

산 · 학 · 연 논문

국산 및 중국산 울무의 이화학적 특성

이민지<sup>1</sup> · 김상은<sup>1</sup> · 이상원<sup>1</sup> · 염동민<sup>2</sup> · 이문조<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>희창유업 기술연구소

<sup>2</sup>양산대학교 호텔외식·조리학부 호텔식품제과제빵과

Quality Characteristics of Korean and Chinese Job's Tears  
(*Coicis lachryma-jobi*)

Min Ji Lee<sup>1</sup>, Sang Eun Kim<sup>1</sup>, Sang Won Lee<sup>1</sup>, Dong Min Yeum<sup>2</sup>, and Moon Jo Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Technical Research Center, Heechang Dairy Co., Ltd, Gyeongnam 626-230, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Hotel Food and Baking, Yangsan University, Gyeongnam 626-740, Korea

서 론

재료 및 방법

울무(*Coix lachryma-jobi* L. var. Ma-yeun Stapf)는 포아과에 속하는 1년 초로 벼과에 속하며 열대, 아열대, 온대남부에서 재배된다(1). 다른 곡류에 비해 단백질과 지질함량이 높고(2,3), 탄수화물 중 당질의 함량은 낮고 섬유소의 함량은 높은 것으로 알려져 있으며, 칼슘, 철분, 비타민 B1, 비타민 B2 등을 다량 함유하고 있어서 영양적으로 우수하고 건강보조식품이나 대체 식량 자원으로 적합하다고 하였다(4,5). 우리나라에서 생산되고 있는 울무 생산량의 85%가 경기도 연천군에서 재배 생산되고 있으며, 생산량 대부분이 울무쌀로 이용되고 있고 이 외에는 울무차 등으로 이용되고 있다(6). 또한 울무는 영양학적으로 혈장 콜레스테롤 및 중성지방 함량을 저하시키고 조직과 혈장간의 콜레스테롤 재분배를 담당하는 HDL-콜레스테롤 함량을 증가시켜 전체적인 지질대사에 관여한다고 보고하였다(7,8). 울무는 우리나라에서 약용으로 자양강장제, 이뇨제, 건위제, 진통제, 소염제 등에 효력이 있다고 알려져 있다. 이와 같이 영양학적으로 매우 우수한 울무는 식품으로서의 이용이 매우 제한적이었으며 이에 관한 연구가 미비한 실정이다. 이제까지 울무에 대한 연구내용을 보면 울무를 첨가한 식빵의 품질특성(5) 울무첨가 주약(9), 울무가루 첨가 죽의 특성(10), 울무첨가 절편의 품질특성(11) 등 조리과학적 연구가 대부분을 이루고 있으며, 울무에 대한 기본 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 실험에서는 중국산 울무와 국산 울무의 기계적, 이화학적 특성으로 평가하여 울무의 이용성을 증진시킬 수 있는 기초자료를 제시하고자 한다.

실험재료

본 실험에 사용한 중국산 및 국산 울무는 무진식품을 통해 구입하여 크기가 균일한 것을 선별하여 사용하였다. 실험에 사용된 시약은 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용하였다.

볶음조건 및 분쇄

울무의 볶음처리는 미리 소정의 온도로 조정된 볶음기(Rosto Pro 1, IMEX, Seoul, Korea) 드럼 내에 시료 500g를 넣고 볶음온도는 190, 210°C로 하고 각 온도에서 볶음시간은 15, 20, 25분의 조건으로 실험하였다(Table 1). 볶음이 완료되면 실온까지 냉각시켜 밀봉 포장하여 냉장보관하면서 분석에 사용하였다. 볶음 처리된 울무를 분쇄기(RT-08, Rong Tsong Precision Technology Co., Taiwan)로 분쇄하여 시료로 사용하였다.

