

## Single Extruder를 이용한 마른새우첨가 쌀 Collets 제조 시 독립변수의 조건변화에 따른 종속변수의 특성

제해수 · 윤문주 · 이재동 · 강경훈 · 박시영 · 박진효 · 김정균<sup>†</sup>  
(경상대학교 해양식품생명의학과/해양산업연구소)

### Characteristics of the Dependent Variable due to Changes in the Conditions of the Independent Variable During the Producing of Collets Added with Rice and Dried Shrimp by Single Extruder

Hae-Soo JE · Moon-Joo YOON · Jae-Dong LEE · Kyung-Hun KANG · Si-Young PARK ·  
Jin-Hyo PARK · Jeong-Gyun KIM<sup>†</sup>

(Department of Seafood and Aquaculture Science/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University)

#### Abstract

This study was carried out to investigate the characteristics of the dependent variables depending on the condition changes of independent variable of the operation and the material during the production of collets added with rice and dried shrimp by using single extruder to utilize as basic data for the manufacture of extrusion collets. A total of 7 independent variables were set up as a raw, 20, 40 and 60 mesh for the powder particle size of rice; 12, 14, 16 and 18% for the moisture content of rice; 2, 4, 6 and 8% for the addition amount of dried shrimp; 90, 95, 100 and 110°C for the barrel temperature; 210, 280 and 340 rpm for the screw speed; 4, 6, 8 and 10 mm for the discharge port diameter; 30, 40, 50 and 60 kg/h for the input amount of the mixed material. The characteristics of the dependent variables including puffing ratio, moisture content, lightness, uniformity, productivity of collets was to be studied by changing the conditions of the independent variables. As a results of this study, 20 mesh of powder particle size of rice, 14% of moisture content of rice, 4% of addition amount of dried shrimp, 100°C of barrel temperature, 280 rpm of screw speed, 6 mm of discharge port diameter and 50 kg/h of input amount of mixed material were found to be the most preferable over other independent variables for the production of extrusion collets. In conclusion, it is necessary to set the independent variable in order to produce the high quality collets added with the rice as the main raw material and dried shrimp as the sub-materials.

**Key words :** Extruder, Collets, Independent variables, Dependent variable, Rice, Dried shrimp

#### I. 서론

식품산업에서 extrusion은 extrudate의 용도에 따라 pellets type과 collets type으로 구분하며, 그 용

도에 맞게 extruder를 선택하고 있다(Lee et al., 1987). Extruder는 외부가열형, 자체발열형 및 가열물질압출형이 있으며, collets type의 extruder는 자체발열형이 주를 이룬다. Pellets 제조 시에는

<sup>†</sup> Corresponding author : 055-772-9141, kimjeonggyun@nate.com

원재료 함수율이 18~50% 정도이며, 60 mesh 이상의 분말이 주로 사용된다. 토출할 때 pellets의 함수율은 대체적으로 15% 이상이므로 취식을 위하여 건조, 유탕, 자숙, parching 등 별도의 공정이 필요하다. Collets 제조 시에는 일반적으로 함수율 18%이하인 원재료가 사용되며, 10~100 mesh의 분말까지 다양한 원료를 선택할 수 있다. 이 원재료가 extruder 내에서 증밀림과 압력에 의한 자체발열과 용융으로 인한 호정화 등의 이화학적 변화가 일어나고, 토출 시 고압에서 저압으로의 순간적 기압차에 의하여 팽화가 이루어진 것이 collets이다. 이 collets은 수분함량이 5%이하이며, 바로 취식이 가능하다(Lee et al., 1987).

농산물과 수산물을 혼합하여 pellets 또는 collets을 제조하고 그 특성에 관하여 보고한 연구를 살펴보면, 압출조건이 어류, 쌀 기반 스낵의 물성과 2차 압출변수에 미치는 영향(Pansawat et al., 2008), single-screw extrusion puffing을 이용한 오징어 첨가 곡류스낵식품(Jung et al., 2000), 다시마분말을 첨가한 쌀 압출 팽화물의 특성(Kim et al., 2005), response surface methodology (RSM)에 의한 쌀-대두단백-쥐치 혼합물의 압출 요리의 최적화(Lee, 2004), 단일 스크류 압출에 의한 쌀 가루, 옥수수 가루 및 생선 근육의 혼합물로부터 제조된 압출 성형 배합 제품의 품질 특성(Sim et al., 2001), 탈지 콩가루와 오징어를 첨가한 옥수수 가루 압출 성형체의 물리화학적 특성(Jung et al., 2001) 등이 있으며, 농산물만을 이용하여 pellets 또는 collets을 제조하고 그 특성에 관하여 보고한 연구는 extrusion 조건에 따른 쌀 스낵제품의 이화학적 품질특성(Eun & Choi, 2014), 쌀을 기반으로 하여 만든 스낵의 물리화학적 및 관능적 특성에 미치는 extrusion 조건의 영향(Ding et al., 2005), 쌀가루의 압출 및 압출 특성(Grenus et al., 1993), 압출성형공정을 이용한 고아미 후레이크 제조(Lee et al., 2007b), extruder를 이용하여 팽화시킨 비유탕 유과의 품질특성 및 저장성(Lee et al., 2007a) 등의 연구보고가 있다.

본 연구에서는 주원료인 쌀과 부원료인 마른새우를 사용하여 single extruder로 collets을 제조할 때 원료독립변수와 작동독립변수의 조건변화에 따라 달라지는 종속변수의 특성을 조사하여 농수산 복합물 collets type extrudate 제조를 위한 기초 자료로 삼고자 한다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험재료

