

등굴레 근경의 가열조건에 따른 갈변반응 특성의 모니터링

박난영 · 정용진* · 이기동** · 권중호†

경북대학교 식품공학과

*계명대학교 식품가공학과

**경북과학대학 첨단발효식품과

Monitoring of Maillard Reaction Characteristics under Various Roasting Conditions of *Polygonatum odoratum* Root

Nan-Young Park, Yong-Jin Jeong*, Gee-Dong Lee** and Joong-Ho Kwon†

Dept. of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

*Dept. of Food Science and Technology, Keimyung University, Taegu 704-701, Korea

**Dept. of Fermented Food, Kyongbuk College of Science, Chilgok 718-850, Korea

Abstract

Response surface methodology (RSM) was used for monitoring the changes in browning reaction and organoleptic quality of roasted *Polygonatum* roots under various of roasting conditions. Total free sugar decreased up to 130°C, but increased above 130°C. The amounts of total free amino acids decreased in proportional to the roasting temperature and time. Threonine, glycine and serine decreased by about 91~94% under the roasting conditions. Browning color intensity of water extracts increased with the roasting time up to around 18 min, but decreased over 18 min. The optimum conditions based on overall palatability of the roasted *Polygonatum* roots were 130°C and 15 to 25 min. Organoleptic qualities of the roasted samples showed higher correlations with the changes in free amino acids.

Key words: *Polygonatum*, free amino acid, free sugar, organoleptic quality, correlation coefficient

서 론

백합과의 등굴레(*Polygonatum odoratum*) 근경은 접액질이 풍부하고 전분질, 아미노산, 알카로이드 등의 성분을 많이 함유하고 있다(1). 옛부터 등굴레 근경은 자양강장, 당뇨, 갈증해소, 폐결핵 등에 효능이 있다고 보고되었고(2), 근경을 건조 후 볶음처리할 경우 그 풍미가 구수한 승농맛을 내므로 전통차로 가공되어 이용되었다. 등굴레 근경에 대한 연구로는 추출물에서의 혈당강하 효과(3), 왕등굴레의 에테르와 에탄올 엑기스의 생약학적 연구(4), 시판되고 있는 등굴레차의 향기성분을 분리하여 glucose와 threonine으로 향기생성 모델링 실험(5), 황정중의 전분에 대한 물리화학적 특성에 대한 연구(6), 등굴레차의 고품질화를 위한 볶음조건의 최적화(7) 등의 연구가 보고되어 있다.

식품가공에서 볶음처리는 제품에 고유한 향미와 색을 얻기 위한 원료의 가공방법으로 대표적인 예는 coffee, cocoa, 보리차, 등굴레차 등을 들 수 있다. 볶음처리시에는 식품성분 중 환원당과 질소화합물이 갈색화 반응을

일으켜 갈색색소와 향기성분을 생성하며, 이 때 생성된 Maillard 반응 생성물들은 항산화성, 항돌연변이원성 등 여러 가지 생리활성을 나타내는 것으로 밝혀지고 있다(8). 이와 같이 볶음 공정을 거치는 차류의 고유한 향미는 볶음과정에서 생성되므로, 볶음온도와 볶음시간은 차류의 품질을 결정하는 가장 중요한 공정인자가 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 등굴레차의 구수한 향기성분의 생성 특성을 연구하면서 가열조건에 따른 갈변반응기질과 관능적 품질의 동적변화를 모니터링하고 이들의 상관관계를 분석하였다.

재료 및 방법

재료 및 가열처리

본 실험에 사용된 등굴레(*Polygonatum odoratum*) 근경은 1998년 12월경 경남 함양에서 채취한 후 수세하여 일정한 크기(2×2 mm)로 절단하여 동결건조하고 -20°C 이하의 냉동고에 보관하면서 실험재료로 사용하였다. 등굴레의 가열처리방법은 온도조절장치가 부착된 oil bath

† To whom all correspondence should be addressed

(OS-180, Advantec Co., Japan) 상에서 등굴레 시료 일정량을 온도계를 부착한 300 mL 용량의 유리병 내의 stainless steel 망에 넣은 다음 일정한 온도와 시간 동안 가열하였다. 이 때 볶음온도는 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 범위 내에서 조절하였다.

중심합성계획

등굴레차의 제조를 고려한 볶음온도와 시간범위를 설정하여 볶음조건에 따른 갈변반응 기질인 유리당과 아미노산의 변화를 모니터링하고자 중심합성계획(9,10)에 의해 실험을 설계하였고, SAS program(11)에 의해 반응표면 회귀분석을 실시하였다. 이 때 볶음온도(110, 120, 130, 140, 150°C)와 볶음시간(5, 10, 15, 20, 25분)을 -2, -1, 0, 1, 2 등 다섯 단계로 부호화하여 10가지의 열처리 조건을 설정하였다.

갈변반응기질 함량분석

등굴레의 갈변반응기질인 유리당과 아미노산의 분석은 Lee 등(12)의 방법에 준하여 실시하였다. 먼저 유리당은 각 조건별로 시료를 분쇄하여 HPLC(model LC 10A, Shimadzu, Japan)에 의하여 fructose, glucose 및 sucrose의 함량을 정량하였다. 이 때 분석조건으로 Shimpak CLC-NH₂ column(4.6 mm×25 cm, i.d.)을 사용하였고, mobile phase는 75% acetonitrile, detector는 RI, flow rate는 0.8 mL/min이었다. 또한 유리 아미노산의 분석도 각 조건별로 시료를 분쇄하여 75% ethanol 추출법을 이용하여 시료액을 조제한 뒤 아미노산 자동분석기(S433, Sykam Co., Germany)를 사용하여 측정하였다.