일반성분 측정

일반성분은 AOAC법(11)에 따라 수분은 상압가열건조법, 회분은 직접회화법, 조단백질은 Semi-micro Kjeldahl 법으로 측정하였으며, 조지방은 Soxhlet으로 측정하였다. 탄수화물은 100에서 수분, 조회분, 조단백질, 조지방 함량을 뺀 값으로 하였고, 각 3회 반복하여 평균±표준편차로 표시하였다.

pH 및 색도 측정

pH는 시료 5g에 증류수 45mL을 가하여 잘 교반 후

\*Corresponding author. E-mail: lmj@heechang.co.kr  
Phone: 055-911-3070, Fax: 055-912-1212

**Table 1. Experimental design**

Sample code	Origin of Job's tears	Roasting temperature (°C)	Roasting time (min)
CJ-1	Chinese	190	15
CJ-2			20
CJ-3			25
CJ-4		210	15
CJ-5			20
CJ-6			25
KJ-1	Korean	190	15
KJ-2			20
KJ-3			25
KJ-4		210	15
KJ-5			20
KJ-6			25

원심분리기(HA-400, Hanil Science, Inchun, Korea)를 사용하여 원심분리 한 용액 중 상등액을 취하여 pH meter (K-360, kjelFlex, Flawil, Switzerland)로 측정하였으며, 표면색도는 Hunter 체계를 이용한 색차계(CR-300, Minolta, Osaka, Japan)를 사용하여 측정하였다. L값(lightness), a값(redness), b값(yellowness)을 3회 측정하여 평균값으로 나타냈다.

#### 갈변도 및 총당 측정

갈변도는 추출액 시료 일정량을 취하여 Spectrophotometer(UV-1201, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하여 나타내었다. 총당함량은 phenol-sulfuric acid법(12)에 따라 시료 1 mL에 5% 페놀 1 mL와 황산 5 mL를 가하여 발색시킨 다음 20분간 방치 후 Spectrophotometer를 이용하여 470 nm에서 흡광도를

측정하였다. 표준물질은 glucose를 이용하여 시료와 동일한 방법으로 분석하였으며, 표준 검량곡선으로부터 시료의 총당 함량을 계산하였다.

#### 총폴리페놀 함량 측정

총폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(13)을 응용하여 측정하였다. 즉, 시료 2 mL를 시험관에 취하고 Folin-Cioaltea's phenol reagent 2 mL를 혼합한 다음 실온에서 3분간 방치하였다. 그리고 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 2 mL 가하여 혼합하고 실온에서 1시간 반응시킨 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질은 gallic acid를 이용하여 시료와 동일한 방법으로 분석하였으며, 표준 검량곡선으로부터 시료의 총 페놀 함량을 계산하였다.

#### 통계처리

실험결과는 SAS프로그램(Version 8.0, Statistical Analysis System, Chicago, IL, USA)을 이용하여 통계 처리하였으며 모든 측정 항목에 대한 평균(mean)과 표준 편차(standard deviation, SD)를 산출하였다. 실험군 간의 유의성은 분산분석(ANOVA)과 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test에 의해 검정하였다.

#### 결과 및 고찰

##### 일반성분 함량

울무의 일반성분은 평균적으로 수분 2.0%, 조단백 17.5%, 조지방 7.2%, 전분 51.9%, 회분 2.3%이 함유된 것으로 알려져 있다. 볶음온도와 볶음시간에 따른 일반성분 결과는 Table 2와 같다. 수분함량은 볶음온도가 높아질수록,