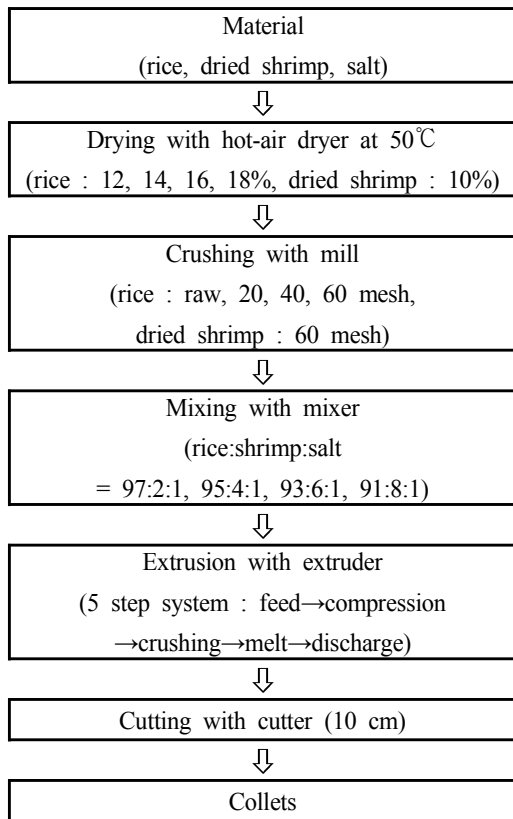
실험에 사용한 쌀은 한국산 자포니카 계열 (*Oryza sativa*, 단립종)인 주남벼를 경남 고성소재 D식품에서 11~13분도로 도정한 것을 구입하였으며, 마른 새우(*Acetes chinensis*)는 남해안에서 어획된 체장 2.7~3.3 cm (평균 3.0 cm), 체중 0.18~0.23 g (평균 0.20 g)인 것을 경남 통영소재 건어물상회에서 구입하여 사용하였고, 식염은 대형마트에서 구입하였다.

실험에 사용한 쌀의 일반성분은 수분 16%, 탄수화물 76%, 조단백질 7% 조지방 1.3%, 회분 0.6%이었으며, 마른새우의 일반성분은 수분 28%, 조단백질 46%, 조지방 10%, 회분 14%이었다.

### 2. Collets의 제조

Extruder를 이용하여 collets을 제조하는 방법은 [Fig. 1]과 같다. 11~13분도로 도정한 쌀은 12, 14, 16, 18%, 마른새우는 약 10%의 함수율이 되도록 열풍건조기(Model DD, Daedong Co., Korea)를 사용하여 50℃에서 건조하였다. 분쇄기(Model DM, Daedong Co., Korea)를 사용하여 쌀은 raw, 20, 40, 60 mesh, 마른새우는 60 mesh가 되도록 분쇄하였다. 이후 쌀:마른새우:식염을 97:2:1, 95:4:1, 93:6:1, 91:8:1이 되도록 분체배합기(Model KD, Kumgang Co., Korea)로 배합한 다음, extruder (Model No KE 1, Kumgang Co., Korea)를 사용하여 extrusion 하였다. 본 실험에서 사용한 extruder는 증밀림에 의한 내부발열형으로 원료공급, 압

축, 분쇄, 용융, 토출의 5단계 시스템으로 이루어져 있으며, screw는 길이 및 직경이 각각 70 cm 및 7 cm인 single screw이다. barrel은 음각의 홈으로 구성되고, barrel과 토출구 중간에는 barrel 내부온도측정을 위해 barrel 내부까지 연결된 열 감지 센서가 부착되어 있으며, 냉각수 순환으로 barrel 온도가 자동제어 되고, 토출구의 형식은 측정을 용이하게 하기 위하여 원형으로 구성되어 있다. Extruder에서 연속 토출되는 extrudate는 10 cm 길이로 자동 절단하여 collets 제품으로 하였다.



[Fig. 1] Flow sheet of processing of collets added with rice and dried shrimp by extruder.

### 3. Collets의 제조 시 독립변수의 조건

가. 원료 독립변수 조건

주원료인 쌀은 입도 raw, 20, 40, 60 mesh, 함수율 12, 14, 16, 18%로 조절하고, 부원료인 마른 새우는 첨가율을 2, 4, 6, 8%로 조절하여 총 3개의 독립변수를 설정하였다. 이 때 부원료인 마른 새우의 입도 및 함수율은 각각 60 mesh 및 10%로 고정하였다.

나. Extruder 작동 독립변수 조건

Barrel 온도 90, 95, 100, 110℃, screw 속도 210, 280, 340 rpm, 토출구 직경 4, 6, 8, 10 mm, 원료투입량 30, 40, 50, 60 kg/h로 조절하여 총 4개의 독립변수를 설정하였다.

### 4. Collets의 제조 시 종속변수의 측정

기계작동조건과 collets의 평균적인 안정성과 적용조건을 확보하기 위하여 extrudate의 토출이 시작되고 나서 1시간이 경과된 이후에 토출되는 시료를 취하여 종속변수를 측정하였다.

가. 팽화도

토출되어 나오는 collets을 약 10 cm로 절단한 10개의 시료를 버어니어캘리퍼스(500-181-20 digimatic calipers, Mitutoyo Co., Japan)로 5회 반복 측정하여 평균직경과 토출구직경의 비로 계산하였다.

$$\text{팽화도} = \text{collets 직경(mm)} / \text{토출구 직경(mm)}$$

나. 함수율

토출되어 나오는 collets을 20분간 상온에서 냉각시킨 후 40 mesh로 분쇄하여 적외선수분측정기(FD-610, Kett Co., Japan)로 5회 반복 측정하여 평균값으로 하였다.

다. 명도

토출되어 나오는 collets을 20분간 상온 냉각시키고 분쇄기로 분쇄한 후 L값(lightness, 명도)을 직시색차계(ZE-2000, Nippon Denshoku, Japan)로 측정하였고, 이 때 표준백판(Standard plate)의 L값은 96.82이었다.

라. 균질성

Collets을 5분 간격으로 5개의 시료를 채취한 후 절단하고, 단면을 카메라(EX-Z1050, Casio computer Co., Japan)로 촬영하여 5배로 확대한 후 버어니어캘리퍼스로 단면기공의 평균직경크기를 측정하였다. 이 때, 기공의 직경이 0.5 mm인 collets을 기준 직경으로 하여 다음과 같이 균질성을 계산하였다.

평균직경이 0.5 mm 이상인 경우 : 균질성 (%) =  $\{0.5 - (\text{평균직경} - 0.5)\} / 0.5 \text{ (mm)} \times 100$

평균직경이 0.5 mm 이하인 경우 : 균질성 (%) =  $\text{평균직경 (mm)} / 0.5 \times 100$

마. 생산성

연속 운전할 경우, 단위시간당의 생산량을 생산성 값으로 나타내었다. 즉, 3시간 동안 생산된 collets의 중량(kg)을 계량저울(DB-150A, CAS Co., Korea)로 측정하여 3으로 나눈 값을 생산성 값으로 나타내었다.

