

등굴레, 어성초, 구기자 혼합 음료의 배합비 최적화 및 항산화 효과

강민경¹ · 김일출² · 장경호^{1†}

¹중부대학교 호텔외식산업학과, ²중부대학교 화장품학과

Optimization of Production and Antioxidant Effects of Beverage Prepared using Hot-water Extracts of *Polygonatum odoratum*, *Houttuynia cordata*, and *Lycium chinensis*

Min-Kyung Kang¹, Il-Chul Kim² and Kyung-Ho Chang^{1†}

¹Department of Hotel & Food Service Industry, Joongbu University, Choongnam 312-702, Korea

²Department of Cosmetic Science, Joongbu University, Choongnam 312-702, Korea

Abstract

The manufacture of beverages prepared using hot-water extracts of *Polygonatum odoratum* var. *pluriflorum*, *Houttuynia cordata*, and *Lycium chinensis* was statistically optimized using response surface methodology. The total polyphenol content, electron donation activity, and reducing power of optimized beverages were measured to evaluate antioxidant properties. The coefficients of determination, the R_2 values, were 0.9887~0.9957 for color, taste and overall acceptability. Analysis of variance showed that the model fit was a statistically significant ($p<0.05$). The optimized compositions of processed beverages were: *Polygonatum odoratum* var. *pluriflorum* extract, 2.15%; *Houttuynia cordata* extract, 1.74%; and *Lycium chinensis* extract, 0.19% (all w/w). Total polyphenol content, electron donation activity, and reducing power of beverages of optimized composition were 3.61 mg/L, 23.78%, and 0.26, respectively.

Key words : *Polygonatum*, *Houttuynia*, *Lycium*, response surface methodology, beverage, antioxidant properties

서 론

「국민건강영양조사 제 4기 1차년도 보고서」에 따르면, 국민건강영양조사가 시작된 1969년에 559.0 g이었던 1인당 1일 평균 곡류 섭취량은 2007년에는 282.0 g로 약 1/2로 감소한 반면에 동물성 식품의 섭취 비율은 1969년의 3%에서 2007년에는 20%로 6배 이상 증가하였음을 알 수 있다. 특히, 동물성 식품 중 육류 섭취량은 1969년 6.6 g에서 2007년에는 93.9 g로 14배 이상 크게 증가하였다(1). 이러한 식생활의 변화와 경제성장에 따른 각종 생활양식의 변화에 수반하여 소위 ‘생활습관병’이라고 불리는 비만이나 뇌혈관 질환, 심장병, 고혈압, 당뇨병 등 여러 가지 만성퇴행성질환들의 발병률이 증가하고 있다(2). 한편으로는 웰빙이라는 건강지향적인 시대적 트렌드가 자리하면서 기호식품까지도

건강유지를 위한 기능성 제품을 선호하고 있다(3). 이에 따라 홍삼(4), 뽕잎(5), 백년초(6), 오미자(7) 등에 함유된 생리활성물질들을 만성퇴행성질환의 예방이나 치료에 활용하고자 하는 연구들이 활발히 진행 중에 있으며, 만성퇴행성질환의 직접적 원인으로 지목받고 있는 활성산소종(reactive oxygen species)과 lipid peroxide의 과다생성을 억제할 수 있는 항산화물질에 대한 다양한 연구들이 진행 중이다(8). 음료도 예외는 아니어서 동충하초, 쑥, 솔잎, 감잎차, 홍차 및 코코아의 발효물을 이용한 기능성 음료 제조(9), 생맥산의 처방을 응용한 홍삼, 오미자 및 맥문동 혼합음료의 제조(10)를 비롯하여 참취(11), 호박(12), 생강(13), 진피(14) 등 천연 식물재료의 약리 성분을 함유한 기능성 음료를 개발하고자 하는 연구와 항피로(15), 운동능력 향상(16), 항산화(17), 알코올 분해(18) 등 특정 기능성을 지닌 음료의 개발에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

한편, 예로부터 민간에서 약용으로 이용되어져 온 어성

†Corresponding author. E-mail : khchang@joongbu.ac.kr
Phone : 82-41-750-6711, Fax : 82-41-750-6381

초(*Houttuynia cordata Thunb*)는 잎과 줄기에서 특유의 ‘생선비린내’가 나기 때문에 어성초(魚腥草)라고 불리는(19) 삼백초과의 다년생 초본으로서 kaempferol, quercitrin, quercetin 같은 polyphenol류와 piperolactam, aristolactam, splendidine 같은 alkaloids가 함유되어 있어 항암 및 항산화 효능(20) 뿐만 아니라 고지혈증 억제(21), 항종양 작용(22) 등의 효능도 있는 것으로 알려져 있다. 백합과의 초본식물인 둥굴레(*Polygonatum odoratum var pluriflorum Ohwi*)는 (23) 근경의 추출물이 혈당강하, 자양·강장효과 외에도 강심작용, 말기 암의 보조치료, 갈증해소, 영양불량, 폐결핵, 당뇨 등에 효능이 있는 것으로 알려져 있으며(24), Kim 등(25)은 왕둥굴레의 에테르 추출물에서 β -sitosterol, stigmasterol 및 diosgenin 등을 동정하였으며 이들 성분들이 혈당을 안정화시키는 효능이 있다고 보고하였다. 구기자(*Lycium chinensis Miller*)는 가지과에 속하는 낙엽관목인 구기자나무의 열매로서(26), carotenoid, cholin, meliscic acid, zeaxanthin, physalien (dipalmityl-zeaxanthin), betaine, β -sitosterol, 비타민 B1과 불포화지방산이 다량 함유되어 있다(27). 구기자의 약리적 효능은 항산화 효과(28), 혈당강하 작용(29) 및 심혈관 관련 질환의 예방(30) 등이 알려져 있다.

따라서 본 연구에서는 예비실험에 의하여 선정한 둥굴레, 어성초 및 구기자로부터 얻은 열수추출액만을 이용하여 기호도가 높으면서도 당뇨병을 비롯한 만성퇴행성질환에 효능이 있는 건강음료를 제조하는 연구의 일환으로, 관능평가 및 반응표면분석법으로 이들 재료의 배합비를 최적화하고 최적 비율로 혼합·제조한 음료의 항산화능을 조사하였다.

