혼합하였다. 충분히 혼합된 시료는 polyethylene bag에 담아 5°C 냉장고에 24시간 방치한 후 수분평형시켜 압출성형한 것을 공시재료로 사용하였다.

## 2. 시료의 제조 및 압출성형 조건

돈육을 기본 재료로 하여 밀가루를 여러 첨가비로 혼합하여 제조한 공시재료는 당연구원의 단축스크류 압출성형기를 사용하여 압출성형하였으며 압출성형기의 온도는 자동온도 기록계(Temperature Recorder, SS-100, P-6P, Konics, Korea)로 측정하였다. 돈육에 대한 밀가루의 첨가수준을 결정하기 위하여 돈육에 대하여 1배에서 5배까지 중량비로 각각 첨가하였으며, 시료의 수분함량은 혼합 후 추가로 물을 첨가하거나 35°C에서 송풍 건조시켜 30%로 조정하여 사용하였다. 압출성형기 적절한 토출구온도를 결정하기 위해서는 토출구 온도를 100°C, 110°C 및 120°C로 변화시키면서 압출성형하여 매 압출성형물마다 10분 이상 경과로 기계적 평형상태에 도달한 압출성형물을 시료로 채취하였다. 압출성형기의 운전조건은 4단 바렐(길이 600mm)을 사용하였고 L/D비 10, 스크류 속도는 120rpm으로 하였다. 채취한 시료는 송풍건조기 내(35°C 이하)에서 수분함량 7% 이하로 건조시킨 후 압출성형물의 이화학적 성질을 측정하였다.

## 3. 조사항목 및 방법

### 1) 팽화율(Expansion ratio)

시료를 5cm 내외의 길이로 잘라내어 한 시료당 10개씩 캘리퍼스로 직경을 측정하여 토출구와의 비를 평균치로 산출하였다.

### 2) 재흡수율(Rehydration ratio)

압출성형된 30g의 시료를 10분간 90°C의 물에 침지, 복원시켜 50mesh크기의 철망 위에서 10분간 방치한 후 무게를 측정하여 흡수된 물의 양을 백분율로 나타내었다.

$$\text{재흡수율(\%)} = \frac{\text{복원후 무게}}{\text{시료무게}} \times 100$$

### 3) 밀도(Density)

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

### 4) 색깔(Color)

압출성형물을 분쇄기(Food mixer CR-480W, 삼성전자)로 3분간 분쇄시킨 다음 색차계(Color and

color diffenece meter, Model No. UC 600 IV, Yasuda Co., Japan)로 측정하여 Hunter의 색계인 L, a 값을 구하였다. 이때 사용한 표준백색판의 L, a 값은 각각 89.2, 0.921이었다.

### 5) 전단강도(Break strength)

시료의 전단강도는 조직감 측정기(Instron Universal Testing Machine, Model 1140)로 압축시험을 실시하여 kg중으로 나타내었다. 이때의 조건은 cross head 이동속도 100mm/min, chart 이동속도 100mm/min, clearance 2mm 및 plunger직경은 5mm이었다.

### 6) 관능검사

각 실험구별로 압출성형된 시료를 165°C의 대두유에서 1분간 튀긴 후 색깔, 맛, 조직감에 대한 기호도를 9점 척도법을 사용하여 훈련된 15명의 관능검사요원으로 하여금 평가토록 하였다. 기호 척도의 채점은 9점(가장 좋다), 5점(보통이다), 1점(가장 나쁘다)로 평가한 후 통계처리하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 팽화율

팽화란 압출성형기 내부의 고압상태 물질이 토출구를 통과할 때 일어나는 급격한 압력 저하로 형성되는 현상(Spadaro et al, 1971)으로 옥수수가루, 옥수수전분, 밀가루 등 곡물의 팽화는 수분함량과 밀접한 관계가 있어 수분함량이 낮을 수록 대체로 팽화율이 높은 것을 보고 되었으며(Gomez et al. 1984 : Faubion et al. 1982) 원료투입 속도, 스크류 회전속도, 바렐온도 등에도 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Peri et al. 1983 : Chinnaswamy et al. 1988). 돈육과 밀가루의 배합비에 따라 제조된 압출성형물의 팽화율은 Fig. 1과 같다. 전체적으로 밀가루의 혼합비율이 높을 수록 그리고 토출구 온도가 높아질 수록 팽화율이 증가하는 경향을 보였다. 토출구 온도 110°C와 120°C에서는 돈육 : 밀가루의 배합비율이 1 : 3 이상에서 거의 비슷한 경향을 나타내었고 전체적인 토출구온도별로 비교할 때는 100°C의 팽화율보다 팽화가 더욱 잘 되는 것으로 나타났다. 한편 돈육 : 밀가루의 배합비 1 : 1과 1 : 2에서는 토출구온도에 따른 팽화율의 변화가 심하지 않았으나 밀가루