**Table 2. proximate components of Korean and Chinese Job's tears by different roasted conditions**

Sample code <sup>1)</sup>	Moisture content (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	Crude ash (%)	Carbohydrates (%) <sup>1)</sup>
CJ-1	3.07±0.06 <sup>b3)</sup>	14.22±0.67 <sup>e</sup>	6.50±0.10 <sup>e</sup>	1.80±0.12 <sup>bac</sup>	74.41
CJ-2	1.77±0.01 <sup>d</sup>	14.87±0.02 <sup>d</sup>	6.70±0.12 <sup>de</sup>	1.79±0.05 <sup>bc</sup>	74.87
CJ-3	1.03±0.06 <sup>i</sup>	14.47±0.24 <sup>de</sup>	7.00±0.09 <sup>bcdac</sup>	1.81±0.10 <sup>bc</sup>	75.69
CJ-4	1.43±0.02 <sup>f</sup>	14.53±0.02 <sup>de</sup>	6.90±0.11 <sup>dadc</sup>	2.01±0.06 <sup>ba</sup>	75.13
CJ-5	1.17±0.03 <sup>g</sup>	15.46±0.12 <sup>c</sup>	7.20±0.09 <sup>bac</sup>	1.92±0.22 <sup>bac</sup>	74.25
CJ-6	1.03±0.01 <sup>i</sup>	15.35±0.13 <sup>c</sup>	7.20±0.08 <sup>bac</sup>	2.10±0.15 <sup>a</sup>	74.32
KJ-1	3.43±0.06 <sup>a</sup>	16.97±0.24 <sup>b</sup>	6.60±0.16 <sup>c</sup>	1.99±0.12 <sup>ba</sup>	71.01
KJ-2	2.43±0.05 <sup>c</sup>	17.41±0.1 <sup>a</sup>	6.80±0.19 <sup>de</sup>	1.80±0.01 <sup>bc</sup>	71.55
KJ-3	1.77±0.05 <sup>de</sup>	17.46±0.05 <sup>a</sup>	6.90±0.20 <sup>bcdac</sup>	1.70±0.10 <sup>e</sup>	72.17
KJ-4	1.53±0.01 <sup>f</sup>	17.55±0.37 <sup>a</sup>	7.30±0.05 <sup>bac</sup>	2.10±0.05 <sup>a</sup>	71.52
KJ-5	1.27±0.06 <sup>h</sup>	17.81±0.01 <sup>a</sup>	7.30±0.06 <sup>ba</sup>	1.90±0.10 <sup>ba</sup>	71.72
KJ-6	1.07±0.06 <sup>j</sup>	17.80±0.05 <sup>a</sup>	7.40±0.01 <sup>a</sup>	2.00±0.27 <sup>ba</sup>	71.73

<sup>1)</sup>Refer to comment in Table 1.

<sup>2)</sup>Carbohydrates (%)=100-(moisture+crude protein+crude lipid+crude ash).

<sup>3)</sup>Data are mean±SD of triplicate determinations.

<sup>a-j</sup>Values with the different superscript letters in each column are significantly different at p<0.05.

볶음시간이 길어질수록 수분함량이 감소하는 경향을 나타내었다. 중국산 울무의 경우 평균 1.58%의 수분함량을 나타내었으며, 국산 울무의 경우 평균 1.91%의 수분함량을 나타내었다. 수분함량이 감소하는 주된 원인이 수분증발이며, 증발속도는 온도에 비례하는 것으로 알려져 있다 (14). 단백질의 경우 볶음조건에 따라서 단백질 함량의 큰 차이는 보이지 않았으며, 중국산 울무의 경우 평균 14.82%, 국산 울무의 경우 평균 17.5%로 국산 울무의 단백질 함량이 더 높게 나타내었다. 지방함량의 경우 큰 변화를 보이지는 않았으나 중국산 울무보다 국산 울무의 지질함량이 높게 나타나는 경향을 나타내었다. 회분의 경우 평균 1.9%로 1.7~2.1%의 범위를 가졌으며 시료간의 유의적 차이는 없는 것으로 나타났다.