갈색도 측정

갈색도 측정은 등굴레 분말시료 5g에 증류수 100 mL를 가하여 3시간 동안 추출하였다. 이 때 추출액을 원심분리(3,000 rpm, 15 min)하여 상층액을 얻은 뒤, 일정량(200 mL)으로 정용한 다음 일정배수로 희석하여 spectrophotometer(Cecil, model CE393, U.K.)를 사용하여 420 nm에서 흡광도로 측정하였다(13).

관능적 특성검사

각 조건별로 볶음 처리된 시료의 관능적 품질평가는 Lee 등(12)의 방법에 따라 본 실험에 흥미를 가진 10명의 연구원에게 등굴레차 특유의 기호도 평가요령을 훈련시킨 뒤 색상, 향미 및 전반적 기호도에 대한 관능평가를 5점 채점법(14) (5: 매우 좋다, 4: 좋다, 3: 보통이다, 2: 좋지 않다, 1: 매우 좋지 않다)에 의해 실시하게 하였다. 이 때 평가시료의 조제는 볶음시료 5g을 1500 mL의 열수에 넣어 약 20분간 추출한 다음 여과하여 고유한 향미를

잘 느낄 수 있는 50~60°C 부근에서 관능검사를 실시하였다. 또한 향에 대해서는 옥수수향, 누룽지향, 아몬드향, 땅콩향 등을 구체적으로 제시하여 느낌에 대해 표시하도록 한다.

기질과 관능적 특성의 상관분석

볶음온도와 시간에 따른 각 시료간의 유의성 검정은 SAS(statistical analysis system)(11)에 의한 분산분석과 Duncan's multiple range test(15)를 이용하여 실시하였으며, 관능적 특성과 갈변반응 기질간의 상관관계는 SAS 프로그램을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

갈변반응 기질의 변화

등굴레 근경의 유리당은 Table 1에서 보는 바와 같이 fructose, glucose, sucrose 등이 존재하였으며, 그 중 fructose가 가장 높은 함량을 차지하였다. 등굴레의 볶음조건에 따른 유리당의 함량변화는 Table 2와 같다. Fructose의 경우 120~130°C 사이의 열처리에 의해 큰 변화를 나타내었고, 그 이상의 가열온도에서는 서서히 감소하였다. Glucose 함량은 130°C에서 25분, 140°C에서 10분과 140°C에서 20분에서는 거의 검출되지 않았다. 이는 Mohr 등(16)의 cocoa를 볶음처리시 glucose가 완전히 소실되었다는 보고와 유사하며, 이들 유리당은 볶음처리시 원료와 볶음조건에 따라 감소율의 차이는 있으나 질소화합물과 반응하여 갈색색소와 향기성분을 생성하는 전구물질로 알려져 있다. 이와 같이 fructose나 glucose는 볶음처리에 따라 크게 감소하는 경향을 나타내었으나 su-

Table 1. The composition of free sugars and free amino acids of raw *Polygonatum odoratum* roots (mg%, dry basis)

Free sugars	Contents	Amino acids	Contents
Fructose	4825.73	Aspartic acid	119.67
Glucose	1595.91	Threonine	1444.84
Sucrose	2485.64	Serine	144.21
		Glutamic acid	194.71
		Proline	-
		Glycine	70.43
		Alanine	137.99
		Cystine	22.58
		Valine	67.91
		Methionine	8.79
		Isoleucine	38.88
		Leucine	11.31
		Tyrosine	9.24
		Phenylalanine	30.10
		Histidine	369.62
		Lysine	94.70
		Arginine	689.33
Total sugars	8907.28	Total amino acids	3455.12

Table 2. Experimental data for free sugars and browning color under different conditions of roasting temperature and time of *Polygonatum odoratum* roots (mg%, dry basis)

Roasting conditions ¹⁾			Fructose	Glucose	Sucrose	Total free sugar	Browning color intensity ²⁾
Exp. no	Temp. (°C)	Time (min)					
1	140	20	234.06	-	3897.61	4131.67	0.76
2	140	10	498.96	-	2692.72	3191.68	0.47
3	120	20	710.17	136.79	3405.06	4252.02	0.54
4	120	10	1714.96	146.85	3487.18	5348.99	0.28
5	130	15	431.14	114.86	3070.45	3616.45	0.65
6	130	15	552.66	123.09	3324.00	3999.75	0.64
7	150	15	355.52	138.49	3990.40	4484.41	0.78
8	110	15	2292.34	235.98	3470.24	5998.56	0.27
9	130	25	157.38	-	3386.93	3544.31	0.45
10	130	5	1379.19	123.69	4054.23	5557.11	0.28

¹⁾The number of experimental conditions by central composite design.

