

## 쌀의 원료상태 및 Extrusion Cooking 조건이 Puffed Extrudate의 특성에 미치는 영향

이영춘·하연철·복진영\*·신동빈·이경혜  
중앙대학교 식품가공학과, \*한국인삼연초연구소

### Effects of Raw Material and Extrusion Cooking Conditions on Physical and Chemical Properties of the Puffed Rice Extrudate

Young Chun Lee, Yean Chul Ha, \*Jin Young Bock, Dong  
Bin Shin and Kyung Hae Lee

*Dept. of Food Sci. & Technol.*

*\*Analytical Laboratory, Korea Gingseng & Tobacco Research Institute*

#### Abstract

A laboratory scale co-rotating twin-screw extruder (D24 mm, L/D = 14) was used for the extrusion of rice, which could be used for a puffed rice snack. As screw speed of the extrusion cooker was increased from 200 to 360 rpm, air cells structure of the extrudate from glutinous rice powder was improved to small and uniform air cells, and the moisture content of rice powder should be maintained to 15-17.5% for better texture of the extrudate. Objective and sensory texture of the extrudate from powder was better than those from grits, and there was no significant difference in textural properties between extrudates made with rice and glutinous rice.

Key words: properties of rice extrudate, extrusion cooking

#### 서 론

식품의 extrusion cooking 기술은 적당한 수분함량을 갖는 천연 고분자 화합물을 extruder 내부에서 screw의 회전 및 가열에 의하여 cooking과 성형이 동시에 이루어지는 기술로서, 식품산업 분야에서는 breakfast cereals, snacks, 유아식, 대두의 조직화 단백질 제조 등에 이용되고 있다. 원료로 쌀을 이용하는 경우에는 유아식, soup류, snack류, 면류 및 알파미분 등의 제품이 extrusion cooker로 가공될 수 있다.

최근 몇 년간 국내의 쌀 생산량이 소비량을 훨씬 넘는 생산과잉의 단계에 들어서고 있으며, 과잉생산된 쌀을 소비하는 수단으로서 쌀을 소재로 한 snack 제품의 개발은 중요한 의미가 있다. 쌀의 extrusion cooking에 관한 연구는 쌀의 품종에 따른 extrudate의 점도에 관한 연구<sup>(1)</sup>, 쌀 snacks 제조에 관한 연구<sup>(2)</sup>, 쌀가루

와 다른 원료 혼합물의 extrudate의 특성<sup>(3)</sup>, 알파미분 제조연구<sup>(4)</sup>, 쌀 powder로 제조한 extrudate의 물성학 연구<sup>(5)</sup> 등이 보고되어 있다. 본 연구에서는 멍쌀과 찰쌀의 powder 및 grits를 원료로 extrusion cooking 방법에 의하여 snack으로 적합한 텍스처를 갖는 extrudate를 제조하기 위한 조건을 설정하고, 제조된 extrudate의 특성을 연구하는데 그 목적이 있다.

#### 재료 및 방법

##### 재료

본 실험에 사용한 쌀은 1988년도산 정부미로, 멍쌀과 찰쌀을 분쇄 및 사별하여 powder는 60-120 mesh, grits는 20-40 mesh의 것을 사용하였다.

##### Extrudate의 제조

실험에 사용한 extrusion cooker는 Werner & pfleider사의 pilot model twin screw extruder로, barrel은 3 sections으로 구성되었고, barrel의

Corresponding author: Young Chun Lee, Dept. of Food Sci. & Technol., Chung-Ang Univ. Heuksuck-Dong 221, Seoul, Korea

length/dia는 14, die의 직경은 4mm, screw의 회전은 co-rotating 방식이었다. Extrusion cooker의 screw는 두번째와 세번째 barrel 사이에 reverse rotating screw를 조합하였고, barrel의 외부온도는 가열된 oil을 순환시켜 유지하였다. 그리고 material temperature를 측정하기 위한 thermocouple은 세번째 barrel section에 연결하여 압출직전의 온도를 측정하였다.

Snack으로서 적합한 texture를 갖기 위한 최적조건을 선정하기 위하여 feed rate를 15kg/h로 고정하고, 원료의 종류, 원료의 수분함량, 원료의 입자크기, screw speed를 변경시키면서 extrudate를 제조하였다. 원료의 수분함량은 예비시험을 통하여 결정한 feeding water의 flowmeter 눈금에 맞추어 조절하였다.

#### 팽화율 측정<sup>(6)</sup>

성형되어 나온 extrudate를 충분히 공기 중에 냉각시킨 뒤 5cm 길이로 잘라 calipers로 직경을 측정하여 extruder의 die 직경과의 비로 나타내었다. 이 때 측정된 시료의 수는 10개 이었다.

