

## 울무 flake 제조시 가열정도에 따른 특성

이영택 · 석호문 · 김성수 · 홍희도 · 김경탁  
한국식품개발연구원

### Functional Characteristics of Job's-tears Flakes Subjected to Varying Degree of Heating

Young-Tack Lee, Ho-Moon Seog, Sung-Soo Kim, Hee-Do Hong and Kyung-Tack Kim  
Korea Food Research Institute

#### Abstract

Job's-tears(*Coix lachryma-jobi* L. var. *Ma-yuen* Stapf) seeds were processed to flakes by soaking, heat treatment, intermediate-moisture drying, flaking, drying, and cooking. Some functional properties of Job's-tears flakes subjected to varying degree of heating were characterized by specific volume, texture, water absorption index(WAI), water solubility index(WSI), and viscosity. As degree of gelatinization increased within the intermediate range of 60~70%, steam-cooked Job's-tears demonstrated appropriate rheological properties for further processes, resulting in increased specific volume and decreased breaking strength. However, excessive heat treatment rendered Job's-tears undesirably sticky for flaking, which caused adverse effects on the functional properties of flakes such as specific volume and breaking strength. Increasing steaming time(5~30 min) caused an increase in WAI and WSI values. Apparent viscosity of powdered flakes was increased with the extent of gelatinization as a function of heat processing. Viscosity of powdered flakes determined using the amylograph increased with the degree of heating applied to Job's-tears at low pasting temperatures, accompanied by a decrease in maximum viscosity as the pasting temperature increased.

Key words: Job's-tears, flakes, heating, gelatinization, functional characteristics

## 서 론

울무(*Coix lachryma-jobi* L. var. *Ma-yuen* Stapf)는 여러가지 약효성분으로 인해 건위, 이뇨, 진통, 진경 및 자양등<sup>(1)</sup>에 효과가 있고 항종양<sup>(2)</sup> 및 혈장 콜레스테롤 저하작용<sup>(3,4)</sup>이 있다고 알려져 있어 오래전부터 약용은 물론 건강식품 소재로 사용되어 왔다. 울무의 종자인 울무쌀(薏苡人, *Coix seed*)의 영양성분과 이화학적 특성에 관한 연구<sup>(5-7)</sup>에 의하면 울무쌀은 타 곡류에 비해 비교적 많은 단백질과 지방질을 함유하여 영양가가 높기 때문에 약용으로서의 개발 뿐만 아니라 대체식량으로서의 이용가치가 인정되고 있으며 아울러 울무의 식품이용을 위한 개발에 대해서도 조사된<sup>(8)</sup> 바 있다. 한편 울무를 이용한 가공제품으로는 울무쌀, 울무분말, 울무차, 울무죽 등이 있으나 아직 가공제품이 다양화되어 있지 못한 실정이며 특히 편이성이 증대된 간편식으로서의 제조가 필요시 되고 있다.

곡류를 미리 조리하여 바로 먹을 수 있도록 만든 간

편식인 breakfast cereals 중의 한가지 형태인 flaked cereals에 사용하는 주요 곡류로는 옥수수, 쌀, 밀, 귀리, 보리 등이 있으며<sup>(9)</sup>, 국내에서도 보리를 이용한 가공연 구중 flake 제조에 관한 연구가 이루어진 바 있으나<sup>(10,11)</sup>, 울무를 이용한 flake 제조연구에 관해서는 보고된 바 없다. Flake 제조과정 중 가열처리는 전분을 호화시켜 알곡이 쉽게 성형되어 가공되도록 해주며, 바람직한 향을 주고, 조직감 및 소화성을 향상시켜주는 매우 주요한 공정이므로 본 시험에서는 울무쌀을 이용한 flake 제품을 제조, 개발하는데 있어서 울무의 가열처리 정도가 울무 flake의 특성에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

Flake 제조용으로 사용된 울무로 시중에서 구입한 1993년산 울무쌀을 사용하였으며 분석용 시료를 제조하기 위해 pin mill(경창기계, Model SC-1B)을 사용하여 60 mesh 이하로 분쇄하였다.