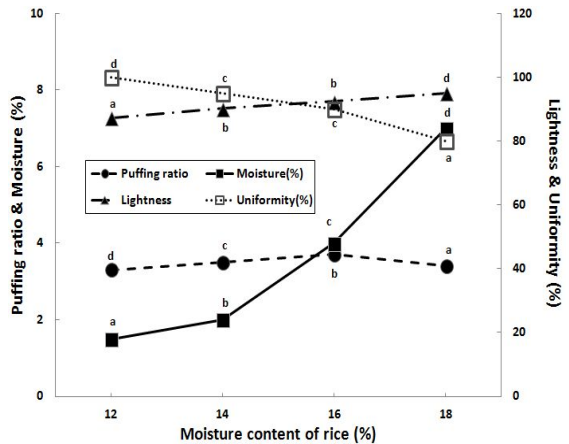
5. 독립변수의 변화에 의한 종속변수의 특성 분석방법

원료독립변수 3개(쌀의 함수율, 쌀의 입도, 마른새우 첨가율)와 작동독립변수 4개(barrel 온도, screw 속도, 토출구 직경, 원료투입량)의 총 독립변수 7개의 조건변화에 의한 5개의 종속변수(팽화도, 함수율, 명도, 균질성, 생산성)의 특성을 알아보기 위해 전체 독립변수 중 하나의 독립변수를 조건변화하고 6개 독립변수는 고정하여 extrusion 하였다. 쌀 100%를 사용하여 산업현장(K사)에서 일반적으로 extrusion 하는 조건, 즉, 쌀의 함수율 14%, 쌀의 입도 20 mesh, 마른새우 첨가율 4%, barrel 온도 100℃, screw 속도 280 rpm, 토출구직경 8 mm, 원료투입량 50 kg을 기본으로 하였다. 하나의 독립변수 변화에 의한 종속변수의 값을 측정할 때 나머지 독립변수는 상기조건으로 고정시켜서 collets을 제조한 후 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 원료독립변수가 종속변수에 미치는 영향

가. 쌀의 함수율이 종속변수에 미치는 영향  
 독립변수 중 쌀의 입도 20 mesh, 마른새우 첨가율 4%, barrel 온도 100℃, screw 속도 280 rpm, 토출구직경 8 mm, 원료투입량 50 kg으로 각각 고정하고, 쌀의 함수율을 12, 14, 16, 18%의 4단계로 조건 변화하여 제조한 collets의 종속변수(팽화도, 함수율, 명도, 균질성)의 특성을 [Fig. 2]에 나타내었다.



[Fig. 2] Influence of moisture content of rice on dependent variables during the production of collets added with rice and dried shrimp by extruder. Puffing ratio, lightness, uniformity and moisture of collets : refer to the II. material and method. Different letters on the same symbol indicate a significant difference at  $P < 0.05$ .

쌀의 함수율을 12, 14, 16, 18%로 조건을 변화하여 collets을 제조할 경우, collets의 팽화도는 각각 3.3, 3.5, 3.7, 3.4로 그 값이 증가하다가 감소하였고, 함수율은 각각 1.5, 2.0, 4.0, 7.0%로 증가하였으며, 명도는 각각 87.36, 90.15, 92.45, 95.11로 증가하였고, 균질성은 각각 100, 95, 90, 80%

로 감소하는 경향이였다. 이와 같이 collets의 팽화율은 쌀의 함수율이 증가할수록 그 값이 증가하다가 쌀의 함수율 18%의 조건에서는 오히려 그 값이 감소한 것으로 보아 함수율 18%부터 pellets 단계로 진입하는 단계라고 판단하였다.

쌀의 함수율이 증가함에 따라 collets의 함수율도 증가하여 원재료 함수율과 최종제품의 함수율은 직접적인 연관성이 있는 것으로 판단되었다. 이 collets의 함수율은 2차 제품 적용성을 판단하고 결정하는 인자로서 명도 및 균질성에도 영향을 주며, 함수율이 높으면 collets이 부드럽지 못하고 친수성이 약하며 용해도가 낮아 유탕, 자숙, parching 등 별도의 공정이 필요하며, 함수율이 낮을수록 즉석취식에 유리하였다(Ding et al., 2006; Hagenimana et al., 2006; Thymi et al., 2005).

쌀의 함수율이 낮을수록 collets의 명도가 낮아지고 고소한 향미가 증가하였는데, 이것은 쌀 함수율이 낮을수록 원료와 screw의 마찰 및 충밀림에 의한 고온형성이 잘 이루어져 전분질 및 단백질의 이화학적 변성이 증가되기 때문인 것으로 판단되었다.

쌀의 함수율이 증가함에 따라 collets의 균질성은 낮아졌는데 이는 용융단계에서 수분에 의하여 기포가 형성되고 토출 시 그 기포가 cell을 형성할 때 원재료 함수율이 높을수록 기공이 불규칙하게 형성되기 때문인 것으로 판단되었다(Ding et al., 2005; Eun and Choi, 2014; Hagenimana et al., 2006; Thymi et al., 2005). Ding et al. (2006)은 밀을 주원료로 하여 스낵을 제조할 경우, 주원료의 수분함량이 증가하면 최종 스낵제품의 경도는 증가하고 전분의 호화와 팽화도는 감소한다고 보고하였으며, Ding et al. (2005)은 쌀을 주원료로 하여 스낵을 제조할 경우, 주원료의 함수율이 증가하면 반죽의 탄성이 감소하게 되어 최종 제품의 밀도는 높아진다고 하였고, Thymi et al. (2005)은 옥수수전분을 extrusion 할 경우, 수분함량이 많을수록 압출 팽화정도를 나타내는 다공성이 감소되

었다고 하였으며, Eun and Choi. (2014)는 쌀을 주원료로 하여 스낵을 제조하면서 extrusion 조건에 따른 물리화학적 특성을 조사하였는데 원재료의 함수율이 높을 경우보다 함수율이 낮을 경우, 기공이 더 골고루 분포된다고 하였다. Hagenimana et al. (2006)은 쌀가루를 extrusion 한 후 생성된 extrudate의 품질을 평가하였는데, 주원료의 수분함량이 많은 경우에는 기공이 잘 성장되지 못하고 세포벽이 두껍게 형성되어 팽화도가 낮게 되고, 주원료의 수분함량이 적은 경우, 세포벽이 얇고 팽화도가 높아지게 된다고 보고하였다.

쌀의 함수율을 변화시켜 collets을 제조할 경우, 쌀의 함수율이 낮을수록 collets의 종속변수가 향상되었다. 그러나 쌀의 함수율을 12%로 낮추기 위해서는 장시간의 건조가 필요하여 연속작업을 하는데 지장을 초래하고, 연료비가 증가하여 경제성 측면에서 바람직하지 못하기 때문에 쌀의 함수율을 14%로 적용하여 collets을 제조하는 것이 가장 바람직하다고 판단되었다.