**pH 및 색도의 변화**

볶음조건별 pH를 측정된 결과는 Table 3과 같다. 볶음 온도, 볶음시간이 높아질수록 pH는 감소하는 경향을 나타내었으며, 국산, 중국산 울무에 따라서의 pH의 차이는 나타나지 않았다. 210°C, 25분의 조건에서 국산 울무 5.69, 중국산 울무 5.91로 pH 모두 가장 낮게 나타남을 알 수 있었다. pH의 감소는 볶음 중 산류 생성을 의미하며 울무의 경우 190°C 이상에서 산 생성 반응이 일어나는 것으로 사료된다. Kim 등(15), Park 등(16)은 pH가 낮아지면 갈변 반응이 촉진된다고 보고하였는데, 이는 유기산의 전구물질인 당이 열처리에 의해 환원당인 aldohexose의 aldehyde기가 산화되어 생성된 carboxyl기가 생성과 염기성 아미노산이 당과 결합하여 갈변반응에 관여함으로써 접착 가용의 염기성 아미노산이 감소로 판단된다(15,17).

볶음조건별 색도를 측정된 결과는 Table 3과 같다. L (lightness)값은 중국산 울무의 경우 62.8에서 37.9로, 국산

울무의 경우 57.9에서 37.0로 볶음온도, 볶음시간이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었으며, 그 감소정도는 190°C보다 210°C에서 큰 폭으로 감소함을 보였다. a(redness)값은 볶음온도, 볶음시간이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었으나, 시료간의 유의적 차이는 나타나지 않았다. b(yellowness)값은 볶음온도, 볶음시간이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었으며, 그 감소정도는 210°C, 25분의 조건에서 중국산 울무의 경우 5.91, 국산 울무의 경우 5.99로 큰 폭으로 감소하는 것으로 나타났다. 이상의 결과를 보면 밝기와 황색도는 볶음조건에 따라 높은 상관관계를 보여주었다. 이러한 색도의 증가는 고온의 볶음처리가 색도변화의 중요한 영향인자임을 알 수 있다.

**갈변도 및 총당의 변화**

환원당과 질소화합물을 함유한 식품을 가열하게 되면 이들 성분들은 감소하게 되고 갈변도는 증가되는데, 이것을 볶음과정의 중요한 지표로서 매우 중요하다(16) 볶음 조건별 갈변도를 측정된 결과는 Fig. 1과 같다. 볶음온도, 볶음시간이 높아질수록 중국산 울무는 1.12에서 3.01로, 국산 울무는 1.51에서 3.28로 증가하는 경향을 나타내었다. 중국산 울무가 국산 울무보다 볶음온도와 볶음시간에 따른 갈변도의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. 특히, 210°C, 25분의 조건에서 큰 폭으로 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 볶음처리온도가 증가할수록 갈변반응이 촉진되어 갈색 색소가 많이 생성됨을 보여 주고 있다. 식품의 갈변은 온도에 따라 영향을 받는 것으로 알려져 있다(18). Park 등(19)도 볶음온도가 높고 볶음시간이 길수록 갈변도의 값이 증가한다고 보고하였고, Hong 등(20)과 Lee 등(21)도 열처리 온도와 시간이 증가할수록 증가한다는 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다.