재료 및 방법

재 료

충남 금산의 약초시장에서 구입한 건조 상태의 국내산 둥굴레(*Polygonatum odoratum var pluriflorum Ohwi*), 어성초(*Houttuynia cordata Thunb*) 및 구기자(*Lycium chinensis Miller*)를 60°C의 건조기(500-FN, NÜVE, Turkey)에서 다시 한 번 24시간 건조한 후 40~60 mesh로 분쇄한 분말을 음료 제조용 시료로 사용하였다. 식물재료의 이용 부위는 둥굴레는 뿌리, 구기자는 열매 부위였고, 어성초는 잎과 줄기 부위로 이들의 비율은 약 7 : 3이었다.

열수추출액 조제

둥굴레 및 구기자는 각 시료 분말 200 g에 증류수 2 L을 가하여 전기약탕기(SH-0315, Se-Han Enterprise Co., Ltd., Korea)로 9시간 추출하여 추출액이 500 mL 내외가 되었을 때 추출액을 8,000 rpm에서 20분간 원심분리 하여 상정액을

얻고 이를 다시 200 mL가 되도록 가열·농축하여 10,000 rpm에서 20분간 한 번 더 원심분리 하여 얻은 상정액을 열수추출액(g/mL)으로 하였다. 어성초는 시료 분말 200 g에 2 L의 증류수를 가하여 전기약탕기(SH-0315, Se-Han Enterprise Co., Ltd., Korea)로 9시간동안 추출하여 수분을 거의 모두 증발시킨 후 증류수 1 L을 더 가하여 동일한 방법으로 한 번 더 추출하였다. 추출액이 500 mL 내외가 되었을 때 추출액을 원심분리기(Supra 21K, Hanil, Korea)로 8,000 rpm에서 20분간 원심분리 하여 상정액을 얻었으며, 이를 다시 200 mL가 되도록 가열·농축하여 10,000 rpm에서 20분간 한 번 더 원심분리 하여 얻은 상정액을 열수추출액(g/mL)으로 하였다. 이들 열수추출액의 가용성고형물 함량은 둥굴레는 31.0 °Brix, 어성초는 19.2 °Brix 및 구기자는 26.8 °Brix이었다.

실험계획 및 음료제조

상기 열수추출액을 음료 제조용 원액으로 하여 이들 3가지 열수추출액의 최적 혼합비율은 최근 식품의 제조공정이나 신제품 개발 등에서 최적화 기법으로 활용되고 있는 반응표면분석법(Response Surface Methodology, RSM)의 Box-Behnken Design Program (Couresy: Stat-ease Inc, Statistics Made Easy, Minneapolis, USA)으로 예측하였다. 즉, 독립변수(음료 제조를 위한 3가지 열수추출액의 혼합조건, Xn)는 어성초 열수추출액의 첨가비율(1.160, 1.500, 2.000, 2.500, 2.840%), 둥굴레 열수추출액의 첨가비율(1.160, 1.500, 2.000, 2.500, 2.840%) 및 구기자 열수추출액의 첨가비율(0.032, 0.100, 0.200, 0.300, 0.368)이며 각 혼합조건은 -1.68, -1, 0, +1, +1.68로서 3요인 5단계로 부호화하였다(Table 1, 2). 또한 이들 독립변수에 의해 영향을 받는 종속변수(Yn)는 음료의 색상, 냄새, 맛 및 종합적기호도 등의 4가지 관능적 특성으로 하였다. 통계처리는 computer program인 Design Expert (Couresy: Stat-ease Inc, Statistics Made Easy, Minneapolis, USA)를 이용하여 자료를 다중회귀 분석 후 model식을 만들어 RSM에 의하여 독립변수에 대한 종속변수의 반응 표면 상태를 3차원 분석(3-D plot)과 등고선 분석(contour plot)을 통하여 최적화를 수행하였다. 음료는 RSM의 최적화 결과에 따라 3가지 음료 제조용 원액(어성초, 둥굴레 및 구기자)을 혼합하여 제조하였으며, 음료 제조 시 당류 등의 첨가물은 전혀 사용하지 않았다.

관능평가

관능적 품질 평가는 외식산업학 및 식품공학을 전공하는 대학생 및 대학원생 중 25명을 panel로 선정하여 실험목적, 평가의 방법 및 특성 등을 숙지시킨 후 설문지를 사용하여 실시하였다. 관능검사 시간은 오후 3~5시로 하였으며, 각각의 음료는 투명 유리컵에 담아 한 번에 5종류를 제시하여 불완전블록계획법으로 관능검사를 실시하였다(31). 평가

항목은 색상, 냄새, 맛 및 종합적기호도의 4가지로 하여 아주 싫다(1점-extremely unlike), 싫다(2점), 보통 싫다(3점), 약간 싫다(4점), 좋지도 싫지도 않다(5점-moderately like), 약간 좋다(6점), 보통 좋다(7점), 좋다(8점) 및 아주 좋다(9점-extremely like)로 하는 9점-scale법(32)으로 평가하였다. 관능평가의 결과는 3회 평가의 평균값으로 나타내었다.

Table 1. Coded levels of independent variables in experimental design

Coded levels ^{b)}	Independent variables ²⁾		
	X ₁ (%)	X ₂ (%)	X ₃ (%)
-1.68	1.160	1.160	0.032
-1	1.500	1.500	0.100
0	2.000	2.000	0.200
+1	2.500	2.500	0.300
+1.68	2.840	2.840	0.368

^{b)}Coded independent values means as follows: -1.68; lowest level, 0; middle level, +1.68; highest level.

²⁾X₁; hot-water extracts of *Houttuynia cordata*, X₂; hot-water extracts of *Polygonatum odoratum* var *pluriflorum*, X₃; hot-water extracts of *Lycium chinensis*.

Table 2. Central composite design of RSM for process conditions of beverage

Exp No ¹⁾	Coded independent variables ²⁾			Actual independent variables			
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁ (%)	X ₂ (%)	X ₃ (%)	
Fractional point	-1	-1	-1	1.500	1.500	0.100	
	+1	-1	-1	2.500	1.500	0.100	
	1	-1	+1	1.500	2.500	0.100	
	2	+1	+1	2.500	2.500	0.100	
	3	+1	+1	2.500	2.500	0.100	
	4	-1	-1	+1	1.500	1.500	0.300
	5	+1	-1	+1	2.500	1.500	0.300
	6	-1	+1	+1	1.500	2.500	0.300
Star point	+1	+1	+1	2.500	2.500	0.300	
	-1.68	0	0	1.160	2.000	0.200	
	+1.68	0	0	2.840	2.000	0.200	
	9	0	-1.68	0	2.000	1.160	0.200
	10	0	+1.68	0	2.000	2.840	0.200
	11	0	0	-1.68	2.000	2.000	0.032
	12	0	0	+1.68	2.000	2.000	0.368
	13	0	0	0	2.000	2.000	0.200
Central point	14	0	0	2.000	2.000	0.200	
	15	0	0	0	2.000	2.000	0.200
	16	0	0	0	2.000	2.000	0.200
	17	0	0	0	2.000	2.000	0.200
	18	0	0	0	2.000	2.000	0.200
	19	0	0	0	2.000	2.000	0.200
	20	0	0	0	2.000	2.000	0.200

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

²⁾X₁, X₂, X₃; See Table 1.