²⁾O.D. at 420 nm.

crose는 오히려 볶음 전 시료보다 함량이 증가되었다. 이는 고온에서 장시간 볶음시 고분자 탄수화물로부터 분해된 단당류와 유리 단당류인 fructose와 glucose가 결합하여 상대적으로 열에 안정한 sucrose로 변환되기 때문인 것으로 추정된다. Heath(17)에 의하면 당의 종류에 따라 갈색화 반응의 속도가 다르며, 이 때 생성되는 pyrazine 유도체들의 양과 종류에 따라 차이가 있다고 하였다. 중심합성계획에 의한 각 조건별 유리당의 함량에 대한 반응 표면 회귀식은 Table 3에 나타내었다. 총 유리당과 fructose의 함량변화에 대한 반응표면은 Fig. 1과 같다. 총 유리당의 R²는 0.9078(p<0.05)이었으며 볶음온도가 높아질수록 볶음시간이 경과할수록 감소하다가 130°C에서 최소점을 나타내었고 130°C, 15분 이후로 점점 증가하는 경향을 나타내었다. 가열초기에 갈변반응에 따라 fructose와 glucose는 줄어들었으나 sucrose는 크게 줄어들지 않았다. 또한 fructose 함량 변화에 대한 회귀식의 R²는 0.9959(p<0.01)이었으며, fructose의 함량은 볶음초기에는 약간의 감소를 보이다가 일정시간 이후 급격히 감소하다가 일정시점 이후로 변화가 거의 없거나 약간의 증가하는 경향을 나타내어 총 유리당 함량과는 상이한 경향을 나타내었다.

등굴레 근경의 아미노산 함량은 Table 1에서와 같이 전체 아미노산의 41%를 차지하는 threonine이 가장 많았고, arginine, histidine 등의 순으로 많게 나타나 Ryu(7)의 보고와 유사한 경향이였다. 그러나 볶음처리에 따른 총 유리아미노산 함량은 현저히 감소하였다. 이들 아미노산 가운데 함량변화가 크게 일어난 것들은 threonine, serine, glycine, alanine, lysine이었으며, 특히 threonine, glycine 및 serine의 경우 그 변화가 심하여 150°C에서 15분간 볶음처리한 경우 초기 함량의 약 91~94%가 감소함을 알 수 있었다(Table 4). 또한 전체 아미노산 함량의 변화는 볶음조건에 따라 차이는 있으나 약 55~85%가 감소하였음을 알 수 있었다. 이와 같이 아미노산 함량이 감소하는 것은 볶음처리에 의해 아미노산이 당과 Maillard 반응을 일으켜 갈색색소를 생성하기 때문인 것으로 추정되며(18), 이 반응에 threonine, glycine, serine 등이 가장 많이 관여하는 것으로 생각되었다. 이러한 결과는 볶음과정 중 유리아미노산의 함량이 상당히 감소하였다는 Lee 등(19)의 연구와 유사한 경향을 보이고 있다. 총 유리아미노산의 함량은 회귀식의 R²가 0.9982(p<0.01)로 나타났으며(Table 5), 볶음온도가 증가하고 시간이 길어질수록 감소하는 경향을 나타내었고(Fig. 2), threonine의 함량은

Table 3. Polynomial equation calculated by RSM program for roasting *Polygonatum odoratum* roots¹⁾

Response	The second order polynomials	R ²	Pro>F
Fructose (Y ₁)	Y ₁ = 48261-614.3138X ₁ -600.1495X ₂ +1.9859X ₁ ² +3.5586X ₁ X ₂ +2.6009X ₂ ²	0.9959	0.0001
Glucose (Y ₂)	Y ₂ = 1925.11-36.4525X ₁ +104.1350X ₂ +0.1706X ₁ ² -0.6902X ₁ X ₂ -0.7437X ₂ ²	0.7469	0.2129
Sucrose (Y ₃)	Y ₃ = 38270-436.2752X ₁ -966.2183X ₂ + 1.3437X ₁ ² +6.1875X ₁ X ₂ +5.2814X ₂ ²	0.5615	0.5148
Total free sugar (Y ₄)	Y ₄ = 9.0858-1110.1851X ₁ -1583.9794X ₂ +3.5405X ₁ ² +9.8094X ₁ X ₂ +8.2119X ₂ ²	0.9078	0.0338
Browning color intensity (Y ₅)	Y ₅ = -6.1395+0.0816X ₁ +0.0765X ₂ -0.0002X ₁ ² +0.0001X ₁ X ₂ -0.0027X ₂ ²	0.9174	0.0274

¹⁾X₁: roasting temperature (%), X₂: roasting time (min).

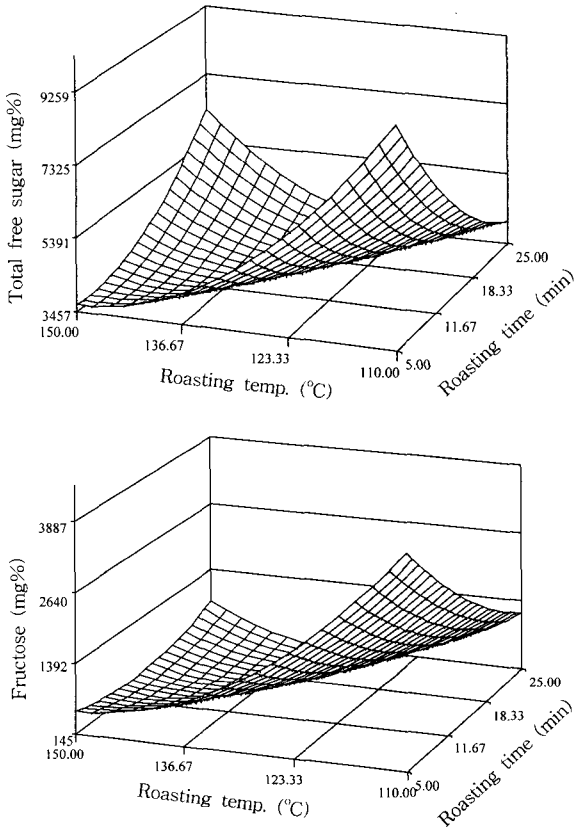


Fig. 1. Response surface for the effect of roasting temperature and roasting time on total free sugar (top) and fructose (bottom) of *Polygonatum odoratum* roots.