나. 쌀의 입도가 종속변수에 미치는 영향

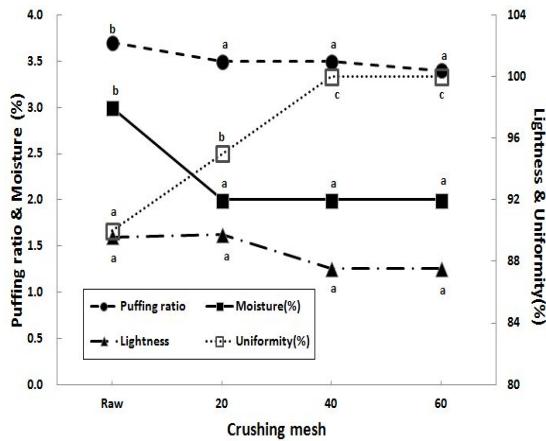
독립변수 중 쌀의 함수율 14%, 마른새우 첨가율 4%, barrel 온도 100℃, screw 속도 280 rpm, 토출구직경 8 mm, 원료투입량 50 kg으로 각각 고정하고, 쌀의 입도를 raw, 20, 40, 60 mesh의 4 단계로 조건 변화하여 제조한 collets의 종속변수(팽화도, 함수율, 명도, 균질성)의 특성을 [Fig. 3]에 나타내었다.

쌀의 입도를 raw, 20, 40, 60 mesh로 조건 변화하여 collets을 제조할 경우, collets의 팽화도는 각각 3.7, 3.5, 3.5, 3.4로 그 값이 미미하나 감소하였으나 유의적인 큰 차이가 없었고, 함수율은 각각 3.0, 2.0, 2.0, 2.0%로 raw에 비해 20 mesh 입자의 크기로 작아질 때 함수율이 감소하였으나 20 mesh 이상으로 더 분쇄하여 입자가 작아지더라도 변화 없이 거의 일정하였다.

한편, collets의 명도는 각각 89.58, 89.73, 87.54, 87.53로 쌀 입도의 크기에 따른 유의차가 없었고,

균질성은 각각 90, 95, 100, 100%로 증가하는 경향이였다.

쌀의 입도를 변화시켜 collets을 제조할 경우, collets의 종속변수에 큰 영향을 미치지 않았으나, 균질성이나 함수율을 고려하면 20 mesh 이상으로 쌀을 분쇄하는 것이 바람직하다고 판단되었다.



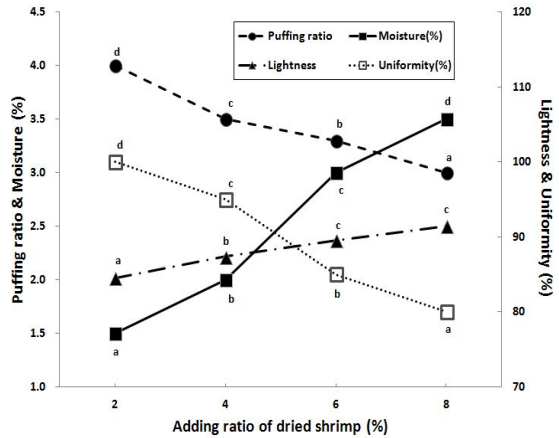
[Fig. 3] Influence of powder particle size of rice on dependent variables during the production of collets added with dried shrimp by extruder. Puffing ratio, lightness, uniformity and moisture of collets : refer to the II. material and method. Different letters on the same symbol indicate a significant difference at  $P < 0.05$ .

다. 마른새우의 첨가량이 종속변수에 미치는 영향

독립변수 중 쌀의 함수율 14%, 쌀의 입도 20 mesh, barrel 온도 100℃, screw 속도 280 rpm, 토출구 직경 8 mm, 원료투입량 50 kg으로 각각 고정하고, 마른새우의 첨가율을 2, 4, 6, 8%의 4단계로 조건 변화하여 제조한 collets의 종속변수(팽화도, 함수율, 명도, 균질성) 값의 특성을 [Fig. 4]에 나타내었다.

새우의 첨가율을 2, 4, 6, 8%로 조건 변화하여 collets을 제조할 경우, 팽화도는 각각 4.0, 3.5, 3.3, 3.0%로 낮아졌고, 함수율은 각각 1.5, 2.0,

3.0, 3.5%로 증가하였으며, 명도는 각각 84.52, 87.38, 89.59, 91.47로 증가하였고, 균질성은 각각 100, 95, 85, 80%로 감소하는 경향이였다.



[Fig. 4] Influence of adding ratio of dried shrimp on dependent variables during the production of collets added with rice and dried shrimp by extruder. Puffing ratio, lightness, uniformity and moisture of collets : refer to the II. material and method. Different letters on the same symbol indicate a significant difference at  $P < 0.05$ .

이와 같이 collets의 팽화도는 부원료(마른새우)의 첨가량이 증가할수록 그 값이 감소하였는데, 그 이유는 전분질에 의하여 팽화도가 결정되는데 상대적으로 부원료(마른새우) 함유량이 증가할수록 전분질이 감소하게 되고 부원료 성분인 섬유질, 지질, 단백질 등이 팽화기작을 방해하기 때문으로 판단되었다. 팽화도는 종속변수 전 분야에 연관성이 있는 collets의 종속변수로서 그 값이 높아질수록 부피가 증가하여 경제성 측면에서 중요한 요소이다. Collets의 균질성은 부원료 첨가량이 증가할수록 그 값이 감소하였는데, 이는 부원료에 포함되는 섬유질, 단백질, 지질의 영향 때문으로 생각되었다. Collets의 함수율과 명도는 부원료 첨가량이 증가하면서 동반 증가현상을 보였는데, 이는 부원료가 용융과 puffing을 방해하므로 주원

료의 수분증발이 감소되어 collets 함수율이 증가하게 되고, 또한 갈변현상이 감소되어 명도가 높아지는 것이 원인으로 판단되었다. 또한 부원료 첨가량이 증가할수록 고소한 향미도 감소하였다. 따라서 고유의 향미와 경제성을 고려하여 부원료 첨가량을 설정하는 것이 바람직하다고 생각되었다.