### 울무의 일반성분 분석

울무의 일반성분중 수분함량은 Air-oven법(AACC<sup>(12)</sup>

Corresponding author: Young-Tack Lee, Department of Food Resources Sun Moon University, Asan City, Chungnam 336-840, Korea

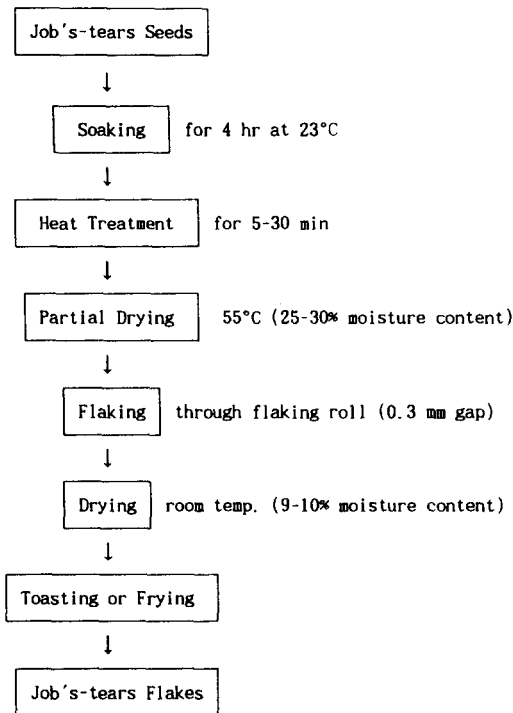


Fig. 1. Steps for production of Job's-tears flakes

44-15A)으로, 단백질은 KJELTEC Autoanalyzer(Tecator Co., Sweden)를 사용하여 Micro-Kjeldahl법(AACC 46-13)으로, 회분은 전석회화법(AACC 08-01)으로, 조지방은 Soxhlet법<sup>(13)</sup>으로 분석하였다. 전분 함량은 starch-glucoamylase법(AACC 76-11)에 의해 분석하였으며 총 식이섬유함량은 Prosky 등의 방법<sup>(14)</sup>에 따라 total dietary fiber assay kit(Sigma Chemical Co., USA)를 사용하여 측정하였다.

**Flake 제조방법**

울무쌀을 이용한 flake를 제조하기 위해 울무를 상온(23°C)에서 4시간 동안 수침한 후 열탕 및 증자처리에 의해 5~30분간 가열하였다. 가열처리한 울무는 수분함량이 25~30%에 도달하도록 55°C에서 열풍건조하였으며 0.3 mm로 간격이 조정된 flaking roll에 통과시켜 눌러 압착형 후레이크를 형성하였고 하룻밤 실온에서 더욱 건조하여 수분함량을 9~10%로 낮추었다. 건조된 flake는 대두유를 사용하여 190~200°C에서 30초간 frying시키거나 180°C 오븐에서 5분간 toasting하여 최종적인 flake 제품을 만들었다. 압착형 울무 flake 제조를 위한 전체적인 제조공정은 Fig. 1에 나타나 있다. Frying하여 제조한 울무 flake는 free oil을 제거한 후 desiccator내에서 최소한 1주간 보관하여 수분함량차이에 의한 영향을 배제하였다. Flake의 특성을 분석하기 위한 분말시

료로는 toasting한 울무 flake를 Waring blender로써 먼저 분쇄한 후 0.5 mm 스크린을 부착한 Cyclotec Sample Mill(Tecator Co., Sweden)로 재 분쇄한 분말을 사용하였다.

**호화도 측정**

Flake의 호화도는 Kainuma 등의 방법<sup>(15)</sup>에 준해 측정하였다. 즉 분말시료 0.15g을 증류수 15 ml에 분산시켜 균질기(Ultraturrax T25)를 사용하여 균질화한 후 시료액을 2개의 시험관에 분취하여 상법에 따라 시료액 및 완전호화액을 제조하였다. 각각에 효소액( $\beta$ -amylase와 pullulanase)을 가하고 40°C에서 30분간 반응시킨 다음 생성된 당의 환원력을 Somogyi-Nelson<sup>(16)</sup>법으로 측정하여 환원당 함량의 비율로서 호화도를 계산하였다.