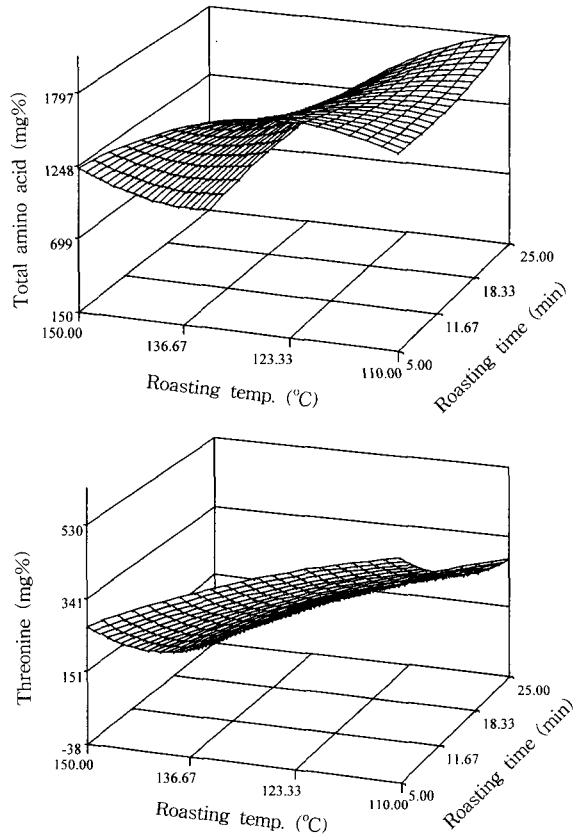


Fig. 2. Response surface for the effect of roasting temperature and roasting time on total free amino acid (top) and threonine (bottom) of *Polygonatum odoratum* roots.

Table 4. Experimental data for free amino acids under different conditions of roasting temperature and time of *Polygonatum odoratum* roots (mg%, dry basis)

Amino acids	Experiment no. of central composite design ¹⁾									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aspartic acid	33.49	38.49	46.13	48.13	37.46	40.73	32.00	46.46	28.50	42.26
Threonine	88.54	196.84	304.50	398.45	228.70	258.23	102.19	329.04	131.22	445.21
Serine	17.52	18.80	15.60	47.72	29.73	33.83	13.49	42.37	22.68	41.17
Glutamic acid	92.30	81.14	106.24	115.60	62.28	62.99	- ²⁾	134.20	65.88	129.90
Proline	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glycine	4.52	9.10	7.57	12.83	5.60	5.08	4.28	13.52	5.02	7.90
Alanine	10.27	15.55	16.26	19.17	12.81	13.60	9.52	18.06	13.04	16.98
Cystine	11.21	16.10	12.54	17.37	16.67	17.92	4.72	18.18	6.61	9.77
Valine	12.53	16.80	13.71	25.74	13.61	17.36	11.39	20.88	5.66	32.32
Methionine	-	11.91	-	15.96	3.02	1.55	-	16.34	-	15.56
Isoleucine	17.95	18.62	19.01	20.69	17.79	14.20	2.22	22.14	3.75	18.71
Leucine	1.49	6.87	-	5.84	-	0.80	1.67	4.85	-	9.04
Tyrosine	1.25	-	7.20	1.91	-	-	-	-	-	-
Phenylalanine	-	0.18	0.10	0.86	-	-	-	15.90	-	-
Histidine	128.92	140.35	145.80	171.00	140.36	147.92	129.67	152.88	123.27	188.25
Lysine	4.07	26.00	13.03	31.30	6.04	9.67	-	35.66	-	21.36
Arginine	264.43	385.17	375.65	620.94	461.12	431.30	198.17	578.64	400.86	527.02
Total amino acid	688.49	981.92	1083.34	1553.51	1035.19	1054.47	509.32	1449.12	806.49	1505.45

¹⁾Numbers in parentheses are same as Table 1.

²⁾Trace.

Table 5. Polynomial equation calculated by RSM program for roasting of *Polygonatum odoratum* roots¹⁾