총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀의 함량은 Lim 등(33)의 방법에 준하여 시료 1 mL에 2% Na₂CO₃ 1 mL를 가하고 실온에서 3 분간 방치한 다음 50% folin ciocalteu's phenol reagent 0.2 mL로 발색시킨 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 tannic acid를 표준물질로 한 표준곡선에 의하여 산출하였다.

전자공여능

각 시료의 전자공여능(EDA, Electron Donating Ability)은 Blois의 방법(34)에 준하여 측정하였다. 즉, 시료 0.2 mL에 4 × 10⁻⁴ M DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)용액 0.8 mL를 가하여 vortex mixer로 10초간 진탕한 다음 상온에서 10분간 방치 후 525 nm에서 흡광도를 측정하여 계산식, EDA(%) = {1 - (시료첨가구의 흡광도/무첨가구의 흡광도) × 100}에 의하여 산출하였다.

환원력

환원력은 Saedehe 등(35)의 방법에 준하여 시료 1 mL에 0.2 M phosphate buffer (pH 6.6) 2.5 mL과 1% potassium ferricyanide 용액 2.5 mL를 가한 후 50°C에서 30분간 반응시켰다. 다음에 10% TCA용액 2.5 mL를 가한 다음 1,650 × g에서 10 분간 원심분리 하였다. 원심분리한 상정액 2.5 mL에 증류수 2.5 mL과 0.1% FeCl₃용액 0.5 mL을 가한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 반응액은 Fe³⁺과 Fe²⁺ 간의 상호 전환에 의하여 청록색을 나타내며 흡광도 값이 클수록 높은 환원력을 의미한다.

통계처리

관능평가 및 항산화 분석 결과는 3회 반복치의 평균값 ±SD로 표시하였으며, Duncan's multiple range test는 SPSS(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc, Chicago, IL, USA) program을 사용하였다.

결과 및 고찰

관능적 특성

어성초 열수추출액의 첨가비율, 등굴레 열수추출액의 첨가비율 및 구기자 열수추출액의 첨가비율 등 세 가지 요인을 독립변수로, 이들 혼합액의 색상, 냄새, 맛 및 종합적기호도 등 네 가지 관능적 특성을 종속변수로 하여 Box-Behnken design으로 프로그램 된 혼합조건에서 관능평가를 실시하였다. 그 결과 혼합액의 색상에 대한 기호도는 3.05~8.22, 냄새에 대한 기호도는 3.99~7.31, 맛에 대한 기호도는 3.70~8.28, 종합적기호도는 2.67~8.24 범위로서 열수추출액들의 농도가 중심점인 경우에 네 가지의 관능적 특성 모두

가 좋은 것으로 나타났다(Table 3). 이와 같은 결과를 바탕으로 색상, 냄새, 맛 및 종합적기호도에 대한 반응표면분석을 함에 있어서 second order polynomial model의 적합도 여부와 실측치와 예측치의 정확도를 분산분석한 결과(Table 4), 색상, 냄새, 맛 및 종합적기호도 모두 second order polynomial model이 적합($p < 0.05$)한 것으로 나타났다. 그리고 색상, 맛 및 종합적기호도에 대한 결정계수 R^2 는 각각 0.9957, 0.9927 및 0.9887로 정확도가 매우 높으며 통계적으로($p < 0.05$) 유의적인 결과가 나왔으므로 독립변수(어성초, 등굴레 및 구기자 열수추출액의 첨가비율)에 대한 종속변수(색상, 맛 및 종합적기호도)의 반응결과를 second order polynomial model로서 충분히 예측할 수 있음을 보여 주었다. 그러나 냄새에 대한 R^2 값은 0.8808로서 유의하기는 하나 색상, 맛 및 종합적기호도의 R^2 값에 비해서는 낮은 수준이었다. 한편, lack of fit는 색상, 맛 및 종합적기호도에 대해서는 not significant ($p < 0.05$)로 second order polynomial model이 적합한 것으로 나왔으나, 냄새에 대해서는 모델의 적합도가 결여된 것으로 나타났다. 회귀방정식을 위한 다중회귀분석결과(Table 5), 색상, 맛 및 종합적기호도는 일차회귀방정식과 이차회귀방정식 모두 유의성이 인정되었다($p < 0.05$).

냄새의 경우, 일차회귀방정식에서는 어성초 열수추출액의 첨가비율($p < 0.10$)과 등굴레 열수추출액의 첨가비율($p < 0.05$)은 유의성이 인정되었으나 구기자 열수추출액의 첨가비율에 대해서는 유의성이 인정되지 않았으며, 이차회귀방정식은 어성초 열수추출액의 첨가비율($p < 0.05$), 등굴레 열수추출액의 첨가비율($p < 0.05$) 그리고 구기자 열수추출액의 첨가비율($p < 0.10$) 모두 유의성이 있는 것으로 나타났다. 교호작용을 보면, 어성초와 등굴레 열수추출액의 상대적인 첨가비율($p < 0.05$) 및 등굴레와 구기자 열수추출액의 상대적인 첨가비율($p < 0.05$)이 색상에 유의적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 냄새에 대해서는 교호작용은 인정되지 않았고, 맛에 대해서는 세 가지 조합 모두 유의성이 인정되었으며($p < 0.05$), 종합적기호도에 대해서는 등굴레와 구기자 열수추출액의 상대적 첨가비율만 유의성이 인정되었다($p < 0.10$). 이상의 결과로 보아 본 연구에서는 이차회귀방정식이 적합한 것으로 보고 이들의 회귀방정식을 구하였으며(Table 6), RSM에 의하여 독립변수에 대한 종속변수의 반응 표면상태를 3차원 분석(3-D plot)과 등고선 분석(contour map)을 통하여 최적화를 수행하였다. 이 때 R^2 값 0.8808로서 유의성이 인정되었으나($p < 0.05$), lack of fit가 significant ($p < 0.05$)로 나와 모델의 적합도가 결여된 것으로 분석된 냄새에 대해서는 3-D plot과 contour map을 통하여 반응의 경향은 살펴보았으나, 제조조건 최적화에서는 제외하였다(Fig. 1-5).