**Table 3. Changes in the color and pH in Job's tears roasted at different conditions from Korean and Chinese**

Sample code <sup>1)</sup>	Color			pH
	L*	a*	b*	
CJ-1	62.8±0.02 <sup>a2)</sup>	4.2±0.02 <sup>j</sup>	17.3±0.03 <sup>b</sup>	6.20±0.01 <sup>b</sup>
CJ-2	55.5±0.01 <sup>c</sup>	6.9±0.01 <sup>f</sup>	17.9±0.01 <sup>a</sup>	6.20±0.00 <sup>b</sup>
CJ-3	50.4±0.01 <sup>f</sup>	7.9±0.03 <sup>a</sup>	16.6±0.01 <sup>e</sup>	6.16±0.01 <sup>d</sup>
CJ-4	50.1±0.05 <sup>g</sup>	7.9±0.02 <sup>b</sup>	16.6±0.01 <sup>f</sup>	6.14±0.01 <sup>e</sup>
CJ-5	43.5±0.00 <sup>j</sup>	7.8±0.05 <sup>e</sup>	13.5±0.01 <sup>i</sup>	6.06±0.01 <sup>g</sup>
CJ-6	37.9±0.02 <sup>k</sup>	7.2±0.06 <sup>i</sup>	10.2±0.01 <sup>j</sup>	5.91±0.01 <sup>i</sup>
KJ-1	57.9±0.03 <sup>b</sup>	7.8±0.01 <sup>h</sup>	17.6±0.05 <sup>b</sup>	6.24±0.01 <sup>a</sup>
KJ-2	55.0±0.01 <sup>d</sup>	6.4±0.01 <sup>f</sup>	17.3±0.02 <sup>c</sup>	6.18±0.01 <sup>c</sup>
KJ-3	52.8±0.01 <sup>f</sup>	6.9±0.01 <sup>c</sup>	16.8±0.01 <sup>d</sup>	6.15±0.01 <sup>e</sup>
KJ-4	49.3±0.02 <sup>h</sup>	7.6±0.05 <sup>d</sup>	16.0±0.03 <sup>g</sup>	6.12±0.01 <sup>f</sup>
KJ-5	44.0±0.02 <sup>i</sup>	7.4±0.01 <sup>d</sup>	13.6±0.01 <sup>h</sup>	6.04±0.01 <sup>h</sup>
KJ-6	37.0±0.02 <sup>l</sup>	7.5±0.02 <sup>g</sup>	9.6±0.01 <sup>k</sup>	5.69±0.02 <sup>j</sup>

<sup>1)</sup>Refer to comment in Table 1.

<sup>2)</sup>Data are mean±SD of triplicate determinations.

<sup>a-k</sup>Values with the different superscript letters in each column are significantly different at p<0.05.

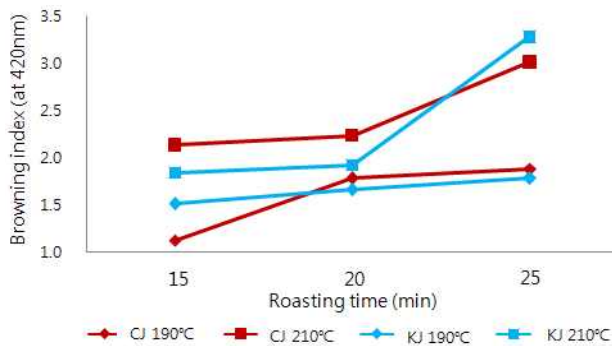


Fig. 1. Changes in the browning index in Job's tears roasted at different conditions from Korean and Chinese.

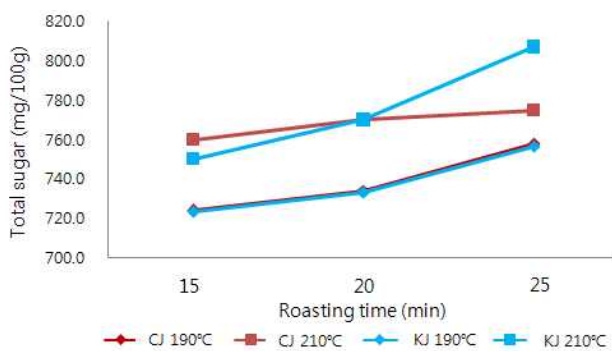


Fig. 2. Changes in the total sugar in Job's tears roasted at different conditions from Korean and Chinese.

볶음조건별 총당을 측정된 결과는 Fig. 2와 같다. 볶음 온도, 볶음시간이 높아질수록 증가하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 당질의 열수 추출수율을 결정하는 요인인 볶음처리에 따른 수용성 당질 함량과 조직구조의 변화에 기인된 것으로 생각된다(22). 중국산, 국산 울무의 종류에 따라서의 총당 함량의 차이는 크게 나타나지 않는 것으로 나타났다.