Response	The second order polynomials	R ²	Prob>F
Aspartic acid (Y ₁)	Y ₁ = 30.4866 + 0.3345X ₁ + 2.7771X ₂ - 0.0020X ₁ ² - 0.0150X ₁ X ₂ - 0.0467X ₂ ²	0.8759	0.0593
Threonine (Y ₂)	Y ₂ = 186.3876 + 11.8053X ₁ - 17.9867X ₂ - 0.0691X ₁ ² - 0.0717X ₁ X ₂ + 0.4492X ₂ ²	0.9363	0.0166
Serine (Y ₃)	Y ₃ = 351.7261 - 1.6206X ₁ - 21.7719X ₂ - 0.0053X ₁ ² + 0.1542X ₁ X ₂ + 0.0184X ₂ ²	0.9089	0.0330
Glutamic acid (Y ₄)	Y ₄ = 2792.4158 - 37.9211X ₁ - 24.9222X ₂ + 0.1366X ₁ ² + 0.1026X ₁ X ₂ + 0.3160X ₂ ²	0.8175	0.2227
Glycine (Y ₅)	Y ₅ = 171.9400 - 2.2050X ₁ - 0.8670X ₂ + 0.0074X ₁ ² + 0.0034X ₁ X ₂ + 0.0055X ₂ ²	0.8208	0.1161
Alanine (Y ₆)	Y ₆ = 33.4709 - 0.1444X ₁ + 0.8605X ₂ + 0.0003X ₁ ² - 0.0118X ₁ X ₂ + 0.0137X ₂ ²	0.9065	0.0347
Cystine (Y ₇)	Y ₇ = -223.8142 + 3.6965X ₁ + 2.5672X ₂ - 0.0151X ₁ ² - 0.0003X ₁ X ₂ - 0.0931X ₂ ²	0.8665	0.0679
Valine (Y ₈)	Y ₈ = 167.2728 - 1.1223X ₁ - 7.1982X ₂ + 0.0011X ₁ ² + 0.0388X ₁ X ₂ + 0.0331X ₂ ²	0.9508	0.0101
Methionine (Y ₉)	Y ₉ = 464.7500 - 6.7220X ₁ + 0.6840X ₂ + 0.0250X ₁ ² - 0.1007X ₂ ²	0.9949	0.1065
Leucine (Y ₁₀)	Y ₁₀ = 52.7100 - 0.7197X ₁ + 0.3545X ₂ + 0.0034X ₁ ² - 0.0152X ₁ X ₂ - 0.0438X ₂ ²	0.8912	0.5300
Histidine (Y ₁₁)	Y ₁₁ = 324.6309 + 0.0816X ₁ - 15.1968X ₂ - 0.0072X ₁ ² + 0.0688X ₁ X ₂ + 0.1156X ₂ ²	0.9273	0.0215
Lysine (Y ₁₂)	Y ₁₂ = 1015.7200 - 15.2547X ₁ + 1.7695X ₂ + 0.0589X ₁ ² - 0.0183X ₁ X ₂ - 0.0370X ₂ ²	0.9093	0.2115
Arginine (Y ₁₃)	Y ₁₃ = 912.2942 + 14.4225X ₁ - 98.6946X ₂ - 0.1269X ₁ ² + 0.6227X ₁ X ₂ + 0.2477X ₂ ²	0.9254	0.0226
Total free amino acid (Y ₁₄)	Y ₁₄ = 3619.5042 + 9.5001X ₁ - 182.4824X ₂ - 0.1787X ₁ ² + 0.8837X ₁ X ₂ + 1.0525X ₂ ²	0.9982	0.0000
Organoleptic color (Y ₁₅)	Y ₁₅ = -57.4285 + 0.8508X ₁ + 0.8779X ₂ - 0.0030X ₁ ² - 0.0037X ₁ X ₂ - 0.0123X ₂ ²	0.9558	0.0082
Organoleptic taste (Y ₁₆)	Y ₁₆ = -53.6190 + 0.7953X ₁ + 0.7443X ₂ - 0.0028X ₁ ² - 0.0037X ₁ X ₂ - 0.0075X ₂ ²	0.8551	0.0789
Organoleptic flavor (Y ₁₇)	Y ₁₇ = -14.5595 + 0.1961X ₁ + 0.5065X ₂ - 0.0004X ₁ ² - 0.0050X ₁ X ₂ + 0.0058X ₂ ²	0.9647	0.0053
Organoleptic palatability (Y ₁₈)	Y ₁₈ = -34.1666 + 0.5291X ₁ + 0.4250X ₂ - 0.0018X ₁ ² - 0.0025X ₁ X ₂ - 0.0025X ₂ ²	0.8654	0.0688

¹⁾X₁: roasting temperature (°C), X₂: roasting time (min).

회귀식의 R²가 0.9363(p<0.05)으로 나타났으며 볶음온도와 볶음시간에 큰 영향을 받지 않은 것으로 나타났다.

갈색도의 변화

중심합성계획에 의해 가열처리한 시료들의 갈색도는 Table 2와 같으며, 이들의 갈색도에 대한 회귀식의 R²는 0.9174(p<0.05)이었다. 갈색도는 볶음온도가 높아질수록 증가하였고, 볶음초기에는 볶음시간이 길어짐에 따라 증가하다가 18분 이상에서는 갈색도가 오히려 감소하는 경향이였다(Fig. 3). 이는 Park 등(13)의 낮은 온도에서 Ma-

illard 반응으로 갈색도가 계속 증가하지만 높은 온도에서 일정기간 경과 후에는 갈변반응 기질이 줄어들고 다량의 갈변물질이 불용성의 고분자 화합물로 변하므로서 침전 제거되어 수용성 갈변물질은 상대적으로 감소되어 갈색도가 줄어든다고 하는 보고와 일치하였다.

관능적 특성변화

각각의 볶음조건에 따라 제조한 둥굴레 차의 관능적 기호도를 조사한 결과는 Table 6과 같다. 둥굴레차의 색은 볶음온도가 150°C, 볶음시간이 15분에서는 그 색이 탁