Table 3. The experimental design and resulting responses for Box-Benken design response surface analysis

No	Variables ¹⁾			Sensory quality ²⁾			
	X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
1	-1	-1	-1	7.01±0.39	5.42±0.33	6.52±0.19	5.09±0.07
2	+1	-1	-1	4.13±0.33	4.21±0.14	3.70±0.12	2.93±0.07
3	-1	+1	-1	5.20±0.80	5.94±0.11	7.22±0.16	6.68±0.09
4	+1	+1	-1	4.13±0.49	6.02±0.30	6.14±0.14	5.39±0.15
5	-1	-1	+1	6.89±0.69	4.52±0.22	5.31±0.21	4.93±0.06
6	+1	-1	+1	3.75±0.46	4.08±0.19	3.71±0.09	3.08±0.08
7	-1	+1	+1	4.63±0.35	5.81±0.17	7.15±0.16	6.43±0.10
8	+1	+1	+1	3.05±0.26	6.23±0.17	6.38±0.21	4.31±0.25
9	-1.68	0	0	6.50±0.31	6.92±0.13	6.83±0.16	5.58±0.21
10	+1.68	0	0	3.35±0.32	5.12±0.15	4.56±0.21	2.67±0.13
11	0	-1.68	0	6.10±0.20	3.99±0.11	4.30±0.22	4.51±0.31
12	0	+1.68	0	4.01±0.22	7.27±0.16	7.48±0.12	6.74±0.19
13	0	0	-1.68	5.99±0.36	6.74±0.22	5.80±0.16	6.47±0.16
14	0	0	+1.68	5.30±0.32	6.83±0.13	5.29±0.16	5.84±0.11
15	0	0	0	8.22±0.19	6.89±0.12	8.01±0.08	7.82±0.17
16	0	0	0	8.02±0.10	7.04±0.07	8.19±0.14	7.78±0.23
17	0	0	0	7.92±0.15	7.15±0.07	8.23±0.17	7.95±0.10
18	0	0	0	8.16±0.16	7.31±0.14	8.04±0.09	8.24±0.08
19	0	0	0	8.07±0.12	7.01±0.11	8.28±0.08	7.98±0.17
20	0	0	0	8.00±0.14	7.23±0.14	8.10±0.13	8.09±0.11

¹⁾X₁, X₂, X₃; See Table 1.

²⁾Y₁; color, Y₂; flavor, Y₃; taste, Y₄; overall acceptability. Values are mean±SD of 25 panels. Sensory scores of color, flavor, taste and, overall acceptability were evaluated from very poor (1 point) to very good (9 points).

Table 4. Analysis of variance (ANOVA) for fitted second order polynomial model and lack of fit for color, flavor, taste, and overall acceptability of various mixture of hot-water extracts from *Houttuynia cordata*, *Polygonatum odoratum* var *pluriflorum*, and *Lycium chinensis*

	df	Sum of squares			
		Color ^{a)}	Flavor ^{b)}	Taste ^{c)}	Overall acceptability ^{d)}
Model	9	62.08 ^{e)}	22.30 ^{e)}	45.62 ^{e)}	60.86 ^{e)}
Residual	10	0.27	3.02	0.34	0.69
Lack of fit	5	0.21 ^{f)}	2.90	0.28 ^{f)}	0.55 ^{f)}
Pure error	5	0.060	0.12	0.059	0.15
Correlation total	19	62.34	25.32	45.95	61.56

^{a)}Coefficient of correlation (R^2) for color was 0.9957.

^{b)}Coefficient of correlation (R^2) for flavor was 0.8808.

^{c)}Coefficient of correlation (R^2) for taste was 0.9927.

^{d)}Coefficient of correlation (R^2) for overall acceptability was 0.9887.

^{e)}Significant at 5% level.

^{f)}Not significant at 5% level.

Table 5. Estimated coefficient for the fitted second order polynomial representing the relationship between the response and process variables

Factor ¹⁾	Coefficients			
	Color	Flavor	Taste	Overall acceptability
Constant	8.07	7.13	8.14	7.99
Linear				
<i>Houttuynia</i>	-1.02 ^{a)}	-0.31 ^{b)}	-0.74 ^{a)}	-0.90 ^{a)}
<i>Polygonatum</i>	-0.61 ^{a)}	0.83 ^{a)}	0.95 ^{a)}	0.77 ^{a)}
<i>Lycium</i>	-0.24 ^{a)}	-0.06	-0.14 ^{a)}	-0.18 ^{a)}
Quadratic				
<i>Houttuynia</i>	-1.15 ^{a)}	-0.55 ^{a)}	-0.82 ^{a)}	-1.42 ^{a)}
<i>Polygonatum</i>	-1.10 ^{a)}	-0.69 ^{a)}	-0.75 ^{a)}	-0.89 ^{a)}
<i>Lycium</i>	-0.89 ^{a)}	-0.28 ^{b)}	-0.88 ^{a)}	-0.70 ^{a)}
Interactions				
<i>Houttuynia</i> × <i>Polygonatum</i>	0.42 ^{a)}	0.27	0.32 ^{a)}	0.08
<i>Houttuynia</i> × <i>Lycium</i>	-0.10	0.14	0.19 ^{a)}	-0.07
<i>Polygonatum</i> × <i>Lycium</i>	-0.14 ^{a)}	0.14	0.17 ^{a)}	-0.17 ^{b)}

¹⁾*Houttuynia*; hot-water extracts of *Houttuynia cordata*, *Polygonatum*; hot-water extracts of *Polygonatum odoratum* var *pluriflorum*, *Lycium*; hot-water extracts of *Lycium chinensis*.

^{a)}Significant at 5% level.

^{b)}Significant at 10% level.

