

고품질 울무추출액 제조를 위한 볶음공정의 최적화

정현식¹ · 윤광섭[†]

대구가톨릭대학교 식품외식산업학부, ¹경북대학교 식품생물산업연구소

Optimization of Roasting Process for Preparation of Water Extracts from Job's tears (*Coicis lachryma-jobi*)

Hun-Sik Chung¹ and Kwang-Sup Youn[†]

Department of Food Science and Technology, Catholic University of Daegu, Gyungsan 712-702, Korea

¹Food & Bio-industry Research Institute, Kyungpook University, Daegu 702-701, Korea

Abstract

This study was conducted to optimize roasting process of Job's tears for utilization as food. Optimal condition for roasting was investigated with changes in temperature and time by response surface methodology. The qualities of water extracts such as browning degree, polyphenol and DPPH radical scavenging ability were affected more by roasting temperature than time. The values increased with temperature and time proportionally. The response variables were more significant with temperature than time and the established polynomial model was suitable ($P>0.05$) model by Lack-of-Fit analysis. Optimal roasting conditions with the limits of 0.2~0.3 browning degree, 2.0~2.5 $\mu\text{g/mL}$ polyphenol, 30~40 % DPPH radical scavenging ability and 0~100 hue angle were 215 $^{\circ}\text{C}$ and 32 min.

Key words : Job's tears, roasting, extracts, RSM

서 론

울무는 약용식물이나 식용, 사료용으로도 재배되고 있으며 정백하여 밥이나 죽으로 먹는데 쌀과 비슷한 맛을 가지고 있다. 울무에는 녹말 외에 단백질, 지방, 비타민 B, 철분 등이 많이 함유되어 있어 신진대사를 돕는 작용을 하며, 정백한 것을 의이인이라 하여 한방에서는 강장, 이뇨 등에 처방한다. 울무는 그대로 먹기도 하고 가루로 만드는 등 여러 가지 식용방법이 있는데, 울무차는 껍질을 벗기지 않은 울무를 볶아서 달이거나 가루를 더운 물에 타서 마시는데 향기로운 풍미가 있다.

식품가공분야에서 볶음처리는 식물성 유지의 추출수를 증가(1)나 음용차의 고유한 향미와 색을 얻기 위한 수단(2)으로 사용되고 있다. 볶음처리시 가장 중요한 것은 품질을 결정하는 요인인 볶는 온도와 시간이며 이들이 제품에 미치

는 정량적 영향 규명이 적절하게 수행되어야 제품의 고품질화가 가능하다고 할 수 있다.

근래에 들어 밝혀진 울무의 약리 및 기능성으로는 항암작용(3), 혈당강하작용(4), 소염작용(5), 혈중콜레스테롤 저하작용(6), 항산화 및 돌연변이억제 작용(7), 면역세포 활성화 작용(8), α -amylase(9) 및 tyrosinase(10) 저해작용 등이 있다. 울무의 성분특성으로는 전분의 이화학적 특성(11) 및 가공적성(12), 저장중 지방산 조성변화(13), 함유 아미노산, 지질 및 식이섬유 성분 분석(14) 등이 보고되었다. 한편 울무를 활용한 가공식품의 제조에는 떡(15), flake(16), 국수(17), 식빵(18), yoghurt(19), 죽(20), 탁주(21) 등이 연구되었다. 그러나 볶음조건에 따른 울무의 이화학적 특성 및 항산화성에 대한 연구는 미미한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 울무의 볶음조건의 정량적 확립 및 식품분야에서 활용확대 방안을 모색하고자 볶음 온도와 시간이 울무 추출액의 품질특성에 미치는 영향을 분석하여 볶음공정을 반응표면분석법으로 최적화하여 최적조건을 얻고자 본 연구를 수행하였다.

[†]Corresponding author. E-mail : ksyoun@cu.ac.kr,
Phone : 82-53-850-3209, Fax : 82-53-850-3209

재료 및 방법

재료

울무는 2004년 경북 상주지역에서 생산 및 가공된 것을 구입하여 기형이나 흠집이 없고 크기가 균일한 것을 선별하여 실험에 사용하였다.