**Specific volume**

Flake 시료 15g을 눈금실린더에 넣고 좁쌀 200 cc를 시료위에 부어 평형이 될 때까지 두드린 다음 측정한다. 부피에서 좁쌀의 부피를 빼 시료의 부피로 하였으며 specific volume은 flake 시료의 부피를 중량으로 나누어 계산하였다.

**텍스처 측정**

울무 flake의 텍스처는 TX-XT2 Texture analyzer(Hastemere Co, England)를 이용하여 측정하였으며 직경 3 mm인 plunger를 사용하여 plunger 이동속도 0.2 mm/sec의 조건에서 flake를 절단할때 걸리는 힘을 절단강도(breaking strength)로 나타내었다. 각 시료별로 10조각의 flake에 대하여 절단강도를 측정하여 평균을 구하였다.

**수분흡수지수(WAI) 및 수분용해지수(WSI)**

Flake의 수분흡수지수(Water Absorption Index) 및 수분용해지수(Water Solubility Index)는 Anderson 등의 방법<sup>(17)</sup>에 따라 다음과 같이 측정하였다. 분쇄된 flake 분말시료 1.5g을 50 ml 원심분리튜브에 넣고 증류수 20 ml를 가하여 분산시킨 후 가끔 흔들어주면서 30°C에서 30분간 방치한 다음 27,000×g에서 30분간 원심분리하였다. 상등액 전부를 미리 항량을 구한 수분 정량수기에 넣어 105°C에서 하룻밤 건조시켜 고형분량을 측정하여 WSI를 산출하였으며, WAI는 원심분리하여 침전된 침전물의 무게를 측정하여 건조시료 1g에 함유된 수분함량 g으로 나타내었다.

**점도 측정**

분쇄된 울무 flake 분말을 증류수를 사용하여 20% 농도의 slurry로 조제한 후 20분간 방치하였다. Slurry는 다시 30초간 저어주고 9 ml를 viscometer cup에 옮긴 후 Haake Rotovisco RV20 viscometer(Germany)를 사용하여 23°C에서 전단속도(shear rate)를 0~500/sec까지 증가시키면서 분말의 겔보기점도(apparent viscosity)를

측정하였다.

울무 flake 분말시료의 호화양상에 따른 점도의 변화는 Brabender Amylograph를 이용하여 측정하였다. 분말시료를 10%의 농도로 450 ml의 증류수에 분산시켜 제조한 slurry를 amylograph bowl에 옮긴 후 30°C에서 96°C까지 1.5°C/min의 일정한 속도로 가열하여 온도를 증가시켰으며 96°C에서 20분간 유지시킨 후 같은 속도로 50°C까지 냉각시켰다.

## 결과 및 고찰

### 울무시료의 일반성분

본 실험에 사용된 울무시료의 일반성분조성은 Table 1과 같다. 울무는 단백질 17.50%, 지방 5.41%를 함유하여 타 곡류와 비교하여 단백질과 지방의 함량이 월등히 높게 나타났다. 울무의 전분함량은 63.85%였으며 울무전분은 찰전분인 것으로 보고<sup>(18)</sup>된 바 있다. 총식이섬유함량은 12.78%로 우 등<sup>(7)</sup>의 결과에 비해 높았는데 이는 본 실험에 사용한 울무시료의 도정상태가 완전하지 않아 시료에 울무겨와 피가 다소 함유되었기 때문인 것으로 사료되었다.

### 가열처리에 의한 호화도의 영향

일반적으로 곡류는 수침한 후에 가열처리하는 것이 호화가 빠르게 일어나는데 울무는 수침하여 4시간 후에 흡수율이 거의 최고(36%)에 도달하였으며 취반시 수침 시간이 길수록 호화가 빨리 진행된다고 보고<sup>(9)</sup>된 바 있다. 울무를 상온에서 4시간 동안 수침한 후 가열처리하여 제조한 울무 flake의 전분호화도를 측정한 결과는 Table 2와 같다. 울무 flake의 호화도는 열탕처리에 의해 가열한 울무가 증자처리한 울무보다 훨씬 높아 열탕처리가 증자처리에 비해 울무전분을 호화시키는데 훨씬 효과적으로 작용했다. 열탕처리시 20~30분 후에는 거의 모든 전분이 호화되었으나 증자처리시에는 보다 서서히 호화가 이루어졌다. Flake 제조시 전분의 호화는 온도와 수분함량에 따라 영향을 받아 높은 온도는 조리시간을 단축할 수 있고 수분함량이 많아야 전분 호화가 더 쉽게 일어날 수 있다<sup>(19)</sup>고 알려져 있다.