의 색상에 대한 기호도가 높아지는 것으로 나타났으며(p < 0.05), 어성초와 구기자 열수추출액의 첨가비율간의 교호관계는 유의성이 인정되지 않았고(Table 5), 둥굴레와 구기자 열수추출액 첨가비율 간에는 구기자 열수추출액의 첨가비율이 중심점(0.20%) 부근, 둥굴레 열수추출액의 첨가비율이 중심점(2.00%)보다 약간 낮을 경우에 색상에 대한 기호도가 높아지는 것으로 나타났다(p < 0.05). 혼합액의 냄새에 대한 혼합비율간의 교호작용은 모든 조합에서 유의성이 인정되지 않았으나(Table 5), 어성초 열수추출액과 둥굴레 열수추출액, 어성초 열수추출액과 구기자 열수추출액, 둥굴레 열수추출액과 구기자 열수추출액의 교호작용의 경향을 살펴보면(Fig. 2), 모두 중심점 부근의 혼합비율에서 최대값을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 맛에 대한 열수추출액 혼합비율간의 교호작용은 어성초 열수추출액과 둥굴레 열수추출액, 어성초 열수추출액과 구기자 열수추출액, 둥굴레 열수추출액과 구기자 열수추출액의 관계에서 모두 유의성이 인정되었다(Table 5). 이들의 표면반응 역시 중심점 부근에서 모두 최대값을 보였으며(Fig. 3), 어성초 열수추출액과 둥굴레 열수추출액의 상대적 첨가비율이 맛의 기호도에 미치는 교호작용을 보면 어성초 열수추출액의 첨가비율은 중심점보다 낮고 둥굴레 열수추출액의 첨가비율이 중심점(2.00%)보다 높을 경우에 혼합액의 맛에 대한 기호도가 높아지는 것으로 나타났다. 어성초와 구기자

Table 6. Second order polynomial equations by RSM program for processing of beverage

Response ¹⁾	Second order polynomial equations ²⁾	R ² ³⁾	P-value
Y ₁	Y ₁ =8.07102-1.02276X ₁ -0.60665X ₂ -0.24240X ₃ -1.14947X ₁ ² -1.10351X ₂ ² -0.89491X ₃ ² +0.2125X ₁ X ₂ -0.096251X ₃ -0.14375X ₂ X ₃	0.9957	0.0001**
Y ₂	Y ₂ =7.13109-0.30587X ₁ +0.82642X ₂ -0.05848X ₃ -0.55412X ₁ ² -0.69200X ₂ ² -0.28365X ₃ ² +0.26875X ₁ X ₂ +0.13875X ₁ X ₃ +0.13875X ₂ X ₃	0.8808	0.0014**
Y ₃	Y ₃ =8.13509-0.73865X ₁ +0.95176X ₂ -0.13822X ₃ -0.82203X ₁ ² -0.75309X ₂ ² -0.87506X ₃ ² +0.32125X ₁ X ₂ +0.19125X ₁ X ₃ +0.17125X ₂ X ₃	0.9927	0.0001**
Y ₄	Y ₄ =7.98585-0.90167X ₁ +0.77107X ₂ -0.17570X ₃ -1.42179X ₁ ² -0.89146X ₂ ² -0.70407X ₃ ² +0.07500X ₁ X ₂ -0.06500X ₁ X ₃ -0.16500X ₂ X ₃	0.9887	0.0001**

¹⁾Y₁; color, Y₂; flavor, Y₃; taste, Y₄; overall acceptability.

²⁾X₁ is the % concentration of hot-water extracts from *Houttuynia cordata*, X₂ is the % concentration of hot-water extracts from *Polygonatum odoratum* var *pluriflorum*, X₃ is the % concentration of hot-water extracts from *Lycium chinensis*.

³⁾R² is coefficient of correlation for determination.

** : significant at p<0.05 level.

혼합액의 색상에 미치는 열수추출액들의 영향을 보여주는 3-D plot과 contour map은 Fig. 1과 같다. 어성초 열수추출액의 첨가비율과 둥굴레 열수추출액의 첨가비율, 어성초 열수추출액의 첨가비율과 구기자 열수추출액의 첨가비율, 둥굴레 열수추출액의 첨가비율과 구기자 열수추출액의 첨가비율 모두 중심점 부근에서 최대값 즉, 색상에 대한 기호도가 가장 높은 것으로 나타났다. 이들의 교호작용을 보면(Table 5), 어성초 열수추출액과 둥굴레 열수추출액의 첨가비율은 2가지 모두 중심점(2.00%)보다 낮을 경우에 혼합액

자 열수추출액간의 교호관계는 구기자 열수추출액 첨가비율이 중심점(0.20%) 부근이고 어성초 열수추출액의 첨가비율이 중심점(2.00%)보다 낮을 경우에 맛에 대한 기호도가 증가하였고, 둥굴레와 구기자 열수추출액의 교호관계는 구기자 열수추출액의 첨가비율이 중심점(0.20%) 부근, 둥굴레 열수추출액의 첨가비율이 중심점(2.00%)보다 높을 경우에 맛에 대한 기호도가 높아지는 것으로 나타났다(p < 0.05). 혼합액의 종합적기호도에 미치는 열수추출액 첨가비율 간 교호작용(Fig. 4)은 둥굴레 열수추출액과 구기자 열수추출

액의 첨가비율 간 교호작용만 유의성이 인정되었으며 (Table 5), 둥굴레 열수추출액의 첨가비율이 중심점(2.00%)보다 높고 구기자 열수추출액의 첨가비율이 중심점(0.20%)보다 약간 낮은 경우에 혼합액의 종합적기호도가 높아지는 것으로 나타났다($p < 0.05$).

설정하고 각 제한변수들의 contour map을 superimposing하였다. 그 결과 Fig. 5의 검은 사선 부분에서 나타난 것과 같이 3가지 제한변수들이 교집합부분은 어성초(Houttuynia)와 둥굴레(Polygonatum) 열수추출액의 경우 어성초 열수추출액의 첨가비율은 1.62~2.00%, 둥굴레 열수추출액의 첨