볶음방법

울무의 볶음처리는 미리 소정의 온도로 조정된 볶음기 (Roaster 1K, 태환자동화산업, 한국) 드럼내에 시료 500 g을 넣고 80 rpm의 속도에서 실시하였다. 이때 볶음온도는 150, 170, 190, 210, 230°C로하고 각 온도에서 볶음시간은 5, 15, 25, 35, 45분으로 하였다. 볶음이 완료되면 즉시 시료를 드럼에서 꺼내어 송풍기로 실온까지 냉각시킨 다음 polyethylene bag으로 밀봉포장하여 냉장보관하면서 분석에 사용하였다.

분쇄 및 추출 방법

볶음처리된 울무를 분쇄기로 분쇄하고 체질(40 mesh)하여 분말 시료를 제조하였다. 추출은 분말시료와 증류수를 일정비(1 g : 20 mL)로 혼합하여 24시간 실온에서 추출한 후 원심분리하여 추출액 시료를 제조하였다.

갈변도 측정

갈변도는 추출액 시료 일정량을 취하여 spectrophotometer (UV1601, Shimadzu, Japan)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하여 나타내었다.

색도 측정

색도는 색차계(CR 200, Minolta Co., Japan)를 이용하여 L, a, b 및 Hue angle 값을 각각 측정하였다.

총폴리페놀함량 측정

총폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(22)에 따라 측정하였다. 즉, 시료 액 5 mL를 취하여 Folin-Denis reagent 5 mL를 가하고 3분간 정치한 다음 10% Na₂CO₃ 용액 5 mL를 가하였다. 이 혼합액을 1시간 동안 정치한 후 spectrophotometer (UV1601, Shimadzu, Japan)를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였고, gallic acid 표준품으로 검량선(R²=0.9954)을 작성하여 정량하였다.

DPPH유리기 소거능 측정

1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity는 Blois의 방법(23)으로 측정하였다. 즉, 추출액 0.2 mL에 에탄올에 용해한 4×10⁻⁴M DPPH 용액 0.8 mL에 에탄올 2.8 mL을 혼합한 것을 가하고 10초간 강하게 진탕하고 10분간 정치한 후에 spectrophotometer(UV1601, Shimadzu,

Japan)를 이용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 소거 활성은 다음 식으로 계산하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = (1 - \text{시료의 흡광도} / \text{대조구의 흡광도}) \times 100$$

볶음공정의 최적화 실험계획

반응표면분석법을 이용하여 볶음공정의 최적화를 실시하였다. 즉, 볶음온도와 시간을 요인변수로 하여 Table 1과 같이 -2, -1, 0, +1, +2의 다섯 단계로 부호화하였다. 또 추출액의 품질특성에 관련된 반응변수(Y_n)로는 갈변도(Y₁), L(Y₂), a(Y₃), b(Y₄), hue angle(Y₅), total polyphenol(Y₆), DPPH 소거능(Y₇)이었으며 2개의 요인변수를 5수준으로 하는 실험영역으로 10개의 선정된 조건에서 실험을 실시하였다. SAS (Statistical Analysis System)의 RSREG procedure를 사용하여 울무의 품질특성이 최대가 되게 하는 최적조건을 설정하는 최적화를 시도하였다.

Table 1. Levels of roasting conditions in experimental design for Job's tears

X _i	Roasting condition	Level				
		-2	-1	0	1	2
X ₁	Temperature (°C)	150	170	190	210	230
X ₂	Time (min.)	5	15	25	35	45

결과 및 고찰

볶음온도와 시간에 따른 추출액의 품질 변화

울무 볶음공정의 최적조건을 얻기 위하여 볶음온도와 시간에 따라 처리하여 추출한 추출액의 품질특성을 조사하여 얻은 결과를 Table 2에 나타내었다. 24시간 실온에서 추출하여 얻은 추출액의 갈변도는 0.07에서 0.21, 폴리페놀 함량은 0.91에서 2.50 µg/mL 사이였으며 DPPH 소거능은 12에서 33%사이였다. 추출액의 종합적인 색을 나타내는 hue angle값은 96에서 289사이의 값을 나타내었는데 이 값은 90이면 yellow, 180이면 green, 270은 blue, 360은 red의 색을 나타낸다.