Do et al. (1994)은 미역을 함유한 압출성형물의 이화학적 특성에 관한 연구에서 부원료 함유량이 높아지면 팽화도와 명암도가 낮아지고 밀도는 높아진다고 보고하였다. Lee et al. (1987)은 식품을 extrusion 할 경우, 압출 팽화물은 단단하지 않아야 한다고 하였으며, Lee (2004)는 반응표면 분석을 이용한 쌀-대두단백-쥐치 혼합물의 압출 성형 최적화 연구에서 대두함량이 줄고 쌀가루 함량이 증가하면 팽화도가 증가한다고 보고하였다. 본 연구에서도 부원료인 마른새우의 첨가량이 감소할수록 팽화도가 증가하여 비슷한 결과를 보였다.

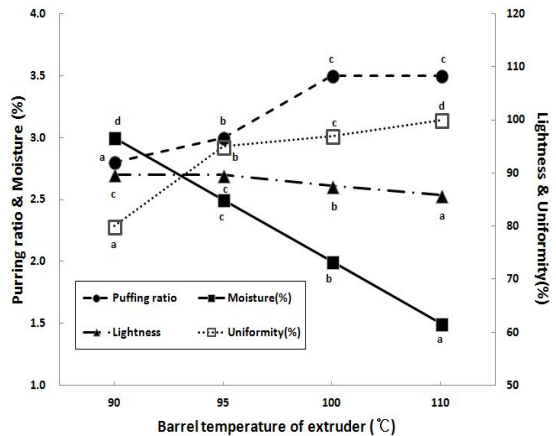
새우의 첨가율을 변화시켜 collets을 제조할 경우, 새우의 첨가율이 낮을수록 collets의 종속변수는 향상되었기 때문에 부원료의 첨가율을 최소화하는 것이 바람직하였으나, 2%를 첨가할 경우나 4%를 첨가할 경우, collets의 품질이 큰 차이가 없었으므로 새우 첨가량을 증가시킨다는 측면에서 새우 첨가량을 4%로 적용하여 collets을 제조하는 것이 바람직하다고 판단되었다.

## 2. 작동독립변수가 종속변수에 미치는 영향

가. Barrel 온도가 종속변수에 미치는 영향

독립변수 중 쌀의 함수율 14%, 쌀의 입도 20 mesh, 마른새우 첨가율 4%, screw 속도 280 rpm, 토출구직경 8 mm, 원료투입량 50 kg으로 각각 고정하고, barrel 온도를 90, 95, 100, 110℃의 4단계로 조건 변화하여 제조한 collets의 종속변수(팽화도, 함수율, 명도, 균질성)의 특성을 [Fig. 5]에 나타내었다.

Barrel 온도를 90, 95, 100, 110℃로 조건 변화하여 collets을 제조할 경우, 팽화도는 각각 2.8, 3.0, 3.5, 3.5%로 유의적으로 증가하였고, 함수율은 각각 3.0, 2.5, 2.0, 1.5%로 감소하였으며, 명도는 각각 89.73, 89.62, 87.56, 85.82로 감소하였고, 균질성은 각각 80, 95, 97, 100%로 증가하는 경향이 있었다.



[Fig. 5] Influence of barrel temperature of extruder on dependent variables during the production of collets added with rice and dried shrimp. Puffing ratio, lightness, uniformity and moisture of collets : refer to the II. material and method. Different letters on the same symbol indicate a significant difference at  $P < 0.05$ .

Barrel 온도를 높였을 때 충분한 호화가 일어나 팽화도가 증가하게 되고, extruder 내부에는 증발림에 의한 screw의 마찰열이 높게 형성되어 탄화로 인하여 명도가 낮아지게 되며, 마찰에 의한 원료 접촉온도가 고온으로 형성되어 토출 시 수분증발이 상대적으로 많이 발생되어 함수율이 낮아지는 것으로 판단되었다.

Do et al. (1994)은 미역을 함유한 압출성형물의 이화학적 특성에 관한 연구에서 barrel 온도가 높아질수록 종속변수가 향상된다고 보고하였는데 본 연구의 결과와 일치하였다.

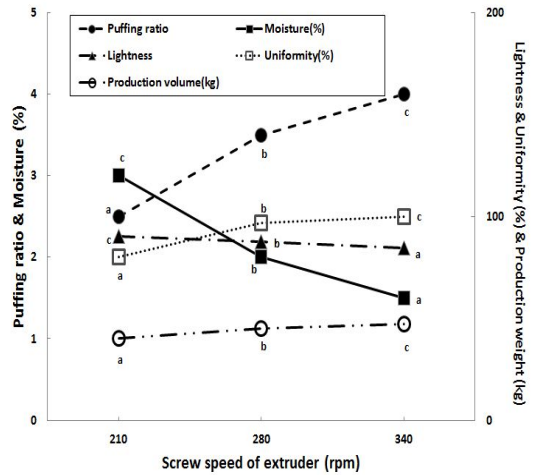
Barrel 온도를 변화시켜 collets을 제조할 경우, barrel 온도가 높을수록 collets의 종속변수가 향상되었기 때문에 barrel 온도를 높여서 collets을 제조하는 것이 제품의 품질 면에서 바람직하였으나, 100℃로 작업할 경우와 110℃로 작업할 경우, collets의 품질이 차이가 적었고, 110℃로 장시간 작업할 경우에는 screw에 무리가 발생하여 puffing에 문제를 일으켜 연속작업을 하는데 지장을 초래하기 때문에 barrel 온도를 100℃로 적용하여 collets을 제조하는 것이 바람직하다고 판단되었다.

나. Screw 속도가 종속변수에 미치는 영향

독립변수 중 쌀의 함수율 14%, 쌀의 입도 20 mesh, 마른새우 첨가율 4%, barrel 온도 100℃, 토출구직경 8 mm, 원료투입량 50 kg으로 각각 고정하고, screw 속도를 210, 280, 340 rpm의 3단계로 조건 변화하여 제조한 collets의 종속변수(팽화도, 함수율, 명도, 균질성, 생산성)의 특성을 [Fig. 6]에 나타내었다.

Screw 속도를 210, 280, 340 rpm으로 조건 변화하여 collets을 제조할 경우, collets의 팽화도는 각각 2.5, 3.5, 4.0으로 증가하였고, 함수율은 각각 3.0, 2.0, 1.5%로 감소하였으며, 명도는 각각 90.24, 87.75, 84.63으로 감소하였고, 균질성은 각각 80, 97, 100%로 증가하였고, 생산성은 40, 45, 47 kg/h로 증가하였다.