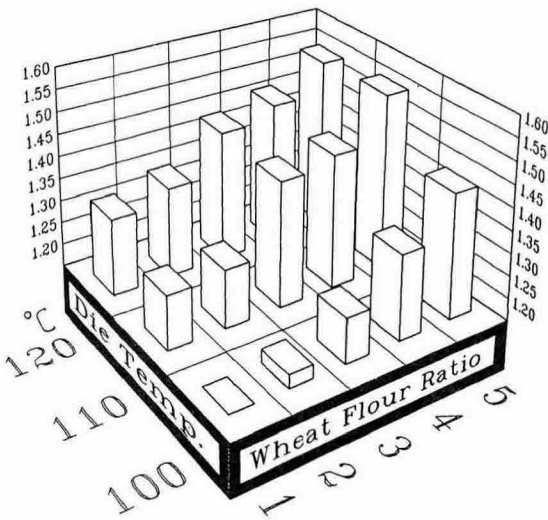


Fig. 1 The three dimensional graph for change in expansion ratio of pork extrudate by added ratio of wheat flour to the pork and die temperatures during extrusion

첨가량이 증가되는 1:3 이상의 배합비에서는 온도의 증가에 따른 팽화율의 변화가 급격히 발생하여 밀가루 배합비율 1:5 토출구 온도 120°C에서 압출성형한 것이 제일 높은 팽화율을 보였다.

## 2. 재흡수율

재흡수율이란 압출성형된 제품이 어느 정도의 수분을 흡수할 수 있는가를 판단하는 지표로, 압출성형과정에서 배합된 원료성분의 비율과 압출성형기의 운전조건에 따라 차이가 나는 것으로 알려져 있다(한 등, 1988). Fig 2는 밀가루의 첨가비율과 토출구 온도에 따른 재흡수율의 변화를 나타낸 것으로 돈육에 대한 밀가루의 첨가비율이 증가할 수록 그리고 토출구 온도가 증가할 수록 재흡수율이 증가하는 경향을 보였다. 압출성형물의 재흡수율에 가장 많은 영향을 주는 요인은 원료물질의 배합비와 압출성형기의 운전조건으로서 Mercier 등(1975)은 쌀가루의 압출시험에서 수용성 덱스트린 및 수용성전분의 영향으로 처리온도가 높

고 수분함량이 낮을 수록 수분흡수력은 증가한다고 하였으며 Bhattacharya 등(1986)도 역시 수분함량이 높아지면 압출성형물의 수분흡수력이 낮아진다고 보고하여 재흡수율과 수분함량의 관계가 가장 큰 것을 알 수 있으나 본 실험에서는 전처리구의 수분 함량을 일정하게 조정하여 실험하였기 때문에 수분함량에 따른 영향이 거의 없었고 단지 운전조건중의 토출구 온도에 따른 영향이 큰 것으로 사료되었다.

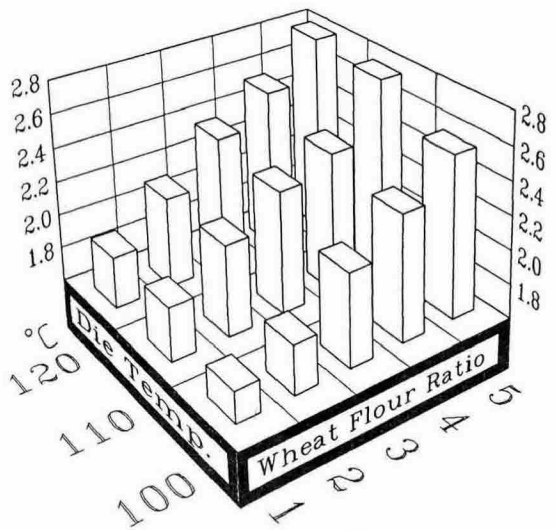


Fig. 2 The three dimensional graph for change in rehydration ratio of pork extrudate by added ratio of wheat flour to the pork and die temperatures during extrusion