볶음조건에 따른 품질특성의 변화를 Fig. 1에 나타내었는데, 울무추출액의 갈변도는 추출온도가 높아지고 시간이 증가할수록 증가하는 경향을 보여 고온 장시간의 볶음처리에 의하여 수용성 갈변 물질의 생성이 많아짐을 알 수 있었는데 이런 갈변생성물은 항산화효과 있는 것으로 알려져 있다(24). 추출액의 종합적인 색을 나타내는 hue angle 값이 0에서 100사이로 red와 yellow 사이의 색상이 나타나는 볶음처리 조건은 190°C 이상의 온도와 20분간 이상인 것으로

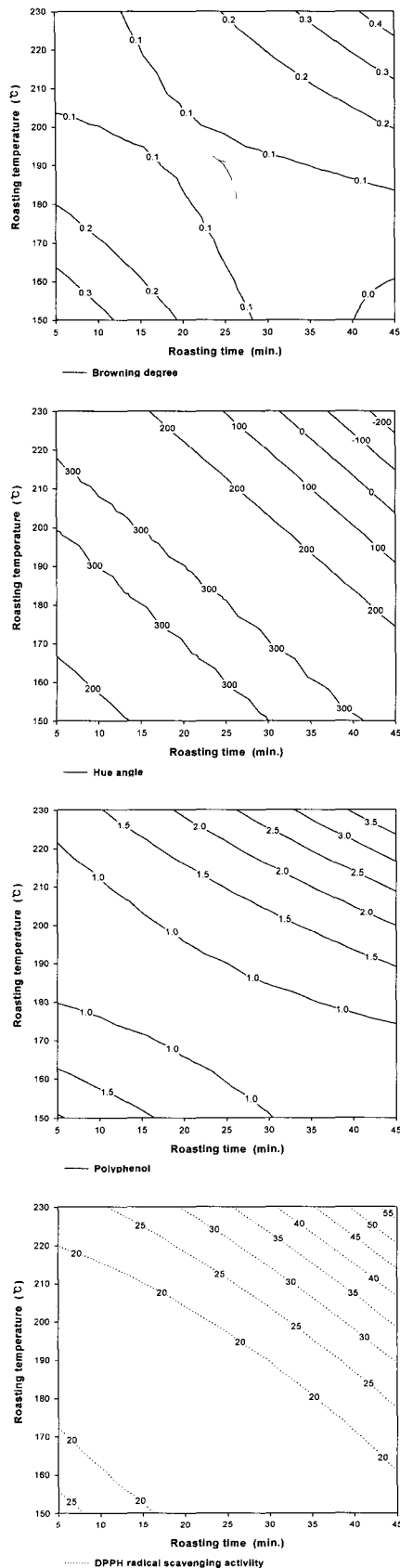


Fig. 1. Contour maps of response variables for roasting temperature and time of Job's tears.

Table 2. Experimental data for browning degree, Color(L, a, b, hue angle), polyphenol and DPPH of Job's tears water extracts for different coded values of roasting conditions(see Table 1)

No.	Temp.	Conc.	Variables						
			Browning degree	L	a	b	Hue angle	Polyphenol $\mu\text{g/mL}$	DPPH %
1	170	15	0.17	79.70	0.84	-3.05	285.3	0.91	12.02
2	170	35	0.09	83.14	0.63	-2.96	282.0	1.10	15.59
3	210	15	0.07	80.79	0.49	-2.01	283.6	0.81	18.82
4	210	35	0.20	80.95	-0.07	0.50	97.9	2.04	33.47
5	190	25	0.07	81.59	0.38	-1.78	282.0	0.91	20.30
6	190	25	0.08	81.05	0.47	-1.36	289.0	1.08	18.95
7	230	25	0.21	80.76	-0.12	1.03	96.60	2.50	33.47
8	150	25	0.11	82.60	0.82	-3.30	283.8	1.07	19.35
9	190	45	0.11	81.98	-0.05	0.14	109.6	1.34	29.84
10	190	5	0.16	81.81	0.74	-3.18	283.0	1.00	19.49