Table 6. Sensory evaluation of *Polygonatum odoratum* teas at 50°C

Experiment no. of central composite design ¹⁾	Organoleptic properties			
	Color	Taste	Aroma	Overall palatability
1	3.50 ± 1.00 ^{2)a3)}	3.25 ± 0.95 ^a	3.50 ± 1.00 ^{ab}	3.50 ± 1.00 ^a
2	3.75 ± 1.50 ^a	3.75 ± 0.95 ^a	3.75 ± 0.95 ^{ab}	3.75 ± 0.95 ^a
3	3.75 ± 1.25 ^a	3.75 ± 1.25 ^a	3.75 ± 0.50 ^{ab}	3.75 ± 1.25 ^a
4	3.25 ± 0.95 ^a	3.50 ± 0.57 ^a	3.00 ± 0.81 ^{ab}	3.50 ± 0.57 ^a
5	4.25 ± 0.95 ^a	4.00 ± 0.81 ^a	3.25 ± 0.95 ^{ab}	3.75 ± 0.00 ^a
6	4.25 ± 0.50 ^a	4.00 ± 0.81 ^a	3.25 ± 0.50 ^{ab}	4.00 ± 0.95 ^a
7	2.75 ± 0.95 ^a	3.00 ± 0.81 ^a	3.50 ± 1.29 ^{ab}	3.25 ± 1.25 ^a
8	3.25 ± 1.25 ^a	2.75 ± 0.95 ^a	2.75 ± 0.50 ^b	3.00 ± 0.81 ^a
9	3.25 ± 0.95 ^a	3.75 ± 0.50 ^a	4.25 ± 0.95 ^a	4.00 ± 0.81 ^a
10	3.50 ± 1.00 ^a	2.75 ± 0.50 ^a	3.50 ± 0.57 ^{ab}	3.25 ± 0.50 ^a

¹⁾Numbers in parentheses are same as Table 1.

²⁾Each value represents the mean of the rating by 10 judges using 5-point scale (1: very poor, 3: fair, 5: very good). All values are mean ± SD (n=4).

³⁾Means in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

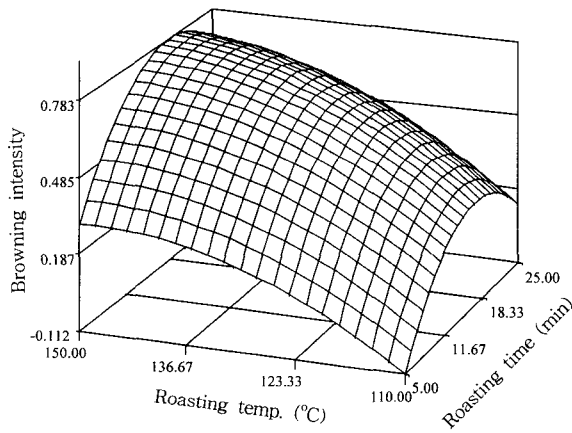


Fig. 3. Response surface for the effect of roasting temperature and roasting time on browning color intensity (420 nm) of *Polygonatum odoratum* roots.

하고 감갈색을 띠어 좋지 않은 것으로 평가되었다. 볶음 온도 130°C, 볶음시간 15분에서는 관능평점이 가장 높게 나타났다. 볶음조건에 따른 맛의 평가에서는 130°C, 15분의 볶음조건에서 가장 높은 평점을 나타내어 색에서의 경우와 일치하는 경향을 나타내었다. 둥굴레의 맛, 색 및 향에 대한 관능적 평가에서 5%수준에서 유의성이 인정되었다. 그러나 향에서는 130°C, 25분에서 가장 높게 나타났으며 볶음온도와 볶음시간이 증가할수록 높은 점수를 나타내었다. 한편, 전반적 기호도는 각각 볶음온도 130°C에서 볶음시간 15분과 25분에서 높은 것으로 나타나 색, 맛 및 향에 대한 경향과 유사하였다. 이러한 결과는 생 둥굴레 고유의 꽃내가 볶음처리함에 따라 사라지고 구수한 향기성분의 증가와 함께 거의 느끼지 못하게 되는 것을 알 수 있다. 따라서 둥굴레에 함유되어 있는 당과 아미노산 등이 반응하여 생성된 향기성분이 둥굴레의 전반적인 기호도를 높인 것으로 여겨지며, 이는 Kim(20)의 결명자 차에 대한 보고와 유사한 경향을 나타내었다. 또한, Fig.

4와 5에 의하면 색, 맛 및 전반적 기호도에서는 볶음온도와 볶음시간이 증가할수록 증가하다 다소 감소하여 유사한 경향을 나타내었으며 향에 따른 관능적 평가에서는 다소 상이한 경향을 나타내었다.

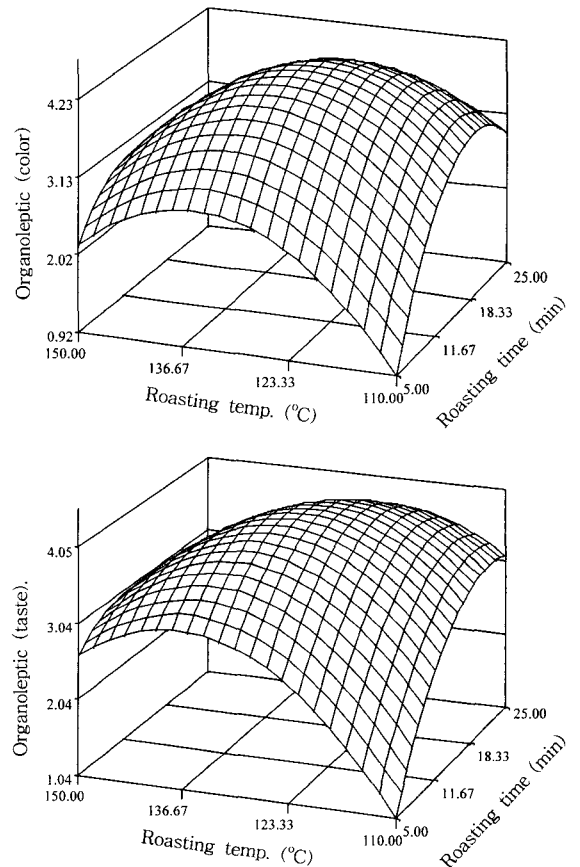


Fig. 4. Response surface for the effect of roasting temperature and roasting time on sensory color (top) and sensory taste (bottom) of *Polygonatum odoratum*.