Screw 속도가 빨라질수록 압축이 강하게 일어나 고압이 형성되어 토출 시 팽화도가 높아지는 것으로 판단되며, screw 속도의 증가에 따라 강한 압축과 충밀림에 의한 마찰열의 발생으로 인하여 명도가 감소하는 것으로 보인다. 또한 screw 속도가 빨라짐에 따라 barrel 내의 수분이 더욱 균일하게 분산되고 용융단계에서도 고루 분포되어 토출 시 기공의 균질성도 확보하게 되는 것으로 판단되었다.



[Fig. 6] Influence of screw speed of extruder on dependent variables during the production of collets added with rice and dried shrimp. Puffing ratio, lightness, uniformity, moisture and production volume of collets : refer to the II. material and method. Different letters on the same symbol indicate a significant difference at  $P < 0.05$ .

Screw 속도가 증가할수록 collets의 함수율은 낮아졌는데, 이는 고온, 고압에서 토출 시 많은 수분증발이 그 원인으로 생각되며, 이와 같이 screw 속도가 증가할수록 수분증발이 많음에도 불구하고 생산성이 증가하는 이유는 수분증발에 의한 중량의 감소보다 screw 속도의 증가에 의한 토출량이 더 많았기 때문으로 판단되었다.

원료투입량(50 kg/h)과 collets 생산량과의 상관 관계를 살펴보면 screw 속도 210 rpm의 경우, 50 kg/h→40 kg/h(약 20% 감소), screw 속도 280 rpm의 경우, 50 kg/h→45 kg/h(약 10% 감소), screw 속도 320 rpm의 경우, 50 kg/h→47 kg/h(약 6% 감소)로 원료투입량에 비하여 collets 생산량이 6~20% 감소하였는데, 이는 screw 속도가 증가함에 따라 collets의 함수율이 더 많이 감소하였지만 대신 토출량이 증대되므로 이들 screw 속도 및 토출량의 상호관련성에 의하여 결정되는 것으로



판단되었다.

Ding et al. (2006)은 밀 베이스 압축스낵의 기능적 및 물리적 특성에 미치는 extrusion 조건의 영향에 대하여 조사하였는데 screw 속도가 증가하면 용해점도가 낮아져 bulk density가 낮아진다고 하였다. Ilo et al. (1999)은 밀가루와 아마란스 혼합 압출조리 과정에서, 그리고 Thymi et al. (2005)은 옥수수 전분의 압출성형 과정에서 screw 속도가 증가할수록 더 많은 기공이 생성되어 팽화도는 높아진다고 하였다.

Jin et al. (1995)은 옥수수 가루 압출물의 미세 구조의 물리적 특성과 콩 섬유, 소금, 설탕, screw 속도의 영향에 대한 연구에서 screw 속도가 낮을 경우, 전분의 손상이 적어 친수성기의 이용으로 인하여 물 분자와 더 많이 결합하기 때문에 수분 흡수지수는 증가한다고 하였고, screw 속도가 증가하게 되면 반죽의 탄성을 증가시키는 용해점도가 낮아지기 때문에 밀도가 낮아져 제품이 더 부드러워진다고 하였다.

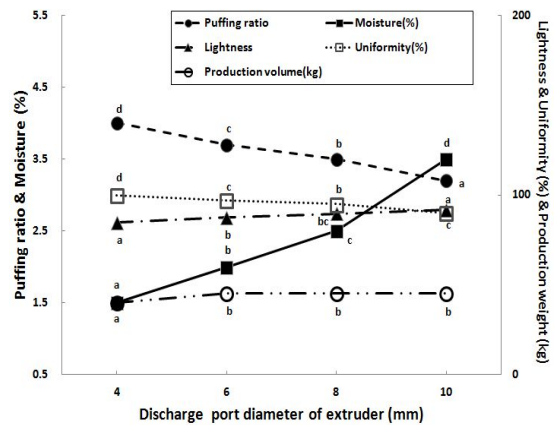
Screw 속도를 변화시켜 collets을 제조할 경우 screw 속도가 빠를수록 collets의 종속변수가 향상되었다. 그러나 screw 속도가 280 rpm인 경우에 비해 340 rpm으로 작업할 경우, extruder에 부하가 많이 걸려 motor, screw 등이 과열되고, 소음이 많이 발생하며, extruder의 부품 소모율이 증가하고, 장시간 작업하는데 어려움이 많기 때문에 바람직하지 못하였다. 따라서 screw 속도를 280 rpm으로 적용하여 collets을 제조하는 것이 바람직하다고 판단하였다.

다. 토출구직경이 속도가 종속변수에 미치는 영향

독립변수 중 쌀의 함수율 14%, 쌀의 입도 20 mesh, 마른새우 첨가율 4%, barrel 온도 100℃, screw 속도 280 rpm, 원료투입량 50 kg으로 각각 고정하고, 토출구 직경을 4, 6, 8, 10 mm의 4단계로 조건 변화하여 제조한 collets의 종속변수(팽화도, 함수율, 명도, 균질성, 생산성)의 특성을 [Fig.

7]에 나타내었다.

토출구 직경을 4, 6, 8, 10 mm로 조건 변화하여 collets을 제조할 경우, collets의 팽화도는 각각 4.0, 3.7, 3.5, 3.2로 감소하였고, 함수율은 각각 1.5, 2.0, 2.5, 3.5%로 증가하였으며, 명도는 각각 84.54, 87.35, 89.65, 91.61%로 증가하였고, 균질성은 각각 100, 97, 95, 90%로 감소하였으며, 생산성은 40, 45, 45, 45 kg으로 증가하다가 일정하였다.



[Fig. 7] Influence of discharge port diameter of extruder on dependent variables during the production of collets added with rice and dried shrimp. Puffing ratio, lightness, uniformity, moisture and production volume of collets : refer to the II. material and method. Different letters on the same symbol indicate a significant difference at  $P < 0.05$ .