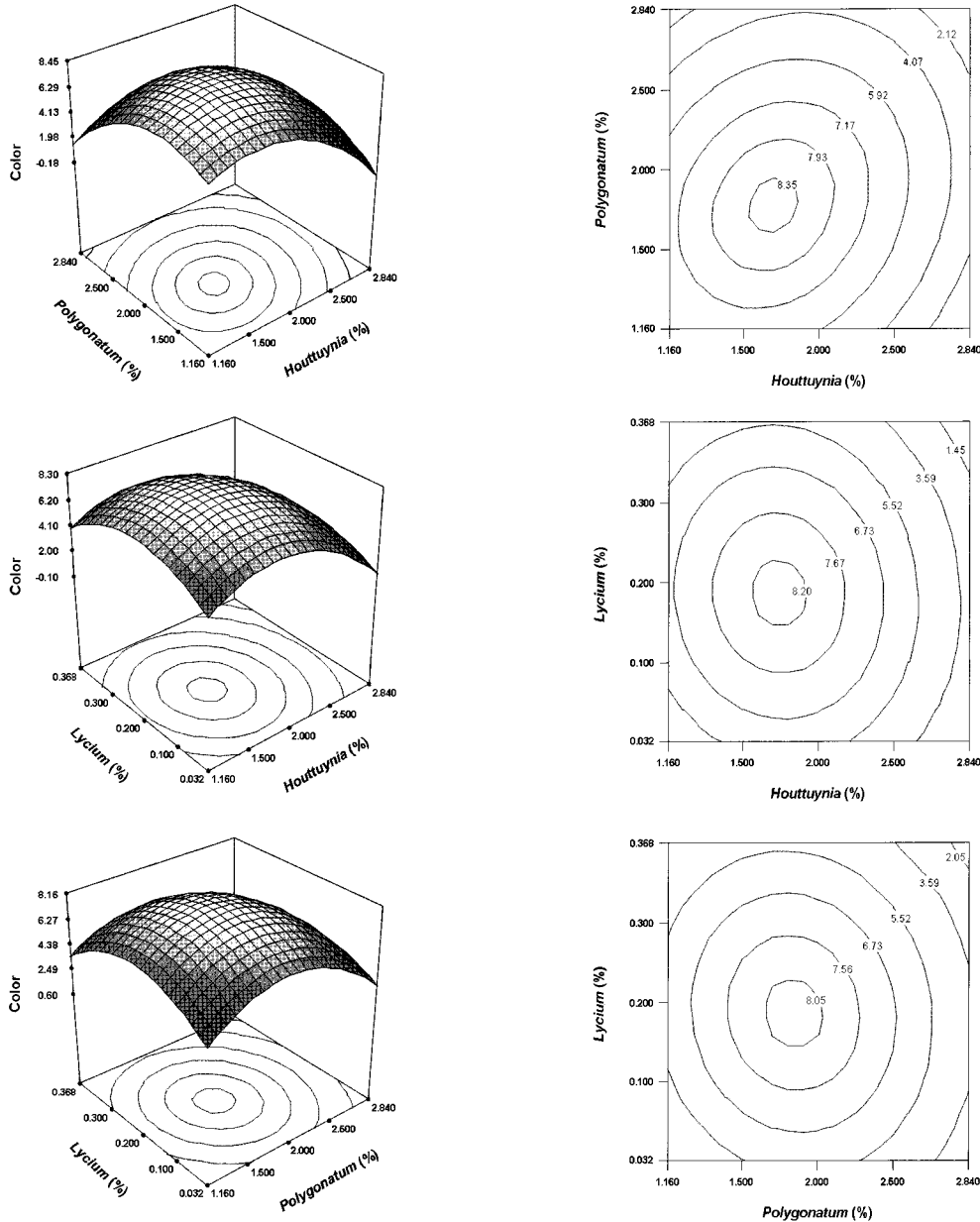


Fig. 1. Response surface (left) and contour map (right) of the color according to adding ratio (%) of hot-water extracts of *Houttuynia cordata* (*Houttuynia*), *Polygonatum odoratum* var *pluriflorum* (*Polygonatum*), and *Lycium chinensis* (*Lycium*).

최적 혼합조건 예측

음료 제조조건 최적화 즉, 어성초, 둥굴레 및 구기자의 열수추출액들의 최적 혼합비율을 예측하기 위하여 결정계수인 R² 값과 반응모델의 적합도 및 통계적인 유의성을 모두 충족시키는 색상, 맛 및 종합적기호도를 제한변수로

가비율은 2.01~2.21%이고, 어성초와 구기자(Lycium) 열수추출액의 경우는 어성초 열수추출액의 첨가비율은 1.72~1.75%, 구기자 열수추출액의 첨가비율은 0.18~0.19%이며, 둥굴레 열수추출액과 구기자 열수추출액의 경우는 둥굴레 열수추출액의 첨가비율은 1.72~1.75%, 구기자 열수추출