Table 7. Correlation coefficients among free amino acids, free sugars, browning color intensity and organoleptic properties of *Polygonatum odoratum* roots

Free amino acids	Free sugars			Browning color intensity	Organoleptic			Overall palatability
	Fructose	Glucose	Sucrose		Color	Taste	Aroma	
Aspartic acid	0.4547	-0.4483	0.7834*	-0.7717	0.5795	-0.2240	0.7888*	0.3346
Threonine	-0.2507	0.5863	-0.1792	0.8518*	-0.4883	0.6547	-0.1777	-0.1895
Serine	0.7710*	-0.2621	0.9547***	-0.6198*	-0.6520	-0.2335	0.9673***	0.5769
Glutamic acid	-0.1443	0.3643	0.0907	0.7150	-0.4759	0.3930	0.0719	0.0105
Glycine	0.1955	-0.3113	-0.4440	-0.2272	0.9862***	-0.0436	-0.4550	-0.0378
Alanine	-	-0.2766	-0.5291	-0.2093	0.8924**	-0.1174	-0.5086	-0.2035
Cystine	0.8627**	-0.0041	0.8930***	-0.2728	-0.6505	-0.0408	0.8965***	0.6378
Valine	-0.5267	0.6340	-0.4749	0.9667***	0.8340**	0.6571**	-0.4682	-0.3548
Methionine	-0.5196	0.5058	-0.4458	0.9231***	-0.6116	0.5377	-0.3914	-0.3560
Isoleucine	-0.4470	0.0867	-0.6970**	0.4067	0.9457***	0.3505	-0.7315**	-0.3650
Leucine	0.9125**	-0.2459	0.7274**	-0.4443	-0.4807	-0.1764	0.7504**	0.8100***
Tyrosine	0.7774*	-0.1170	0.7916**	-0.3230	-0.5639	-0.1273	0.7840**	0.6948**
Phenylalanine	0.6635	-0.3103	0.7436**	-0.4290	-0.3179	-0.1933	0.6929	0.7595**
Histidine	0.1892	0.6618	0.1985	0.4749	-0.6027	0.6475*	0.3075	0.0881
Lysine	0.8891**	-0.2605	0.7213*	-0.5353	-0.4422	-0.1727	0.7536**	0.8166**
Arginine	-0.3915	-0.0376	-0.4438	-0.1807	0.1559	-0.0263	0.0060	-0.4558
Browning color intensity	-0.7754	0.6106	-0.6452		0.8034**	0.6165	-0.7435*	-0.4313
Fructose		-0.4227	0.7789*	-0.7754	0.7387	-0.1778	0.8235**	0.9850***
Glucose		-0.4227	-0.2895	0.6106	0.6372	0.9989***	-0.2533	-0.3152
Sucrose		0.7789	-0.2895	-0.6372	-0.6283	-0.2711	0.9960***	0.7105**

*Significant at 10% level; **Significant at 5% level; ***Significant at 1% level.

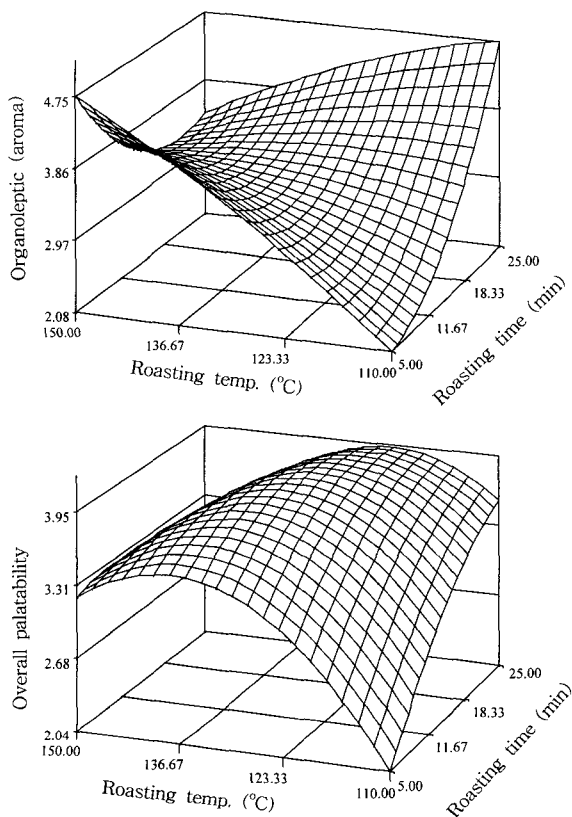


Fig. 5. Response surface for the effect of roasting temperature and roasting time on organoleptic aroma (top) and overall palatability (bottom) of *Polygonatum odoratum* roots.