울무는 적절한 가열처리에 의해 그 이후의 flake 제조적성에 적합한 물성을 가지게 된다. 가열정도가 높아 호화도가 높은 울무쌀은 찰기가 높아져 끈적끈적하였으며 가열정도가 낮아 호화도가 낮은 울무는 상대적으로 꼬들꼬들한 상태여서 울무 낱알의 분리가 잘 되었다. 5분

**Table 2. Degree of gelatinization<sup>1)</sup> for Job's-tears flakes prepared by various heat treatments**

Heating time (min)	Degree of gelatinization (%)	
	Boiling	Steaming
5	82.04 ± 0.35	60.46 ± 2.39
10	86.05 ± 1.51	66.89 ± 6.76
20	95.59 ± 0.41	72.70 ± 1.88
30	101.95 ± 1.45	78.71 ± 3.90

<sup>1)</sup>Values given are means ± SD of triplicate determinations

**Table 3. Functional properties of Job's-tears flakes prepared at different steaming time<sup>1)</sup>**

Steaming time (min)	Specific volume (cc/g)	Breaking strength <sup>2)</sup> (g)	WAI (g/g solid)	WSI (%)
5	2.83 <sup>a</sup>	171.2 <sup>a</sup>	3.51 <sup>a</sup>	4.68 <sup>a</sup>
10	3.26 <sup>b</sup>	143.3 <sup>a</sup>	4.04 <sup>b</sup>	4.87 <sup>a</sup>
20	3.54 <sup>b</sup>	161.0 <sup>a</sup>	4.30 <sup>bc</sup>	4.92 <sup>a</sup>
30	3.35 <sup>b</sup>	195.0 <sup>a</sup>	4.54 <sup>c</sup>	5.30 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>Values are means of four determinations. Mean values with the same letter in a column were not significantly different (P<0.05)

<sup>2)</sup>Measurements of 10 flakes

이상 열탕처리한 울무는 호화도가 80% 이상으로 높았으며 수분함량 또한 높아 flaking을 위한 건조처리에 걸리는 시간이 길었으며 점착성이 높아 flaking roll 통과적성이 떨어졌다. 반면에 증자처리한 울무는 상대적으로 호화도가 낮아(60~79%) 5~30분간의 가열처리에도 roll 통과적성이 비교적 양호하여 압착형으로 flake를 제조할 때 낱알분리나 건조처리 및 roll 통과적성 등 가공처리를 조절하는데 증자처리가 열탕처리보다 적합한 것으로 판단되었다.

### Flake의 specific volume과 breaking strength

곡류는 원료의 성상에 따라 팽화되는 정도가 다르며 특히 전분을 구성하고 있는 amylopectin 및 amylose의 함량에 따라 팽화정도가 좌우되는 것으로 알려져 있는데<sup>(20)</sup>, 배유전분이 찰전분으로 구성된 울무는 높은 팽화력을 보여주었으며 전분의 가열처리에 의한 팽화실험에서 울무는 높은 팽화력을 나타냈다는 우 등의 결과<sup>(18)</sup>와 유사하였다. 증자처리 시간에 따른 가열정도를 달리하여 제조한 울무 flake의 specific volume은 Table 3에 나타나

**Table 1. Proximate analysis<sup>1)</sup> of Job's-tears seed**

Constituent	Moisture	Starch	Protein	Fat	Ash	TDF <sup>2)</sup>
	9.98	63.85	17.50	5.41	1.69	12.78