## 3. 밀도

Holay 등(1982)은 식물성 단백질 조직화에 대한 층밀림(shearing)의 영향에 대한 연구에서 수분함량이 높아지면 밀도는 낮아지고, 층미는 힘(shear stress) 또는 층미는 속도(shear rate)를 증가시키면 밀도가 높아지는 반면 수분흡수력은 낮아지는 것으로 발표하였으나, Bhattacharya 등(1986)은 shear rate를 증가시키면 밀도는 낮아지며 수분함량을 증가시키면 밀도가 높아진다는 상반된 견해를 나타내고 있다. Fig. 3은 밀가루의 첨가비율과

토출구 온도가 밀도에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 밀가루의 첨가비율이 높아질 수록 밀도는 완만하게 감소하였으며 토출구 온도가 높을 수록 밀도가 낮아지는 경향을 보였다. 1:1 첨가구를 제외하고 밀가루의 첨가비율이 증가하여도 110°C와 120°C의 토출구온도에서는 밀도의 차이가 크지 않았으나 100°C에서는 다른 토출구온도에 비하여 밀도가 높게 나타났다.

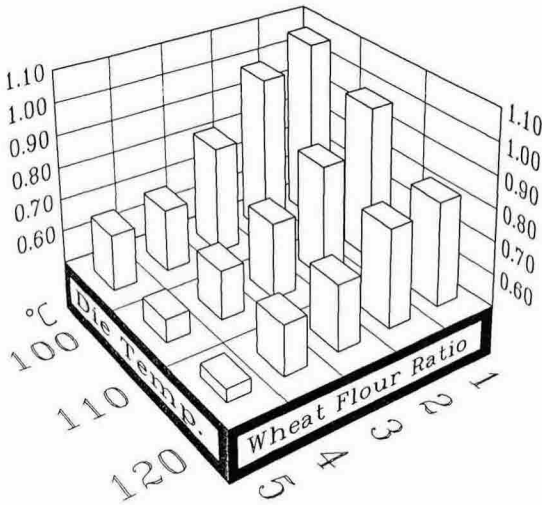


Fig. 3 The three dimensional graph for change in density of pork extrudate by added ratio of wheat flour to the pork and die temperatures during extrusion

#### 4. 전단강도

전단강도는 압출성형제품의 이화학적 성질평가에 있어서 그 제품의 특성에 맞는 조직감을 나타내도록 하기 위한 측정방법으로서 Fig. 4는 밀가루의 첨가비율과 토출구온도에 따른 전단강도의 변화를 나타낸 것이다. 전단강도는 밀가루의 첨가비율이 높을 수록 크게 낮아지는 경향을 나타내었다. 토출구온도 100°C의 경우 1:3 첨가구까지는 전단강도가 급속하게 낮아졌으나 그 이후에는 완만하게 낮아지는 경향을 보여 첨가비율 1:1과 첨

가비율 1:5의 전단강도는 약 4배의 차이를 나타내었다. 토출구온도에 따른 결과는 100°C와 110°C의 경우에 비하여 120°C에서는 첨가비율에 따른 전단강도의 감소폭과 수치가 전체적으로 완만하게 감소하여 밀가루의 배합비에 따른 전단강도의 차이를 보이지 않았다. 이것은 팽화율, 밀도와 전단강도의 관계에서 볼 때 팽화율이 증가하면 밀도는 낮아진다는 유의적인 상관관계는 있으나 이에 따라서 전단강도도 반드시 낮아지는 것은 아니라고 판단되었다.

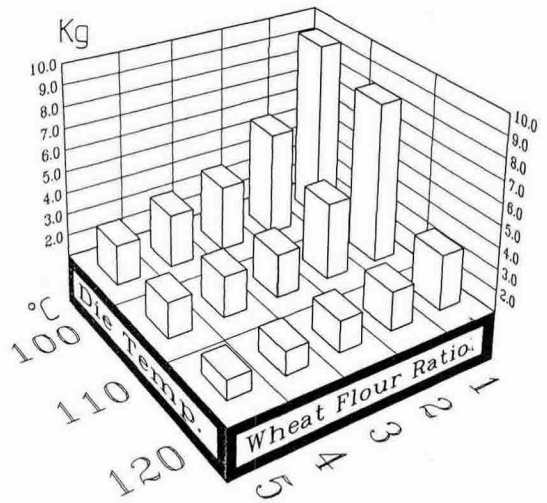


Fig. 4 The three dimensional graph for change in break strength of pork extrudate by added ratio of wheat flour to the pork and die temperatures during extrusion

#### 5. 색 깔

Fig. 5는 밀가루의 첨가비율과 토출구 온도에 따라 토출된 압출성형물의 명암도의 변화를 나타낸 것이다. 돈육의 첨가비율이 높고 밀가루의 첨가비율이 낮을 수록 명암도는 감소하였으며 토출구온도 110°C가 다른 토출구온도보다 가장 급격한 감소추세를 나타내었다. 또한 토출구 온도가 높아질 수록 명암도는 감소하면서 밀가루배합비 1:1과

토출구온도 120°C에서 가장 낮은 명암도를 보였다. 이는 수분함량이 낮고 원료의 처리온도가 높으면 명암도가 낮아진다고 보고한 Ryu 등(1988)의 보고와 같이 압출성형공정에서 고온고압을 수반하는 증밀립현상이 명암도에 많은 영향을 주는 것으로 생각되었다.