갈변반응 기질과 관능적 특성간의 상관관계

둥굴레 근경의 열처리에 따른 갈변반응 기질과 관능적 특성간의 상관관계는 Table 7과 같다. 유리아미노산 중에서 leucine, lysine, cystine, tyrosine, serine 등은 glucose를 제외한 유리당과 정(+)의 상관관계를 보였으며, Maillard 반응에 많은 아미노산들이 부(-)의 상관관계를 나타내지 않은 것은 갈변이 계속되어 고분자화되기 때문으로 생각된다. 또한 threonine, valine, methionine, isoleucine 등은 유리당과 부(-)의 상관관계를 나타내었다. 이와 같은 부(-)의 상관관계는 유리아미노산이 유리당과 함께 적은 양으로 갈변반응에 관여하는 것으로 생각된다. 갈색도와 valine, methionine과 threonine은 각각 1%와 5% 수준에서 유의성을 나타내었으며, aspartic acid, serine, lysine 등은 부(-)의 상관관계를 나타내었다. 향에 대한 관능적 품질과 유리아미노산과의 관계에서 serine, cystine, aspartic acid, tyrosine, leucine 및 lysine 등은 각각 1%와 5%의 수준에서 유의성을 나타내었으며, 정(+)의 상관관계를 나타내었다. 전반적 기호도와 유리아미노산도 대부분이 정(+)의 상관관계를 나타내었다. 따라서 갈변반응 기질인 유리 아미노산과 유리당이 Maillard 반응을 통하여 구수한 둥굴레 향기성분이 생성되는 것을 나타내며, Maillard 반응에 따른 기질의 소비가 증가할수록 구수한 향의 발생으로 기호도가 증가하는 것을 알 수 있었다.

요 약

반응표면분석법을 이용하여 둥굴레 근경의 가열조건

에 따라 갈변 반응기질과 관능적 특성을 모니터링하였다. 총 유리당은 중심점에서 최소점을 나타내었고 그 전후로 증가하는 경향을 나타내었고, 총 유리아미노산은 볶음온도가 증가하고 볶음시간이 길어질수록 감소하는 경향을 나타내었다. 그 중 threonine, glycine 및 serine의 함량은 시간이 경과함에 따라 초기함량의 91~94%가 감소함을 보였다. 또한 갈색도는 볶음시간 18분까지 볶음온도와 볶음시간이 증가할수록 증가하다가 그 이후로 감소하는 경향을 나타내었다. 둥굴레의 맛, 색, 향에 대한 관능적 평가는 5% 이내에서 유의차가 인정되었다. 전반적 기호도는 볶음온도 130°C에서 볶음시간 15분과 25분에서 높은 것으로 나타났다. 향에 대한 관능적 품질과 유리아미노산은 갈변반응의 다른 기질에 비하여 높은 수준에서의 상관관계를 나타내었다.

문 헌

- Jung, B.S. : *Pharmaceutic Encyclopedia* (Botany). Younglimsa, Korea (1990)
- Rural Development Administration National Crop Experiment Station: *Classification of Korean medicinal plant resources*. Korea, p.243-244 (1990)
- Klein, R., Klein, B.K., Moss, S., Davis, M.D. and Demets, D.L. : Retionparthy in young-onset diabetic patients. *Diabetes Care*, **8**, 311-315 (1985)
- Kim, J.K. and Lee, Y.J. : Pharmacognostical studies on the rhizome of *Polygonatum robustum* Nakai. *Kor. J. Pharmacog.*, **11**, 69-74 (1980)
- Kim, K.H. : Volatile flavor components and formation model system of dunggule (*Polygonatum* sp.) tea and chicory (*Cichicorium intybus* L.) tea. *M.S. Thesis*, Dong-eui University, Korea (1998)
- Cha, W.S. : Physico-chemical properties of polygonatum starch. *M.S. Thesis*, Chosun University, Korea (1980)
- Ryu, K.C. : Optimization of the roasting conditions for high-quality *Polygonatum odoratum* tea. *M.S. Thesis*, Kyungpook National University, Korea (1995)
- Jung, H.J. and Lee, S.R. : Browning and mutagenicity of roasted barley and sesame seeds. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **23**, 280-285 (1991)
- Park, S.H. : *Modern Experimental Design*. Minyoungsa, Seoul, Korea (1991)
- Lee, G.D., Kim, J.S. and Kwon, J.H. : Monitoring of dynamic changes in Maillard reaction substrates by response surface methodology. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **28**, 212-219 (1996)
- SAS : *User's guides version 6*. 4th ed., SAS Institute Inc., Cary, NC, Vol. 1, p.209-243 (1994)
- Lee, Y.T., Seog, H.M., Kom, S.S., Kim, K.T. and Hong, H.D. : Changes in physicochemical characteristics of immature barley kernels during roasting. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **26**, 336-342 (1994)
- Park, M.H., Kim, K.C. and Kim, J.S. : Changes in the physicochemical properties of ginseng by roasting. *Korean J. Ginseng Sci.*, **17**, 228-231 (1993)
- Kim, K.Y. and Lee, Y.C. : *Sensory evaluation of food*. Hakyeonsa, Seoul, Korea (1993)
- Lee, J.K. : *Comprehension and application of SAS*. Sungwonsa, Seoul, p.13-41 (1993)
- Mohr, W., Rochrlr, M. and Severin, T. : Die Bildung von Kakao Aroma aus stufen. *Fette Seifen Anstrichsm*, **73**, 515-521 (1976)
- Heath, N.B. : Changes in food flavor due to processing. In *Flavor Chemistry and Technology*, Macmillan Publishers, London, Chapter 3, p.71-111 (1986)
- Seog, H.M. : The effects of the roasting temperature on the formation of volatile compounds in the malted naked barley. *Ph.D. Thesis*, Joongang Univ. of Seoul, Korea (1987)
- Lee, Y.T., Seog, H.M., Kim, S.S., Kim, K.T. and Hong, H.D. : Changes in physicochemical characteristics of immature barley kernels during roasting. *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **26**, 336-342 (1994)
- Kim, J.K. : Effect of the roasting conditions on volatile flavor compounds and physicochemical characteristics in *Cassia tora* seeds. *Ph.D. Thesis*, Kyungpook Univ. of Taegu, Korea (1994)

(2000년 4월 20일 접수)