#### 수분흡수지수(WAI) 및 수분용해도지수(WSI)

WAI(water adsorption index)의 측정<sup>(7)</sup> 건조 extrudate 2.5g을 마쇄하여 30°C 증류수 30ml에 30분간 용해한 뒤 3000×g에서 10분간 원심분리하고 상등액을 증발접시에 옮긴 다음, gel의 무게를 측정하여 extrudate의 그램당 무게로 나타내었다.

WSI(water solubility index)의 측정<sup>(7)</sup> 위의 WAI 측정에서 증발접시에 모은 상등액을 건조시켜 얻어진 solids의 무게를 건조시료에 대한 %로 나타내었다.

#### Extrudate의 텍스처 및 호화도 측정

Extrudate의 텍스처 측정은 일정한 크기로 절단한 extrudate를 변형시키는데 필요한 힘을 Neometer

(Sun Scientific Co., CR200D)로 측정하였다. Neometer의 작동조건은 crosshead의 무게 10kg, speed 60mm/min, chart speed 100mm/min이었다.

Extrudate의 호화도는 Kaomi 등<sup>(8)</sup>의 방법에 따라 glucoamylase 법으로 측정하였다.

#### 관능적 텍스처의 평가

Extrudate와 이것을 160°C에서 3분간 튀긴 것의 관능적 텍스처의 평가<sup>(9)</sup>는 이미 훈련된 16명의 panel 요원을 이용하여 실시하였다. 이 때 새우깡((주)농심)을 control로 하여 9 point scoring 방법으로 평가하였다. 즉, 새우깡의 경도를 5점으로 고정하고, 이보다 연하면 1-4점, 이보다 단단하면 6-9점의 점수를 주도록 하였으며, 그 결과의 유의성을 분산분석법으로 분석하였다. 그리고 extrudate의 상태나 air cells의 분포 등은 패널요원들의 평가를 종합하여 표시하였다.

## 결과 및 고찰

#### Screw speed와 extrudate의 물리적 특성

Extrusion cooker의 screw speed가 extrudate의 텍스처에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 찹쌀 powder를 원료로 하여 screw speed를 200, 250, 300, 360 rpm으로 변화시키면서 얻은 extrudate의 물리적 특성을 조사한 결과는 Table 1과 같다. Screw speed가 200rpm일 때는 크고 작은 air cells이 불균일하게 섞여 있었으나, 250rpm 이상에서는 크기가 거의 일정하고 균일한 상태를 유지하였다. 그리고 팽창율은 screw speed가 증가함에 따라 점차 감소하는 경향을 나타내었다.

Extrusion puffed snack의 중요한 품질특성이 hardness와 brittleness인데, 이것은 팽창율<sup>(10)</sup> 및 air cells의 균일성과 밀접한 관계를 갖고있다. 따라서 snack으로 적당한 puffed extrudate의 텍스처를 갖으려면 screw speed를 300rpm 이상으로 유지하는

Table 1. The effect of screw speed on physical properties of rice extrudate (moisture content 15%)

Screw (rpm)	Raw material	Material temperature (°C)	Air cells	Expansion
200	Glutinous rice powder	130	heterogenous	3.80
250	.	133	homogenous	3.35
300	.	138	homogenous	2.60
360	.	146	homogenous	2.60

것이 바람직하다고 생각되었다.

**원료의 수분함량 및 barrel 온도와 extrudate의 물리적 특성**

참쌀과 멥쌀 powder의 수분함량을 변화시키면서 압출성형한 extrudate의 물리적 특성을 조사한 결과는 Table 2와 같다. Screw speed를 360 rpm으로 고정했을 때, 원료의 수분함량이 증가함에 따라 barrel 내부온도가 감소하는 경향을 보였다. 참쌀의 경우, 수분함량 17.5% 이하에서는 air cells이 균일하고 적절한 팽화율을 나타내었으나, 20-25%에서는 air cells이 불균일하거나 팽화가 불충분하였다. 멥쌀의 경우에도 수분함량 17.5% 이하에서는 air cells이 균일하였으나, 20%에서는 불균일하였고, 25%에서는 팽화가 불충분하였다. 이 결과로 볼 때 snack으로 적합한 puffed 텍스처를 갖는 extrudate를 얻으려면 원료의 수분함량을 15-17.5%로 유지하는 것이 좋을 것으로 평가되었다.

Extrudate의 팽화는 고온 고압상태에서 호화된 전분질이 die를 빠져나올 때 발생하는 압력강하에 따른 수분의 기화에 의해서 발생하며, 수분함량이 증가하면 extrusion 직후의 팽화는 크지만 실온으로 냉각하는 과정에서 냉각수축이 심하게 일어나 팽화율이 감소함을 관찰할 수 있었다. 이와 같은 사실은 류와 이<sup>(5)</sup>, Mercier and Feillet<sup>(6)</sup> 및 Anderson 등<sup>(7)</sup>의 보고와도 일치하였다.