Table 1은 밀가루의 첨가비율과 토출구온도를 달리하여 압출성형한 돈육스낵제품에 대한 관능평가의 결과를 나타낸 것이다.

관능검사에 의한 맛과 조직감평가에서 돈육에 대한 밀가루 첨가비율별에 따른 토출구온도의 영향은 없는 것으로 나타났으나 색깔에서는 토출구온도 100°C와 110°C에서, 돈육에 대한 밀가루 배합비율 1:5의 시료가 가장 좋은 기호성을 보였다. 한편 맛의 평가에서는 밀가루의 첨가비율에 따른 유의적인 차이가 인정되지 않았다. 조직감에서는 밀가루의 첨가비율이 증가할 수록 좋은 기호도를 나타내어 1:5의 배합비율에서 가장 높은 수치를 보여주었다(P<0.01). 토출구온도에 따른 밀가루배합비의 기호성의 변화를 보면 색깔의 항목에서는 밀가루 배합비율 1:4와 1:5에서 우수한 결

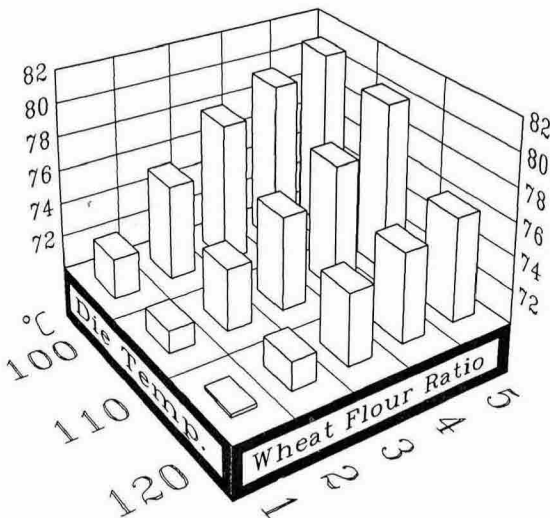


Fig. 5 The three dimensional graph for change in L value of pork extrudate by added ratio of wheat flour to the pork and die temperatures during extrusion

과를 보였으나 맛과 조직감의 항목에서는 밀가루 배합비에 따른 관능검사상의 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 따라서 이상의 돈육과 밀가루의 배합비 및 토출구온도의 변화에 따른 색깔, 맛 그리고 조직감 등의 관능검사 결과를 비교하여 볼 때 토출구 온도 110°C에서, 돈육과 밀가루의 혼합비율 1:5로 압출성형하는 것이 가장 바람직한 것으로 사료되었다.

Table 1. The sensory scores of pork extrudate with added ratio of wheat flour to the pork and die temperature

Mixed ratio	Die Temperature		
	100°C	110°C	120°C
	Color		
1:1	2.1 <sup>ax</sup>	2.6 <sup>ax</sup>	2.5 <sup>ax</sup>
1:2	3.2 <sup>abx</sup>	3.2 <sup>ax</sup>	2.6 <sup>ax</sup>
1:3	4.7 <sup>bx</sup>	5.2 <sup>bx</sup>	4.0 <sup>ax</sup>
1:4	7.1 <sup>cx</sup>	6.6 <sup>bcx</sup>	3.8 <sup>ay</sup>
1:5	7.4 <sup>cd</sup>	7.3 <sup>cx</sup>	4.2 <sup>ay</sup>
	Taste		
1:1	4.2 <sup>ax</sup>	3.7 <sup>ax</sup>	4.2 <sup>ax</sup>
1:2	4.6 <sup>as</sup>	4.1 <sup>ax</sup>	4.5 <sup>ax</sup>
1:3	5.7 <sup>ax</sup>	5.7 <sup>ax</sup>	4.8 <sup>ax</sup>
1:4	5.5 <sup>ax</sup>	5.6 <sup>ax</sup>	5.1 <sup>ax</sup>
1:5	6.2 <sup>ax</sup>	6.4 <sup>ax</sup>	6.3 <sup>ax</sup>
	Texture		
1:1	2.7 <sup>ax</sup>	3.0 <sup>ax</sup>	3.1 <sup>ax</sup>
1:2	3.7 <sup>ax</sup>	2.8 <sup>ax</sup>	4.2 <sup>abx</sup>
1:3	5.1 <sup>abx</sup>	5.5 <sup>bx</sup>	3.9 <sup>abx</sup>
1:4	4.5 <sup>abx</sup>	4.6 <sup>abx</sup>	4.1 <sup>abx</sup>
1:5	5.6 <sup>bx</sup>	6.2 <sup>bx</sup>	5.6 <sup>bx</sup>