팽화도, 명도 및 균질성은 extruder의 토출구직경이 커질수록 그 값이 낮아지는 경향을 보였는데, 이는 토출구직경이 커져 토출량이 증가함에 따라 barrel 내부압력이 낮아지고, 증밀림에서 유동성이 확보되기 때문에 일어나는 현상으로 보인다. 함수율은 토출구직경이 커질수록 높아졌는데, 이는 토출구직경이 커질수록 토출량의 증가로 인하여 압축이 감소하여 고온고압의 형성이 불리해지고 puffing 율이 약해져 수분의 증발량이 적어

잔존수분이 상대적으로 많아지기 때문에 판단되었다. 원료투입량(50 kg/h)과 collets 생산량과의 상관관계를 살펴보면 토출구 직경 4 mm의 조건에서는 약 20%(50 kg→40 kg), 6~10 mm 조건에서는 약 10%(50 kg→45 kg)가 감소하였다. 일반적으로 토출구 직경이 커지면 토출량이 증가하여 원료투입량과 collets 생산량의 차이가 줄어들지만 본 실험에서는 토출구 직경이 6, 8, 10 mm로 변화하여도 그 감소폭이 10%로 동일하였는데, 그 이유는 screw의 체적이 한정되어 있기 때문에 토출구 직경이 커지더라도 일정한 양의 collets이 생산되기 때문으로 판단되었다.

토출구 직경을 변화시켜 collets을 제조할 경우, 토출구 직경이 작을수록 collets의 종속변수가 향상되었다. 따라서 토출구 직경을 8 mm 이하로 적용하여 collets을 제조하는 것이 바람직하다고 판단하였다.

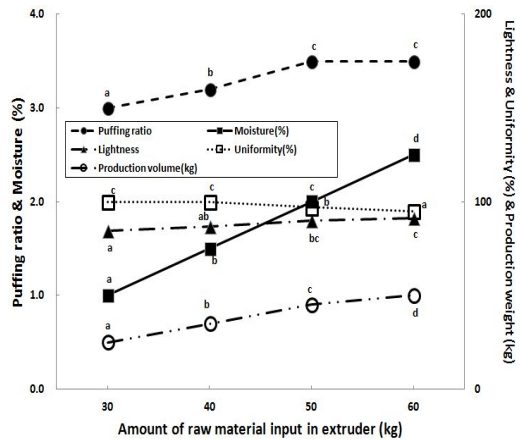
라. Extruder의 원료투입량이 종속변수에 미치는 영향

독립변수 중 쌀의 함수율 14%, 쌀의 입도 20 mesh, 마른새우 첨가율 4%, barrel 온도 100℃, screw 속도 280 rpm, 토출구 직경 8 mm로 각각 고정하고, 원료투입량을 30, 40, 50, 60 kg/h의 4 단계로 조건 변화하여 제조한 collets의 종속변수(팽화도, 함수율, 명도, 균질성, 생산성)의 특성을 [Fig. 8]에 나타내었다.

원료투입량을 30, 40, 50, 60 kg/h로 조건 변화하여 collets을 제조할 경우, collets의 팽화도는 각각 3.0, 3.2, 3.5, 3.5로 증가하였고, 함수율은 각각 1.0, 1.5, 2.0, 2.5%로 증가하였으며, 명도는 각각 84.67, 86.95, 89.83, 91.33%로 증가하였고, 균질성은 각각 100, 100, 97, 95%로 감소하였고, 생산성은 25, 35, 45, 50 kg으로 증가하였다.

팽화도는 투입량이 많아질수록 그 값이 상승하였는데 이는 투입량이 많아질수록 barrel 내의 압력이 충분히 형성되기 때문으로 보인다. 명도는 투입량이 적어질수록 그 값이 높아 졌는데,

이는 투입량이 적을 때 원료와 screw의 마찰이 느슨하여 기계적 에너지의 손실이 적고 분쇄 및 압축 시 마찰에 의하여 갈변현상이 증가하였기 때문으로 판단되었다.



[Fig. 8] Influence of input amount of raw material in the extruder on dependent variables during the production of collets added with rice and dried shrimp. Puffing ratio, lightness, uniformity, moisture and production volume of collets : refer to the II. material and method. Different letters on the same symbol indicate a significant difference at  $P < 0.05$ .

원료투입량과 collets 생산량과의 상관관계를 살펴보면 30 kg/h→25 kg/h(약 16.7% 감소), 40 kg/h→35 kg/h (약 12.4% 감소), 50 kg/h→45 kg/h (약 10% 감소), 60 kg/h→50 kg/h (약 16.7% 감소)으로 원료투입량에 비하여 collets 생산량이 10% 이상 감소하였는데, 이는 고온고압에서 순간적 저압으로 변화되는 토출 과정에서의 수분증발이 그 원인으로 판단되었다.

일반적으로 원료투입량이 증가하면 토출량이 증가하여 원료투입량과 collets 생산량의 차이가 줄어들지만 본 실험에서는 원료투입량이 30, 40, 50 kg/h로 변화할 경우, 감소폭이 줄어들었지만

원료투입량이 60 kg/h일 경우에는 오히려 그 감소폭이 증가하였는데, 그 이유는 본 실험에서 사용한 extruder의 screw 체적이 50-55 kg/h가 한계점이기 때문에 원료투입량이 증가하더라도 일정한 량의 collets이 생산되기 때문으로 판단되었다.

경제성과 직접적으로 관련 있는 생산성은 원료 투입량 대비 collets 중량의 비와 팽화도에 의한 부피의 증가의 2가지를 비교 분석할 필요가 있지만 본 연구에서는 중량에 대한 생산성을 조사하였다.

원료투입량을 변화시켜 collets을 제조할 경우, 원료투입량이 적을수록 collets의 종속변수 중 팽화도, 함수율, 명도, 균질성은 향상되었으나 생산성은 낮아졌다. 따라서 원료투입량을 50 kg/h로 적용하여 collets을 제조하는 것이 가장 바람직하다고 판단하였다.

#### IV. 요약

주원료인 쌀과 부원료인 마른새우의 농수산 복합물을 single screw extruder를 이용하고, 다목적 식품소재의 적용을 위하여 원료독립변수 3개(쌀의 함수율, 쌀의 입도, 마른새우 첨가율)와 작동 독립변수 4개(barrel 온도, screw 속도, 토출구 직경, 원료투입량)의 총 독립변수 7개의 조건변화에 의한 5개의 종속변수(팽화도, 함수율, 명도, 균질성, 생산성)의 특성은 다음과 같다.