**원료의 종류와 extrudate의 물리적 특성**

원료로 참쌀과 멥쌀의 powder와 grits를 사용하고, extrusion cooker의 screw speed를 360 rpm, 원료의 수분함량을 15%의 고정하여 얻은 extrudate의 물리적특성은 Table 3과 같았다. 즉, 참쌀과 멥쌀의 powder를 원료로 사용했을 경우에는 extrudate

Table 3. The effect of raw material on physical properties of rice extrudate (screw speed 360 rpm, moisture content 15%)

Raw materials	Aie cells	Expansion ratio
Rice powder	homogenous	2.70
Rice grits	heterogenous	2.40
Glutinous rice powder	homogeneous	2.60
Glutinous rice grits	heterogenous	2.50

의 air cells이 균일하였으나, 참쌀과 멥쌀의 grits는 air cells이 상당히 큰 것과 작은 것이 불균일하게 섞여 있었다. 그리고 팽창률도 powder가 grits보다 약간 크게 나타났는데, 이는 powder의 경우 입자가 작아서 수분의 분포가 균일한데 비해, grits는 입자가 커서 수분분포가 균일하지 못함때 그 원인이 있는 것으로 해석되었다.

**WAI, WSI 및 호화도**

참쌀과 멥쌀의 powder와 grits로 압출성형한 extrudate의 수분흡수지수(WAI), 수분용해도지수(WSI) 및 호화도를 측정된 결과는 Table 4와 같았다. 수분흡수지수 참쌀과 멥쌀 모두 powder보다 grits이 높았고, 참쌀과 멥쌀을 비교하면 멥쌀이 높았다. 그러나 수분용해도지수(WSI)는 참쌀과 멥쌀 모두 grits보다 powder가 높았으며, 멥쌀보다는 참쌀이 높았다. 호화도의 경우 모든 시료에서 90% 이상이었으며, 멥쌀보다 참쌀의 호화도가 약간 높았다.

Anderson 등<sup>(11)</sup>에 의하면 barrel내의 온도가 상승함에 따라 WAI가 증가하다가 점차 감소하는 경향을 나타냈으며, WSI는 232°C까지 온도상승에 비례하여 계속 증가하는 추세를 나타낸다고 보고했다. 그리고

Table 2. The effect of moisture contents on physical properties of rice extrudate (screw speed 360 rpm)

Raw material	Moisture contents (%)	Material temp. (°C)	Air cells	Expansion ratio
Glutinous rice powder	15	146	homogenous	2.60
"	17.5	131	"	2.25
"	20	121	heterogenous	1.60
"	25	116	too small	1.50
Rice powder	15	154	homogenous	2.70
"	17.5	146	"	2.60
"	20	136	heterogenous	2.35
"	25	126	too small	1.50

Table 4. The effect of raw material on chemical properties of rice extrudates

Raw material	Moisture content (%)	WAI	WSI	Degree of gelatinization
Rice powder	15	4.53	39.44	94.8
Rice grits	15	5.02	31.68	90.1
Glutinous rice powder	15	1.16	66.34	96.4
Glutinous rice grits	15	2.05	52.68	95.0

Gomes 등<sup>(12,13)</sup>에 의하면 생선분은 extruder 내부에서 수분과 가열에 의해서 호화 및 증밀립 등의 전단력을 받아 전분의 호정화가 일어나 WSI가 증가한다고 보고하였다. 이 실험의 결과는 WAI는 찹쌀보다 멥쌀이, WSI는 찹쌀이 멥쌀보다 약간 높은 경향을 나타냈는데, 이는 waxy corn과 non-waxy corn으로 제조한 extrudate의 결과<sup>(14)</sup>에서도 같은 경향을 보였다.

Extrudate의 텍스처 및 관능검사 결과

원료의 수분함량을 15%, screw speed를 360 rpm으로 고정시키고, 각 원료로 제조한 extrudate의 텍스처를 측정할 결과는 Table 5와 같았다. Brittleness는 멥쌀과 찹쌀의 가루로 만든 extrudate가 grits로 만든 것보다 현저히 낮았으며, 경도도 비슷한 경향을 보였다. Puffed extrudate가 snack으로 이용되려면 조직이 단단하지 않고 부스러짐성이 좋아야 하는데, 찹쌀이나 멥쌀의 가루로 만든 extrudate가 이런 텍스처 특성을 갖는 것으로 평가되었다.