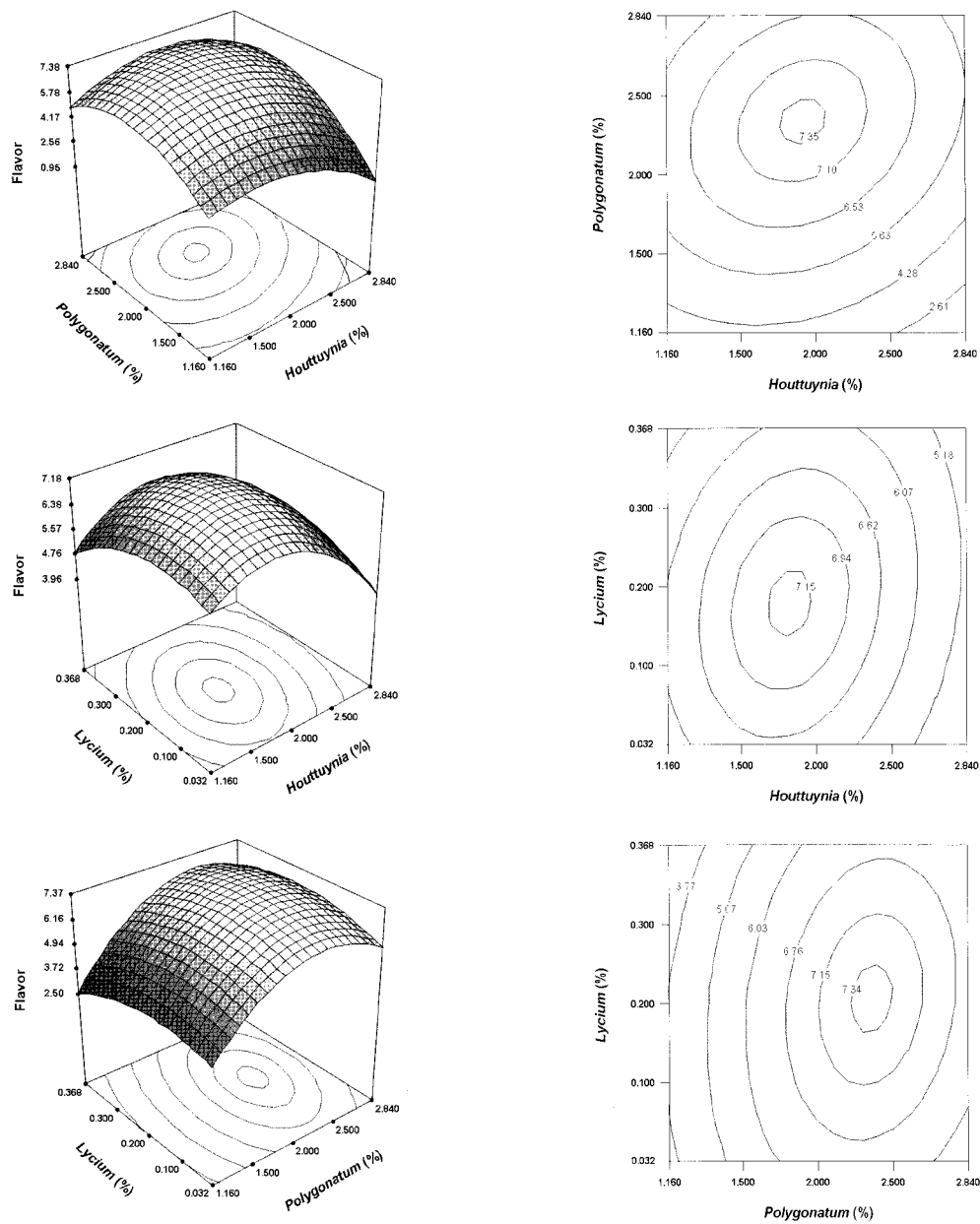


Fig. 2. Response surface (left) and contour map (right) of the flavor according to adding ratio (%) of hot-water extracts of *Houttuynia cordata* (*Houttuynia*), *Polygonatum odoratum* var *pluriflorum* (*Polygonatum*), and *Lycium chinensis* (*Lycium*).

액의 첨가비율은 0.18~0.19%이었다. 이렇게 예측된 각 요인의 첨가비율을 모두 충족시키는 범위는 어성초 열수추출액의 경우 1.72~1.75%, 둥굴레 열수추출액의 경우 2.14~2.15%, 구기자 열수추출액의 경우는 0.18~0.19%이었다.

따라서 이들 각 요인의 중앙값을 산출하여 관능적 최적점을 구하고자 하였으며, Table 7에 나타난 결과와 같이 음료 제조 시 열수추출액들의 최적 혼합비율은 어성초 열수추출액의 첨가비율 1.74%, 둥굴레 열수추출액의 첨가비율 2.15%, 구기자 열수추출액의 첨가비율 0.19%인 것으로 예측되었다.

음료의 항산화 효과

둥굴레, 어성초 및 구기자의 열수추출액(g/mL)을 각각 1%로 희석하여 이들의 항산화능과 이들 열수추출액을 혼합하여 제조한 음료의 항산화능을 비교 검토하였다(Table 8). 그 결과 총 페놀 함량은 구기자 3.65 mg/mL, 어성초 2.82 mg/mL, 둥굴레 2.40 mg/mL 순이었고, 전자공여능은 어성초 25.44%, 구기자 18.91%, 둥굴레 12.97% 순이었다. 환원력은 구기자가 0.41이었으며 어성초와 둥굴레 0.11과 0.10이었다. 음료는 총 폴리페놀 3.42 mg/mL, 전자공여능 23.78%, 환원력 0.26이었다. 구기자의 총 폴리페놀 함량은 Cho 등(36)은 물 추출물이 9.5 mg/g, 60% 에탄올 추출물이

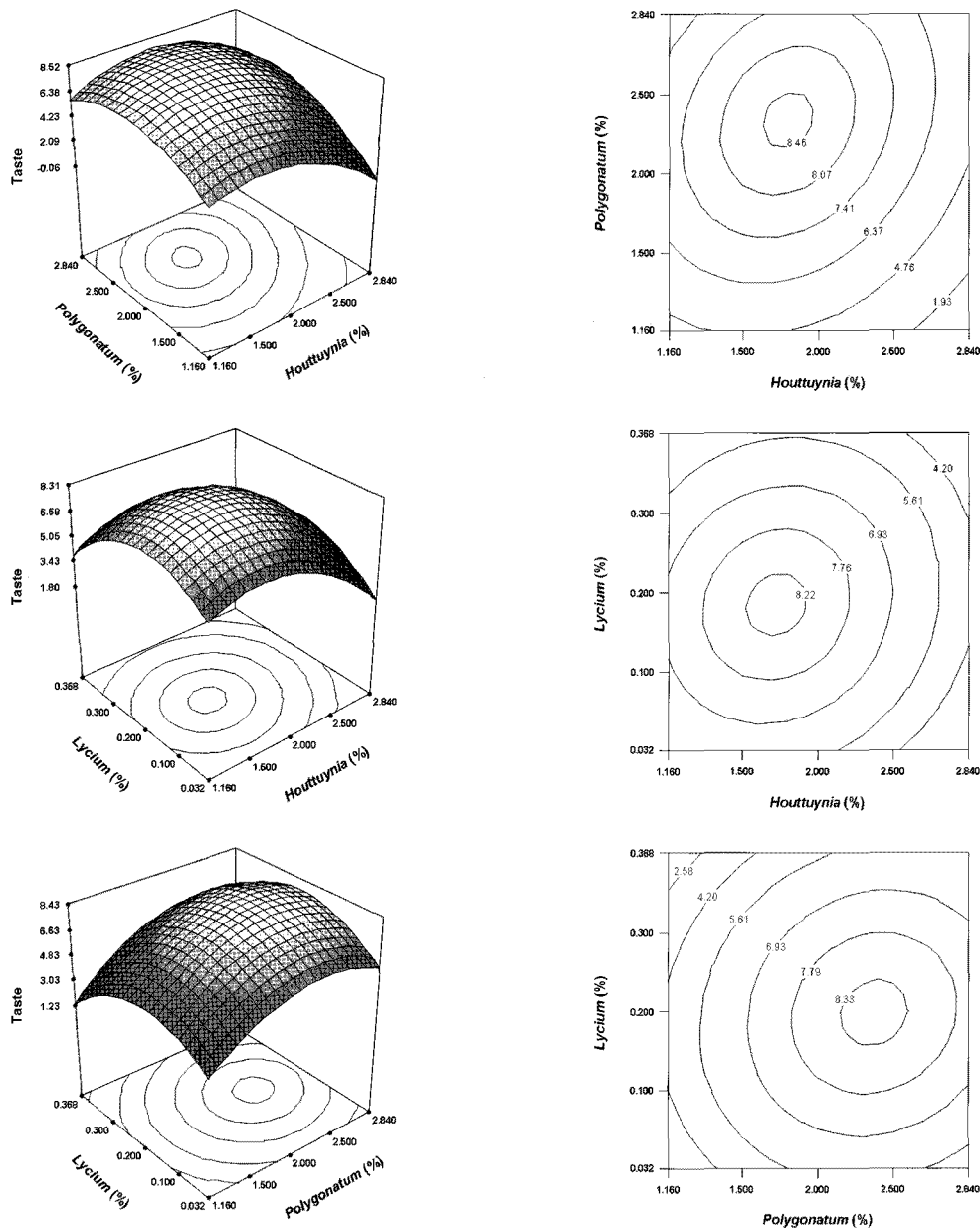


Fig. 3. Response surface (left) and contour map (right) of the taste according to adding ratio (%) of hot-water extracts of *Houttuynia cordata* (*Houttuynia*), *Polygonatum odoratum* var *pluriflorum* (*Polygonatum*), and *Lycium chinensis* (*Lycium*).