나타났다. 볶음조건에 따른 추출물의 폴리페놀 함량을 살펴보면 추출온도와 시간이 증가할수록 함량이 증가하는 것으로 나타났으며 DPPH유리기 소거능은 살펴보면 폴리페놀 함량과 유사한 경향으로 고온과 장시간의 볶음 처리에 의하여 소거능이 증가함을 나타내었는데 이와 같은 결과는 Kim 등(25)이 보고한 등글레의 볶음처리에 의하여 항산화성이 증가한다는 연구결과와 유사하였다. 대부분의 품질특성이 일정조건 이상부터는 볶음온도의 증가와 시간의 증가에 따라 비례적으로 값들이 증가하는 경향을 나타내었다.

볶음조건의 최적화

울무의 최적 볶음조건을 찾기 위하여 Table 2의 실험결과를 이용하여 반응표면분석법에 의해 수립된 2차 회귀모형에 적합하여 얻은 회귀계수값들을 Table 3에 나타내었다. 이들 계수값을 이용하여 반응변수의 예측은 물론 반응표면의 형성도 가능하다(26). 측정된 변수 모두 전반적으로 높은 결정계수값을 가졌으며 이들 변수 중 추출액의 색상을 나타내는 L, a, b 값과 hue angle 모두 높은 유의 수준과 결정계수를 가졌으나 이중 종합적인 색을 나타내는 hue angle을 변수로 선정하였다. 폴리페놀함량과 DPPH 소거능은 5%이내의 유의성을 갖는 것으로 나타나 변수로 선정하였으며, 갈변도는 결정계수가 0.8412(p=0.0933)로 다소 낮았으나 중요한 품질인자로 보고 목적변수로 선정하여 최적화를 시도하였다.

각 반응변수에 미치는 독립변수의 영향을 살펴본 결과를 Table 4에 나타내었다. Han 등(27)은 들깨잎차의 제조시 온도와 시간 모두 유의성이 있다고 보고하였으나 본 실험에서는 볶음시간 보다는 볶음온도가 중요한 변수로 나타났으며 볶음시간도 추출물의 색도에 대하여는 5%이내의 유의

Table 3. Regression coefficients of second order polynomials^{a)} representing relationships between indicated response variables (Y_n) and independent variables of roasting temperature(i or j=1) and time(i or j=2)

Coefficients	Variables						
	Browning degree	L	a	b	Hue angle	Polyphenol µg/mL	DPPH %
β ₀	3.043	76.413	-1.206	13.074	-2518	22.035	212.846
β ₁	-0.024	-0.031	0.022	-0.153	25.85	-0.206	-1.914
β ₂	-0.057	0.725	0.077	-0.519	49.93	-0.252	-3.030
β ₁₁	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.059	0.001	0.005
β ₁₂	0.000	-0.004	0.000	0.003	-0.023	0.001	0.014
β ₂₂	0.000	0.002	0.000	0.000	-0.022	0.001	0.015
Pro>F	0.0933	0.2626	0.0041	0.0027	<0.0001	0.0373	0.0327
R ²	0.8412	0.9861	0.9814	0.9748	0.9989	0.9029	0.9094

$$^a) Y_n = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \beta_{ij} X_i X_j + \epsilon$$

성이 있는 것으로 나타났다. 분산분석한 결과를 알아보면 결과 대부분의 변수에 대하여 높은 유의성을 나타내었으며 수립된 이차 회귀식에 대한 적합성 결여분석 결과 반응변수 모두 유의성이 없어(P>0.05) 수립된 반응표면 모형이 통계적으로 유의하다고 할 수 있으며 특히, 갈변도와 L값을 제외한 반응변수는 일차항만으로도 회귀식을 수립할 수 있을 것으로 생각된다(data not shown).