<sup>1)</sup>%, on a dry weight basis except moisture

<sup>2)</sup>Total dietary fiber

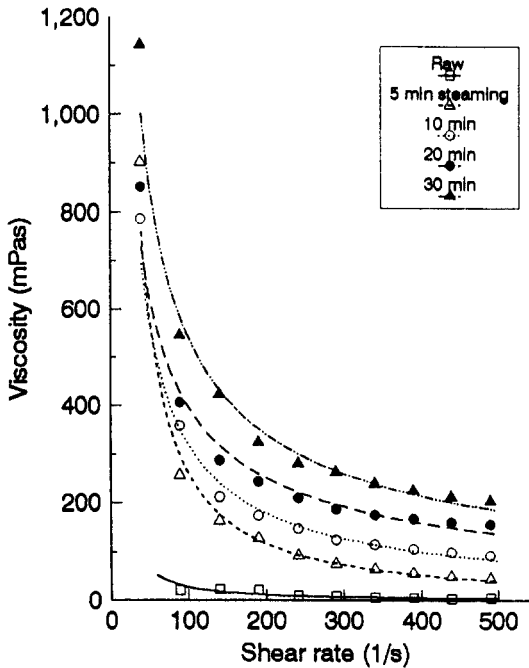


Fig. 2. Viscosities of powdered Job's-tears flakes prepared at different steaming time (concentration, 16%; temperature, 23°C)

있다. 율무 flake의 specific volume은 증자처리 시간이 길어짐에 따라 증가하여 20분의 증자처리지 3.54 cc/g으로 가장 높았으나 30분의 가열처리지에는 약간 감소하는 경향을 보였다. 율무는 가열처리시간이 증가할 때 호화도의 증가로 인하여 plasticity가 높아지며 이에따라 팽창효과가 크게 나타나는 것으로 사료되었다. 그러나 율무는 호화정도가 지나치게 높아져 점착성이 높은 물성을 가지게 되면 flake 성형에 부정적인 영향을 주어 팽화력이 떨어지게 되는 것으로 사료되었다.

팽화된 flake제품의 경우 specific volume은 조직감에 영향을 줄 수 있어 팽화가 많이된 시료가 더 쉽게 부서지는 경향을 나타낸다. Flake의 절단강도(breaking strength)를 측정하여 나타낸 결과(Table 3)에 의하면 5분간 증자처리하여 제조한 율무 flake의 절단강도는 호화도의 증가(10분간 증자)에 따라 감소하여 팽화효과에 의한 율무 flake의 바삭바삭함이 조직감에 직접적인 영향을 준 것으로 나타났다. 그러나 20, 30분간 증자처리한 flake의 절단강도는 10분보다 증가하여 율무의 호화도가 정도이상 높아지면 flake 형상시 모양이 꾸글꾸글하게 불규칙해져 단단한 조직감을 주는 것으로 판단되었다. 율무는 가열처리 후 flaking roll을 통과할 때 압착 및 늘림작용에 의해 그 원래의 형태가 파손되어 flake를 형성하지만 다시 율무의 원래상태로 복귀하려는 성질이 남아있어 flake의 주름을 형성하는 요인이 될 수 있는데

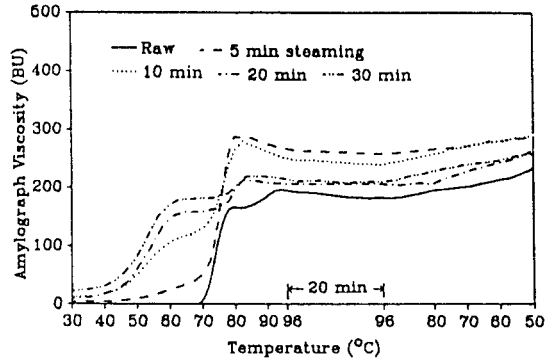


Fig. 3. Amylograph pasting characteristics of powdered Job's-tears flakes prepared at different steaming time

이와같은 성질은 가열처리에 따른 율무의 물성적 기능인 것으로 여겨졌다. 가열정도가 높은 율무는 이러한 성질이 큰 것으로 관찰되었으며 또한 점착성이 높아 서로 붙는 성질이 강해 주름진 flake를 형성하였으며 이는 절단강도를 높이는 요인으로 작용한 것으로 사료되었다. 따라서 가열정도는 율무의 flake 성형시 flake 품질에 영향을 주는 변수로 작용하여 적정 가열처리 조건을 설정해야 할 필요성이 있으며 10~20분간 증자처리한 율무 flake가 팽화에 따른 크기와 조직감 측면에서 우수한 것으로 나타났다.