<sup>ax</sup> Different letters mean significant difference in the same column(P<0.01)

<sup>ay</sup> Different letters mean significant difference in the same row (P<0.01)

## IV. 요약

토출구온도와 밀가루의 첨가비율에 따라 압출성형된 고기스낵 제품의 이화학적 성질중 팽화율과 재흡수율은 돈육에 대한 밀가루의 첨가량이 많을 수록 그리고 토출구온도가 상승할 수록 높아졌으며 밀도와 전단강도는 밀가루의 첨가량과 토출구온도가 높을 수록 감소하였다. 돈육에 밀가루를 많이 첨가할 수록 L값이 증가하였으나 토출구온도가 증가하면서 점차 감소하였다. 관능검사에 의한 색깔, 맛 그리고 조직감은 돈육에 대한 밀가루 첨가비율이 높을 수록 기호성이 점차 높아졌다. 한편 토출구온도에 따른 기호도의 변화는 100°C와 110°C가 비슷한 결과를 보인 반면 120°C에서는 배합비와 조사항목에 관계없이 전체적으로 낮은 기호도를 보였다. 이상의 결과를 종합하면 돈육대비 밀가루의 첨가수준을 1:5로 조절하고 토출구온도 110°C에서 압출성형한 제품의 이화학적 성질 및 관능적품질이 가장 우수한 것으로 평가되었다.

## 참고문헌

1. Bhattacharya, M., M. A. Hanna, and R. E. Kaufman. 1986. Textural properties of extruded plant protein blends. *J. Food Sci.* 51(4) : 988.
2. Chinnaswamy, R. and M. A. Hanna. 1988. Optimum extrusion-cooking conditions for maximum expansion of corn starch. *J. Food Sci.* 53(3) : 834
3. Faubion, J. M., R. C. Hosney and P. A. Seib. 1982. Functionality of a grain components in extrusion. *Cereal Foods World.* 27 : 212.
4. Gomez, M. H. and J. M. Aguilera. 1984. A physico-chemical model for extrusion of corn starch. *J. Food Sci.* 49 : 40.
5. Holay, S. H. and J. M. Harper. 1982. Influence of extrusion shear environment on plant protein texturization. *J. Food Sci.* 47 : 1869.
6. Mercier, C. and P. Feillet. 1975. Modification of carbohydrate components by extrusion-cooking of cereal products. *Cereal Chemistry.* 52(3) : 283.
7. Peri, C. B. and E. M. Casiraghi. 1983. Physical, chemical and nutritional quality of extruded corn germ flour and milk protein blends. *J. Food Technol.* 18 : 43.
8. Ryu K. H. and C. H. Lee. 1988. Effect of moisture content and particle size of rice flour on the physical properties of the extrudate. *Korean J. Food Sci. Technol.* 20(4) : 463.
9. Spadaro, J. J., H. H. Mottern and A. S. Gallo. 1971. Extrusion of rice with cotton seed and peanut flour. *Cereal Sci. Today.* 16(9) : 238.
10. 양승용, 김영호, 김철진, 이무하, 이철호. 1990. 압출성형공정을 이용한 돈피스낵의 제조, 한국식품과학회지. 22(4) : 451.
11. 양승용, 김영호, 김철진, 이무하, 이철호. 1990. 압출성형공정을 이용한 돈육과 계육스낵의 제조, 한국식품과학회지. 22(4) : 456.
12. 이철호, 김등철, 전제현, 김철진, 김종배, 김재득, 손중천. 1987. 식품 Extrusion 기술. 유림문화사. 서울.
13. 일본햄(주). 1987. 축육가공품의 제조기술, Extrusion cooking. 광림, 동경.
14. 한역, 이상효, 이현유, 김영명, 민병용. 1988. 압출성형에 의한 알파미분의 물리화학적 특성. 한국식품과학회지 20(4) : 470.