Table 4. Analysis of variance showing significance of effects of processing variables on browning degree, color properties, polyphenol and DPPH of Job's tears water extracts

Process variables	DF	F-Ratio						
		Browning degree	L	a	b	Hue angle	Polyphenol µg/mL	DPPH %
Roasting temperature	3	6.88*	2.50	43.59**	35.77**	765.80***	10.29*	9.49*
Roasting time	3	4.64	2.32	28.94**	18.99**	706.53***	3.34	5.63

*Significant at 5% ** Significant at 1% *** Significant at 0.1%.

주어진 실험구간에서 예측한 정상점과 이때의 실험조건을 Table 5에 나타내었다. Hue angle과 DPPH 소거능에 대하여는 최대 최소값이 실험구간내에서 나타났으나 나머지 변수에 대하여는 정상점이 안장점으로 나타나 능선분석을 통하여 주어진 실험구간내에서의 최대값을 갖는 실험조건을 얻었다. 폴리페놀의 함량의 최대 예측값은 2.78 µg/mL으로 이때의 조건은 224℃와 35분으로 나타났으며, DPPH 소거능을 최대로 하는 조건은 221℃와 37분의 조건에서의 처리에 의하여 41.3%의 효과를 갖는 것으로 예측되었는데 볶음처리에 따른 melanoidin의 생성으로 이러한 항산화 효과가 있는 것으로 알려지고 있다(25).

Table 5. Predicted levels of process variables yielding optimum response of browning degree, color properties, polyphenol and DPPH of Job's tears water extracts

Process variables	Levels for optimum response						
	Browning degree	L	a	b	Hue angle	Polyphenol µg/mL	DPPH %
Roasting temperature	198.16 (221.61) ¹⁾	194.46 (162.15)	172.73 (150.17)	168.30 (221.27)	153.47 (153.83)	178.86 (224.75)	166.55 (221.02)
Roasting time	18.60 (37.26)	20.79 (39.36)	2.01 (23.16)	11.88 (37.47)	33.72 (33.54)	21.67 (34.90)	25.02 (37.63)
Predicted value	0.09 (0.28)	80.97 (84.34)	0.81 (0.86)	-2.92 (2.45)	307.41 (307.41)	0.88 (2.78)	15.55 (41.33)
Morphology	S.P. ²⁾ (Max)	S.P. (Max.)	S.P. (Max)	S.P. (Max.)	Max. (Max.)	S.P. (Max.)	Min. (Max.)

¹⁾The predicted conditions in parentheses are gained ridge analysis.

²⁾S.P.=Saddle Point.

최적조건의 선정

일반적으로 울무차는 울무를 볶음처리한 후 열수로 추출하여 마시게 되는데 이때 볶음처리에 따라 유용물질의 생성과 함께 추출수율의 증가가 있게 된다. 울무 볶음처리시 추출물의 유용성분을 최대로 할 수 있는 최적조건을 선정하기 위하여 반응표면 분석법으로 최적조건을 얻고자 하였다. 반응표면 분석법에 의하여 얻어진 각 반응변수의 등고선도를 중첩시킴으로서 목적하는 최적조건을 선정할 수 있는데(28), 이때 각 반응변수의 적절한 제한 요건이 제시되어야 한다. 갈변도와 hue angle, 폴리페놀, DPPH 소거능을 종속변수로 선정하고 이때의 제한조건을 주어진 실험구간에서 최대가 되는 조건으로 하였다. 즉, 갈변도는 0.2에서 0.3사이, 폴리페놀함량은 2.0에서 2.5 µg/mL사이, DPPH 소거능은 30에서 40%로 하였으며 hue angle은 0에서 100사이로 red와 yellow 사이의 색상으로 하였다(Fig. 2). 이 조건을 만족하는 볶음처리 조건은 Table 6에서와 같이 215℃, 32분으로 나타났다.