쌀의 함수율을 12, 14, 16, 18%로 조건 변화하여 collets을 제조할 경우, collets의 팽화도는 그 값이 증가하다가 감소하였고, 함수율 및 명도는 증가하였고, 균질성은 감소하는 경향이였다. 쌀의 입도를 raw, 20, 40, 60 mesh로 조건 변화하여 collets을 제조할 경우, collets의 팽화도는 그 값이 미미하나 감소하였으나 유의적인 큰 차이가 없었고, 함수율은 raw에 비해 20 mesh 입자의 크기로 작아질 때 함수율이 감소하였으나 20 mesh 이상으로 더 분쇄하여 입자의 크기가 작아지더라도

변화 없이 거의 일정하였으며, 명도는 쌀 입도의 크기에 따른 유의차가 없었고, 균질성은 증가하는 경향이였다. 마른새우의 첨가율을 2, 4, 6, 8%로 조건 변화하여 collets을 제조할 경우, collets의 함수율 및 명도는 증가하였고, 팽화도 및 균질성은 감소하는 경향이였다. Barrel 온도를 90, 95, 100, 110℃로 조건 변화하여 collets을 제조할 경우, collets의 팽화도 및 균질성은 유의적으로 증가하였고, 함수율 및 명도는 감소하는 경향이였다. Screw 속도를 210, 280, 340 rpm으로 조건 변화하여 collets을 제조할 경우, collets의 팽화도, 균질성 및 생산성은 증가하였고, 함수율 및 명도는 감소하였다. 토출구 직경을 4, 6, 8, 10 mm로 조건 변화하여 collets을 제조할 경우, collets의 팽화도 및 균질성은 감소하였고, 함수율 및 명도는 증가하였으며, 생산성은 그 값이 증가하다가 일정하였다. 원료투입량을 30, 40, 50, 60 kg/h로 조건 변화하여 collets을 제조할 경우, collets의 팽화도, 함수율, 명도 및 생산성은 증가하였고, 균질성은 감소하였다.

이와 같이 쌀을 주원료로 하고 부원료로 마른새우를 첨가하여 collets을 제조할 경우, 독립변수의 변화에 따라 종속변수의 값이 변화하여 최종 제품인 collets의 품질에 영향을 미쳤다. 따라서 품질이 좋은 collets을 제조하기 위해서는 독립변수를 잘 설정할 필요가 있다고 판단되었다.

#### References

Ding, Qing-Bo · Ainsworth, Paul · Plunkett, Andrew · Tucker, Gregory & Marson, Hayley(2006). The effect of extrusion conditions on the functional and physical properties of wheat-based expanded snacks, *Journal of Food Engineering*, 73(2), 142~148. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.01.013>.

Ding, Qing-Bo · Ainsworth, Paul · Tucker, Gregory & Marson, Hayley(2005). The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded

- snacks, *Journal of Food Engineering*, 66(3), 283~289.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.03.019>.
- Do, Jeong-Ryong · Oh, Sang-Lyong · Kim, Young-Myoung · Kim, Dong-Soo · Jo, Jin-Ho Moon, Kwang-Duk · Jo, Kil-Suk & Koo, Jae-Guen(1994). A study on the physicochemical properties of extrudate containing sea mustard by single extruder, *Journal of the Korean Fisheries Society*, 27(1), 13~26.
- Eun, Jong-Bong & Choi, Ok-Ja(2014). Physicochemical properties of rice-based expanded snacks according to extrusion conditions, *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 43(9), 1407~1414.
- Grenus, K. M. · Hsieh, F. & Huff, H. E.(1993). Extrusion and extrudate properties of rice flour, *Journal of Food Engineering*, 18(3), 229~245.  
[http://dx.doi.org/10.1016/0260-8774\(93\)90088-2](http://dx.doi.org/10.1016/0260-8774(93)90088-2).
- Hagenimana, Anastase · Ding, Xiaolin & Fang, Tao(2006). Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking, *Journal of Cereal Science*, 43(1), 38~46.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2005.09.003>.
- Ilo, S. · Liu, Y. & Berghofer, E.(1999). Extrusion cooking of rice flour and amaranth blends, *LWT-Food Science and Technology*, 32(2), 79~88.  
<http://dx.doi.org/10.1006/fstl.1998.0497>.
- Jin, Z. · Hsieh, F. & Huff, H. E.(1995). Effects of soy fiber, salt, sugar and screw speed on physical properties and microstructure of corn meal extrudate, *Journal of Cereal Science*, 22(2), 185~194.  
[http://dx.doi.org/10.1016/0733-5210\(95\)90049-7](http://dx.doi.org/10.1016/0733-5210(95)90049-7).
- Jung, Bok-Mi · Kim, Eun-Sil & Rhee, Khee-Choon (2001). Physical and chemical properties of cornmeal extrudates by addition of defatted soy flour and squid, *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 30(2), 292~298.
- Jung, Bok-Mi · Park, Don-Keun · Kim, Eun-Sil · Rhee, Ki-Soon & Rhee, Khee-Choon(2000). Single-screw extrusion puffing of rice flour-defatted soy flour-squid blends : Precess optimization and product characterization, *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 29(3), 412~419.
- Kim, Eui-Hyeong · Kook, Seung-Wook · Jung, Soon-Teck & Park, Yang-Kyun(2005). Properties of rice extrudates added with the sea tangle powder, *Korean Journal of Food Preservation*, 12(3), 241~246.
- Lee, Chan(2004). Optimization for extrusion-cooking of rice-ISP-file fish mixture by response surface methodology, *Journal of the Korean Society of Food Science and nutrition*, 33(10), 1742~1747.
- Lee, Cherl-Ho · Kim, Dong-Chul · Jeun, Jae-Hyeon · Kim, Ch'ol-Min · Kim, Jong-Bae · Kim, Jae Deuk · Son, Jung-Chun(1987). Food extrusion Technology. You-lim Culture Co, pp. 13~164, 167~189.
- Lee, Sook-Young · Jang, So-Young · Park, Mi-Jung & Kim, Byong-Ki(2007a). The quality and storage characterization of extrusion-puffed yukwa, *Korean Journal Food Cookery Science*, 23(3), 369~377.
- Lee, Tie-Jin · Eui-Suk · Hong, Soon-Teak & Ryu, Gi-Hyung(2007b). Manufacturing of goami flakes by using extrusion process, *Korean Journal Food Science Technology*, 39(2), 146~151.
- Sim, Young-Ja · Jung, Bok-Mi & Rhee, Khee-Choon (2001). Quality characteristics of extruded formulated products prepared from blends of rice flour, corn flour and fish muscle by single-screw extrusion, *Korean Journal Food Science Technology*, 33(1), 45~49.
- Thymi, S. · Krokida, M. K. · Pappa, A. & Maroulis, Z. B.(2005). Structural properties of extruded corn starch, *Journal of Food Engineering*, 68(4), 519~526.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.07.002>.
- 
- Received : 17 August, 2015
  - Revised : 09 Septmber, 2015
  - Accepted : 17 Septmber, 2015