Flake의 수분흡수지수 및 수분용해도지수

증자시간을 다르게 가열처리하여 제조한 율무 flake의 수분흡수지수(WAI)와 수분용해도지수(WSI)는 Table 3에 나타나 있다. 율무 flake의 수분흡수지수는 5~30분간의 가열처리에 의해 3.51에서 4.54까지 지속적으로 증가하여 율무전분의 호화정도가 flake의 수분흡수율을 증가시키는 것으로 나타났다. 율무 flake의 수분용해도지수는 증자처리에 의한 가열조건에서 4.68~5.30의 분포를 보였으며 가열정도에 따라 큰 차이 없이 약간 증가하는 경향을 보였다. 조리된 전분 polymer는 여러 형태로 존재하며 가열처리 조건에 따라 분해정도나 그 형태의 분포에 차이를 나타내 시료의 수분용해도에 영향을 미칠 수 있으며<sup>(21)</sup> 이는 가열처리가 전분 molecule을 손상시켜 수용액과 쉽게 hydrogen bond를 형성하도록 만들 수 있기 때문인 것으로 사료되었다.

Flake의 점도

생율무 분말과 flake로 가공된 율무분말의 수용액(16%, w/v)에서의 점도를 전단속도를 증가시킴으로써 측정하여 flow curve로 나타낸 결과는 Fig.2와 같다. 각 시료에서 보여준 바와 같이 율무 flake 분말의 점도는 전단속도가 증가함에 따라 감소하여 pseudoplastic(shear-thinning) 유동특성을 나타냈다. 생율무 분말의 점도는 낮았으나

울무 flake slurry의 점도는 울무의 가열처리 시간이 증가함에 따라 현저히 증가하여 가열처리에 따른 전분의 호화정도가 점도의 상승에 기여한 것으로 나타났다.

생울무 분말과 울무 flake 분말의 호화양상에 따른 점도의 변화를 나타낸 amylograpy curve는 Fig. 3과 같다. 생울무 분말은 68~70°C에서 호화가 개시되어 93~94°C 경에서 최고점도에 도달하였다. 울무 flake 분말의 초기점도는 가열처리 하지 않은 생울무 분말에 비해 높았으며 최고점도가 더 높게 나타났다. 울무는 가열처리 시간이 길어짐에 따라 flake의 호화도가 증가하여 amylograph 초기점도가 높아졌으나 amylograph의 온도가 증가하면서 최대점도는 낮아져 flake내 전분의 호화정도가 최고점도에 차이를 주는 것으로 나타났다. 울무 flake paste는 96°C에서 20분간 머무르는 동안 점도의 감소(shear-thinning)가 크게 없었고 냉각시 set back이 낮게 나타났다. 가열처리된 전분 polymer는 여러 형태로 존재하여 granule 잔존형태로 남아있거나 gel 상태로 워혀 있거나 노화된 polymer 형태나 혹은 이상의 조합된 상태로 존재하는데<sup>(21)</sup> 가열정도에 따라 flake 분말의 amylogram 양상이 서로 다른 것은 전분의 호화정도에 따라 이러한 전분형태의 분포상태가 점도에 영향을 미치기 때문인 것으로 사료되었다.

## 요 약

울무쌀을 이용하여 간편식인 flaked cereal을 제조하기 위하여 울무를 수침, 가열처리, 중간수분(25~30%)건조, flaking, 건조 및 cooking하였다. 울무는 가열처리가 가열시간이 5~30분으로 증가함에 따라 호화도가 증가하였으며 가열정도에 따른 호화도는 울무의 flaking roll 통과 적성에 변수로 작용하여 최종 flake 제품의 특성에 영향을 미쳤다. 울무는 flaking하기에 적합한 물성을 제공한 가열조건(5~10분 증자처리)에서 호화도가 증가함에 따라 울무 flake의 specific volume이 증가하고 절단강도는 감소하였다. 그러나 가열시간이 20분 이상으로 길어 호화도가 높아진 경우 flake 성형에 부정적 영향을 미쳐 specific volume이 감소하고 절단강도는 증가하는 경향을 보였다. 울무는 가열시간이 길어짐에 따라 울무 flake의 수분흡수지수와 수분용해도지수가 증가하였다. 울무 flake를 분쇄한 분말의 점도를 측정할 결과 전분의 호화도가 높아짐에 따라 점도는 현저히 증가하였고 amylograph에 의한 초기점도는 높은 반면 온도상승에 따라 최고점도는 낮아지는 경향을 나타냈다.