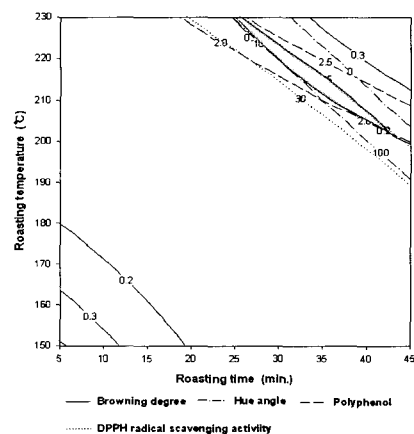


Fig. 2. Superimposed of contour map by response variables under browning degree is 0.2~0.3, hue angle is 0~100, polyphenol is 2.0~2.5 µg/mL and DPPH is 30~40 %.

Table 6. Optimum roasting conditions for maximum responses of browning degree, hue angle, polyphenol and DPPH of Job's tears by superimposing their contour maps

Roasting condition	Range of optimum condition	Optimum condition
Roasting temperature	200 ~ 230 °C	215
Roasting time	25 ~ 40 min.	32

요 약

율무의 볶음 온도와 시간이 율무 추출액의 품질특성에 미치는 영향을 분석하기 위하여 볶음공정을 반응표면분석법으로 최적화하였다. 볶음 온도와 시간이 증가함에 따라 추출액의 갈색도와 폴리페놀함량 및 DPPH 소거능이 증가하는 경향을 나타내었으며 색도는 붉은 색을 나타내었다. 측정된 변수에 대하여 수립된 회귀식은 높은 결정계수값을 가졌으며, 볶음시간 보다는 온도가 더 중요한 변수로 작용하였고, 수립된 이차 회귀식에 대한 적합성 결여분석 결과 수립된 반응표면 모형이 통계적으로 유의하였다. 폴리페놀의 함량의 최대 예측값은 2.78 µg/mL으로 이때의 조건은 224°C와 35분이었으며, DPPH 소거능을 최대로 하는 조건은 221°C와 37분의 조건에서 41.3%의 효과를 갖는 것으로 예측되었다. 율무 추출액의 갈변도가 0.2 에서 0.3사이, 폴리페놀함량은 2.0에서 2.5 µg/mL사이, DPPH 소거능은 30에서 40%로, hue angle은 0에서 100사이인 조건을 만족하는 볶음처리 조건은 볶음온도 215°C, 볶음시간은 32분으로 나타났다.

참고문헌

- Kim, Y.E., Kim, I.H., Jung, S.Y. and Jo, J.S. (1996) Changes in components and sensory attribute of the oil extracted from perilla seed roasted at different roasting conditions. *Agri. Chem. Biotech.* 39, 118-122
- Ryu, K.C., Chung, H.W., Kim, K.T. and Kwon, J.H. (1997) Optimization of roasting conditions for high-quality *polygonatum odoratum* tea. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 29, 776-783
- Numata, M.A., Yamamoto, M. and Yamada, H. (1994) Antitumor components isolated from the Chinese herbal medicine *Coix lachryma-jobi*. *Planta Med.* 60, 356-359
- Takahashi, M., Konno, C. and Hikino, H. (1986) Isolation and hypoglycemic activity of coixans A, B and C glycans of *Coix lachryma-jobi* L. var. *ma-yuen* seeds. *Planta Med.* 52, 64- 68