찹쌀과 멥쌀로 extrudate를 제조하여 이것을 160°C에서 3분간 공기중에 튀긴 다음 경도를 관능적으로 검

Table 5. The effect of raw material on hardness and brittleness of rice extrudate (Screw speed 360 rpm, moisture content 15%)

Raw material	Hardness (10 <sup>5</sup> dyne/cm <sup>2</sup> )	Brittleness (10 <sup>5</sup> dyne/cm <sup>3</sup> )
Rice powder	210.2	2.1
Rice grits	1404.8	14.1
Glutinous rice powder	211.9	2.1
Glutinous rice grits	994.2	9.9
Glutinous rice powder 40% + Rice powder 60%	304.5	3.0

Table 6. Sensory texture of rice extrudate as affected by raw material and frying

Frying	Rice powder	Rice grits	Glutinous rice powder	Glutinous rice powder
Non-fried	4.06 <sup>b</sup>	6.94 <sup>a</sup>	3.87 <sup>bx</sup>	7.56 <sup>a</sup>
Fried	3.21 <sup>c</sup>	7.21 <sup>d</sup>	2.93 <sup>cy</sup>	6.93 <sup>d</sup>

Note: Numbers with same letter are not significantly different each other

사한 결과는 Table 6과 같았다. 기름에 튀기지 않은 시료의 경우, 찹쌀과 멥쌀가루 제품은 grits로 만든 제품보다 경도가 현저하게 낮았으며, 이는 Table 5의 객관적 텍스처 측정결과와 일치하였다. Extrudate를 기름에 튀기면 경도가 감소하는 경향을 보여, 조직이 향상됨을 알 수 있었다. 그리고 원료간의 경도차이는 튀기지 않은 시료와 같은 경향을 보였다.

요 약

Laboratory scale co-rotating twin-screw extruder (D=4 mm, L/P=14)를 이용하여 쌀을 압출 성형시켜 팽화 쌀 스펙으로 사용할 수 있는 extrudate를 제조하려고 시도하였다. 찹쌀가루를 원료로 하여 extrusion cooker의 screw speed를 200-360 rpm으로 증가시키면, extrudate의 air cells 조직이 균일하게 개선되었으며, 원료의 수분함량은 적어도 17.5% 이하로 유지하는 것이 조직에 좋은 영향을 주었다. 찹쌀과 멥쌀의 powder와 grits를 원료로 사용했을 경우, extrudate의 객관적 및 관능적 텍스처는 powder가 grits보다 우수하였으며, 찹쌀과 멥쌀간의 차이는 현저하지 않았다. 그리고 extrudate를 기름에 튀기면 텍스처가 향상됨을 볼 수 있었다.

문 헌

1. Mottern, H.H., Spadaro, J.J. and Gallo, A.S.: Cooking extrusion-expansion of rice. *Food Technol.*, 23(3), 169(1969)
2. Juliano, B.O.: *Rice, chemistry and Technology*, AACC Inc., Minnesota(1972)
3. Spadaro, J.J., Mottern, H.H. and Gallo, A.S.: Extrusion of rice with cotton seed and peanut flours, *Cereal Sci. Today*, 15(8), 238(1971)

4. 한 역, 이상효, 이현우, 김영명, 민병용 : 압출성형에 의한 알파미분의 물리화학적 특성, 한국식품과학회지, 20(4), 470(1988)
5. 류기영, 이철호 : 쌀가루의 수분함량과 입자크기에 따른 extrudate의 물성학적 연구, 한국식품과학회지, 20(4), 463(1988)
6. Mercier, P. and Feillet, P.: Modification of carbohydrate components by extrusion cooking of cereal products, *Cereal Chemistry*, 52(3), 283(1975)
7. Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F. and Griffin, E.L.: Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking, *Cereal Sci. Today*, 14(1), 4(1969)
8. Kamio, 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)
9. 김광옥, 이영춘 : 식품의 관능검사, 학연사, p. 209(1988)
10. Chinnaswamy, R. and Hanna, M.A.: Optimum extrusion cooking conditions for maximum expansion of corn starch, *J. Food Sci.*, 53(3), 834(1988)
11. Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F. and Griffin, E.L.: Roll and extrusion cooking of grain sorghum grits, *Cereal Sci., Today*, 14(11), 372(1969)
12. Gomez, M.H. and Aguilera, J.M.: A physico-chemical model for extrusion of corn starch, *J. Food Sci.*, 49, 40(1984)
13. Gomez, M.H. and Aguilera, J.M.: Changes in the starch fraction during extrusion cooking of corn, *J. Food Sci.*, 48, 378(1983)
14. Gomez, M.H., Waniska, R.D., Rooney, L.W. and Lusas, E.W.: Extrusion cooking of sorghum containing different amount of amylose, *J. Food Sci.*, 53(6), 1818(1988)

---

(1989년 12월 13일 접수)