## 감사의 말

본 연구는 (주)정원산업의 연구지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 문 헌

1. 高炳璠: 울무의 한방적 고찰. 영남대학교 천연물화학연구소보, 6, 21 (1979)
2. Ukita, T. and Tanimura, A.: Studies on the anti-tumor component in the seeds of *Coix Lachryma-Jobi* L. var. *Ma-yuen*(Roman). *Chem. Phar. Bull.*, 9, 43 (1961)
3. Chung, B.S., Suzuki, H., Hayakawa, S., Kim, J.H. and Nishizawa, Y.: Studies on the plasma cholesterol-lowering component in *Coix*. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 35, 618 (1988)
4. Mika, A. and Nobuko, T.: Effects of Hotomugi(*Coix lachryma-jobi* L. var. *Ma-yuen*) on the blood pressure, cholesterol absorption and serum lipids level. *日本家政學雜誌*, 32, 89 (1984)
5. 이만길, 이성형: 儀以人的 약효성분 및 영양성분의 분석. 천연물화학연구보고, Vol.4, 영남대 (1977)
6. Ottoboni, L.M.M., Leite, A., Targon, M.L.M., Crozier, A. and Arruda, P.: Characterization of storage protein in seed of *Coix lacryma-jobi* var. *Adlay*. *J. Agric. Food Chem.* 38, 631 (1990)
7. 우자원: 울무와 염주의 단백질, 지방 및 식이섬유의 이화학적 특성에 관한 연구. 연세대학교 박사학위논문 (1989)
8. 최경주: 울무의 식품화 이용에 관한 연구. 천연물화학연구보고, 2, 23 (1974)
9. Fast, R.B.: Breakfast cereals; Processed grains for human consumption. *Cereal Foods World*, 32, 241 (1987)
10. 서기봉: 보리 이용도 개발연구(편의식품 제조시험). 농어촌개발공사 식품연구소 연구보고서 (1980)
11. 목철균, 이현유, 남영중, 서기봉: 보리 후레이크의 수분활성도가 crispness와 brittleness에 미치는 영향 및 품질수명의 결정. 한국식품과학회지, 13, 289 (1981)
12. American Association of Cereal Chemists. *Approved Methods of the AACC*. The Association: St. Paul, Minnesota (1983)
13. AOAC: *Official Methods of Analysis*. 14th ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC (1984)
14. Prosky, L., Asp, N., Schweizer, T.F., Devries, J. and Furda, I.: Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products; Interlaboratory study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 71, 1017 (1988)
15. Kainuma, K., Matsunaga, A., Itagawa, M. and Kobayashi, S.: New enzyme system-beta-amylase-pullulanase to determine the degree of gelatinization and retrogradation of starch or starch products. *J. Jap. Soc. Starch Sci.*, 28, 235 (1981)
16. 주현규, 조광연, 박충균, 조규성, 채수규, 마상조: 식품분석법. 유통문화사 (1989)
17. Anderson, R.A., Conway, H.F., Pfeifer, V.F. and Griffin, E.L.: Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Foods World*, 29, 732 (1969)
18. 우자원, 윤계순, 김형수: 울무와 염주전분의 이화학적 특성. 한국농화학회지, 28, 19 (1985)
19. Miller, R.C.: Continuous cooking of breakfast cereals. *Cereal Foods World*, 33, 284 (1988)

20. Chinnaswamy, R. and Hanna, M.A.: Relationship between amylose content and extrusion-expansion properties of corn starches. *Cereal Chem.*, **65**, 138 (1988)
21. Jackson, D.S., Gomez, M.H., Waniska, R.D. and Rooney, L.W.: Effects of single-screw extrusion cooking on starch as measured by aqueous high-performance size-exclusion chromatography. *Cereal Chem.*, **67**, 529 (1990)
- 
- (1994년 11월 16일 접수)