#### 총폴리페놀 변화

볶음조건별 총폴리페놀함량을 측정된 결과는 Fig. 3과 같다. 볶음온도, 볶음시간이 높아질수록 증가하는 경향을

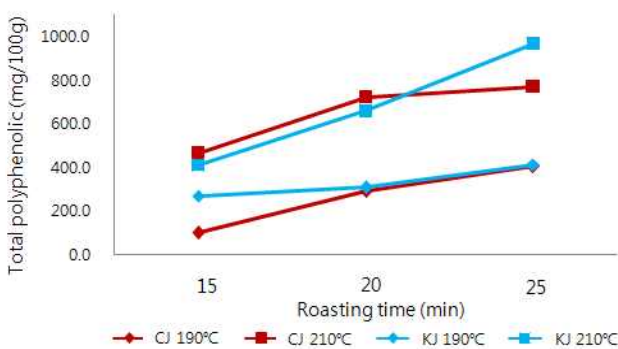


Fig. 3. Changes in the total polyphenolic in Job's tears roasted at different conditions from Korean and Chinese.

나타내었다. 중국산, 국산 울무 모두 210°C의 조건에서 폴리페놀함량이 중국산 울무의 경우 770 mg%, 국산 울무의 경우 966.3 mg%로 큰 폭으로 증가하는 것으로 나타났다. 한편 작물에 함유된 페놀성 물질은 항산화성과 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다(23). 열처리 시 열처리 온도가 증가할수록 총 폴리페놀 함량이 증가한다고 보고한 연구(24)와 유사하게 나타났다. 총 폴리페놀성 화합물은 가열온도와 처리시간이 증가할수록 함께 증가하는 경향을 나타내어 항산화 활성도 증가하는 것으로 보고되어 있으며, 이는 결합형 페놀성분이 가열처리에 의해 유리형으로 전환되어 용출이 용이해지거나 고분자 페놀화합물이 저분자 페놀화합물로 분해되어 총 페놀성 화합물의 함량이 증가하기 때문인 것으로 보고되어지고 있다(25-28).

#### 요 약

본 연구에서는 울무(국산, 중국산)를 볶음온도를 190°C, 210°C와 볶음시간 15, 20, 25분으로 처리하여 이화학적 특성 및 항산화능에 대하여 살펴보았다. 수분, 지방, 회분함량의 경우 볶음조건에 따라 큰 차이는 나타나지 않았고, 국내산과 중국산의 함량은 비슷하게 나타났다. pH의 경우 볶음온도, 볶음시간이 높아질수록 감소하는 경향을 나타내었다. 국내산, 중국산 울무에 따라서의 pH의 차이는 나타나지 않았다. 분말의 L값과 b값은 볶음온도가 높아짐에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 울무 분말의 갈변도 볶음온도, 볶음시간이 높아질수록 증가하였고, 중국산 울무가 갈변도의 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. 총당의 경우 볶음온도, 볶음시간이 높아질수록 증가하였고, 국내산, 중국산 울무에 따라서의 값의 차이는 나타나지 않았다. 페놀성 물질 함량도 볶음온도, 볶음시간이 길어질수록 증가하는 경향을 나타내었다. 국내산, 중국산 모두 210°C의 조건에서 큰 폭의 변화를 보였다.

#### 문 헌

1. Lee JE, Suh MH, Lee HG, Yang CB. 2002. Characteristics of Job's tear gruel by various mixing ratio, particle size and soaking time of Job's tear and rice flour. *Korean J Food Cookery Sci* 18: 193-199.
2. Jung YJ, Kim JK, Youn KS. 2006. Effect of roasting temperature on phytochemical properties of job's tears (*Coix lachry jobi* L. var *ma-yeun*) powder and extracts. *Korean J Food Preserv* 13: 477-482.
3. Chae KY. 2009. Quality characteristics of glutinous rice Dasik by the addition of Job's tears flour. *Korean J Food Cookery Sci* 25: 1-6.
4. Kim HK, Cho DW, Hanm YT. 2000. The effects of Coix Bran on lipid metabolism and glucose challenge in hyper-