- Han, Y.N., Yun, H.K., Park, J.H. and Ryu, S.Y. (1996) Development physiologically active substances from seeds of *Coix lachryma-jobi* L. var. *ma-yuen*. *J. Agri. Sci.* 38, 21-29
- Park, Y.J., Lee, Y.S. and Suzuki, H. (1988) Effect of coix on plasma cholesterol and lipid metabolism in rats. *Korean J. Nutr.* 21, 88-92
- Kwak, C.S., Lim, S.J., Kim, S.A., Park, S.C. and Lee, M.S. (2004) Antioxidative and antimutagenic effects of Korean Buckwheat, Sorghum, Millet and Job's tears. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33, 921-929
- Ryu, H.S. and Kim, H.S. (2005) Effects of Job's tear extracts on mouse immune cell activation. *J. Korean Dietetic Association*, 11, 44-50
- Ary, M.B., Richardson, M. and Shewry, P.R. (1988) Purification and characterization of an insect α -amylase inhibitor/endochitinase from seeds of Job's tears. *Biochim Biophys Acta*, 999, 260-266
- Kim, J.K. and Lee, H.S. (2000) Tyrosinase-inhibitory and radical scavenging activities from the seeds of *Coix lachryma-jobi* L. var. *ma-yuen* Stapf. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32, 1409-1413
- Woo, J.W., Yoon, G.S. and Kim, H.S. (1985) Physicochemical properties of *Yullmoo* and *Yeomjoo* starches. *J. Korean Agri. Chem. Soc.*, 28, 19-26
- Shin, M.J. and Ahn, M.S. (1987) A study on food scientific characteristics of the Job's tears flour. *Korean J. Soc. Food Sci.*, 3, 59-66
- Han, J.S., Rhee, S.H. and Cheigh, H.S. (1989) Changes of fatty acid composition of lipid in raw and processed adlay powder during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 21, 697-705
- Woo, J.W., Lee, M.S., Lee, H.J. and Kim, H.S. (1989) Comparative studies on the dietary fiber, amino acids and lipid components of *Yullmoo* and *Yeomjoo*. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 21, 269-275
- Paik, J.E. and Chun, H.J. (1989) A study on *Ju-ak* as affected by adlay flour. *Korean J. Soc. Food Sci.*, 5, 19-23
- Lee, Y.T., Seog, H.M., Kim, S.S., Hong, H.D. and Kim, K.T. (1995) Functional characteristics of Job's-tears flakes subjected to varying degree of heating. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 27, 640-645
- Park, K.D. (1995) A Study of dried noodles prepared from composite flours utilizing Job's tears and wheat flour. *Korean J. Food Nutr.*, 8, 325-329
- Park, G.S. and Lee, S.J. (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
19. Kim, S.B. and Lim, J.W. (2000) Studies on the manufacture of adlay yoghurt. I. The physicochemical and microbiological properties of adlay yoghurt. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.*, 20, 56-63
 20. Lee, J.E., Suh, M.H., Lee, H.G. and Yang, C.B. (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. Soc. Food Cookery Sci.*, 18, 193-199
 21. Shin, S.Y., Suh, S.H., Cho, W.D., Lee, H.K. and Hwang, H.J. (2003) Analysis of volatile components in Korean rice wine by the addition of *Yulmoo*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 32, 1206-1213
 22. Lee, J.H. and Lee, S.R. (1994) Analysis of phenolic substances content in Korean plant foods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26, 310-316
 23. Blois, M.S. (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*. 181, 1199-1204
 24. Kim, J.K. (1994) Effect of roasting conditions on volatile compounds and physicochemical characteristics in *Cassia tora* seeds. Ph. D. Thesis. Kyungpook National University.
 25. Kim K.T., Kim, J.O., Lee, G.D. and Kwon, J.H. (2005) Antioxidative and nitrite scavenging activities of *Polygonatum odoratum* root extracts with different steaming and roasting conditions. *Korean J. Food Preserv.*, 12, 166-172
 26. Oh, H.L., Oh, S.J. and Kim, J.M. (1997) Optimization of crude papain extraction from papaya latex using response surface methodology. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 29, 509-515
 27. Han, H.S., Park, J.H., Choi, H.J., Sung, T.S., Woo, H.S. and Choi, C. (2004) Optimization of roasted perilla leaf tea using response surface methodology. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 47, 96-106
 28. Youn, K.S. and Choi, Y.H. (1997) Optimization for the process of osmotic dehydration of carrots using response surface methodology. *Food Engineering Progress.*, 1, 35-41

(접수 2005년 12월 10일, 채택 2006년 3월 31일)