- lipidemic and diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 140-146.
5. Park GS, Lee SJ. 1999. Effects of Job's tears powder and green tea powder on the characteristics of quality of bread. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 1244-1250.
  6. Yoon WB, Kim BY, Shin DH. 1997. Viscosity and drying rheological of Job's tears as a function of moisture content. *Korean J Food Sci Technol* 29: 932-938.
  7. Chung BS, Suzuki H, Hayakawa S, Kim JH, Nishizaawa Y. 1988. Studied on the plasma cholesterol-lowering component in *Coix*. *J Japan Food Technol* 35: 618.
  8. Park YJ, Lee YS. 1988. Effect of *Coix* on plasmal cholesterol and lipid metabolism in rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 21: 88-98.
  9. Paik JE, Chun HJ. 1989. A study on Ju-ak as affected by adlay flour. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 1244-1250.
  10. Chae KY, Hong JS. 2007. The quality characteristics of Jeolpyon with different amounts of Job's tears flour. *Korean J Food Cookery Sci* 23: 770-776.
  11. AOAC. 1980. *Official methods of analysis*. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA. Chapter 32, p 5.
  12. Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Revers PA, Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal Chem* 28: 350-356.
  13. Lee JH, Lee SR. 1994. Analysis of phenolic substances content in Korean plant foods. *Korean J Food Sci Technol* 26: 310-316.
  14. Sastry SK, Baird CD, Buffington DE. 1978. Transpiration rates of certain fruits and vegetable. *ASHRAE Transactions* 84: 237-255.
  15. Kim WJ, Yang JW, Sung HS, Choi JH, Hong SK. 1981. Quality changes in red ginseng extract during high temperature storage. *J Korean Agric Chem Soc* 24: 50-58.
  16. Park MH, Kim KC, Kim JS. 1993. Changes in the physicochemical properties of ginseng by roasting. *J Ginseng Res* 17: 228-231.
  17. Saunders J, Jervis F. 1996. The role of buffer salts in non-enzymatic browning. *J Sci Food Agric* 17: 245-249.
  18. Kim HR, Seog EJ, Lee JH, Rhim JW. 2007. Physicochemical properties of onion powder as influenced by drying methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 342-347.
  19. Park JH, Kim KJ, Kim JC, Kim SJ, Park SD. 2000. Effects of roasting conditions on components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed. *Korean J Medicinal Crop Sci* 8: 194-200.
  20. Lee JW, Lee SK, Do JH, Shim KH. 1998. Characteristics of the water soluble browning reaction of Korean red ginseng as affected by heating treatment. *J Ginseng Res* 22: 193-199.
  21. Hong HD, Kim YC, Rho JH, Kim KT, Lee YC. 2007. Changes on physicochemical properties of *Panax ginseng* C.A. Meyer during repeated steaming process. *J Ginseng Res* 31: 222-229.
  22. Lee GD, Yoon SR, Kim JO, Hur SS, Seo KI. 2004. Monitoring on the tea with steaming and drying process of germinated buckswheat. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 212-217.
  23. Kim YE, Kim IH, Jung SY, Jo JS. 1996. Changes in components and sensory attribute of the oil extracted from perilla seed roasted at different roasting conditions. *Agric Chem Biotech* 39: 118-122.
  24. Kim HY, Woo KS, Hwang IG, Lee YR, Jeong HS. 2008. Effects of heat treatments on the antioxidant activities of fruits and vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 40: 166-170.
  25. Yoon SR, Lee MH, Park JH, Lee JS, Kwon JH, Lee GD. 2005. Changes in physicochemical compounds with heating treatment of ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 1572-1578.
  26. Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Sci Food Agric* 50: 3010-3014.
  27. Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of *Shiitake* mushroom. *Food Chem* 99: 381-387.
  28. Turkmen N, Sari F, Velioglu YS. 2005. The effects of cooking methods total phenolic and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chem* 93: 713-718.