8.7 mg/g라 하였으며, Shon 등(37)은 물 추출물 19.0 mg/g, 50% 에탄올 추출물 7.7 mg/g, 100% 에탄올 추출물 6.9 mg/g 라 하여 본 연구결과(3.65 mg/mL)보다는 높았는데, 이는 추출방법의 차이와 희석배율의 차이에 의한 것으로 사료된다. 한편, Park(38)은 갈근, 감초, 황금, 당귀, 다시마, 대추, 동충하초, 매실, 구기자, 뽕잎, 감잎, 국화, 오가피, 작약, 천궁 등 15종 약용식물을 각 분량만큼 혼합하여 물로 추출하는 물 추출물과 이들을 발효시킨 후 추출하는 발효 추출물의 전자공여능을 측정할 결과, 물 추출물의 전자공여능은 24.47%이었으며, 발효 추출물의 전자공여능은 12.01%라 하여 본 실험결과(12.97~25.44%)와 유사한 수준이었다.

총 페놀 함량은 항산화나 항균 특성을 보여주는 성분들이 대부분 페놀구조를 가지고 있기 때문에, 항산화 기능성물질의 함유 여부나 항산화 능력을 기능하는 척도로 활용되고(39), 전자공여능은 자유라디칼에 전자를 공여하여 식품 산화를 억제하고 생체의 노화를 억제하는 작용을 할 뿐만 아니라(40), phenolic acid와 flavonoid 및 기타 페놀성 물질의 항산화능을 측정할 때 지표로 이용되기도 한다(41). 환원력 역시 항산화 활성과 밀접한 관련이 있어(42), 항산화 활성의 지표로 활용되고 있다(43). Park(38)은 갈근, 감초, 황금, 당귀, 다시마, 대추, 동충하초, 매실, 구기자, 뽕잎, 감잎, 국화, 오가피, 작약, 천궁 등 15종의 약용식물을 이용

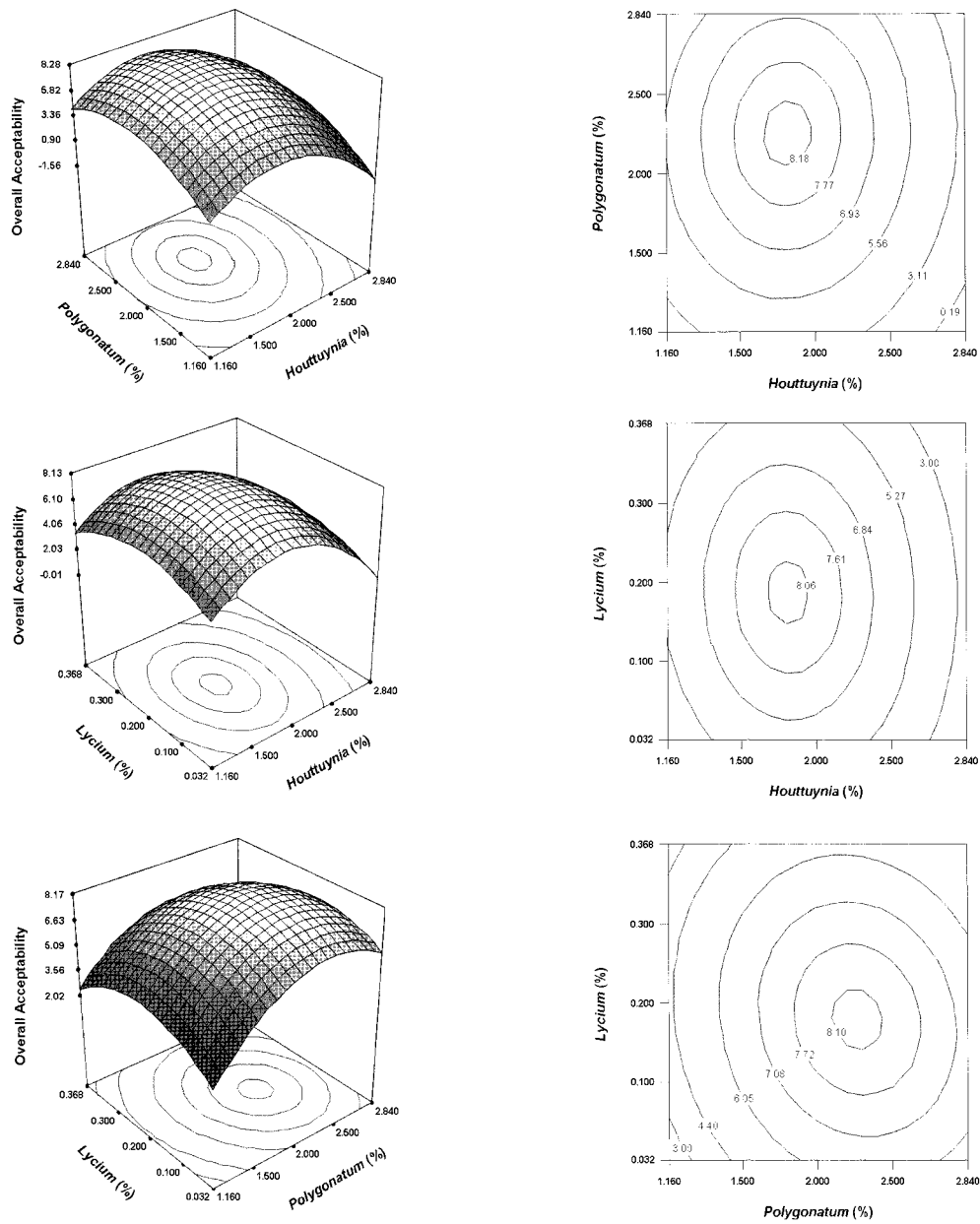


Fig. 4. Response surface (left) and contour map (right) of the overall acceptability according to adding ratio (%) of hot-water extracts of *Houttuynia cordata* (*Houttuynia*), *Polygonatum odoratum* var *pluriflorum* (*Polygonatum*), and *Lycium chinensis* (*Lycium*).

한 기능성음료 개발 연구에서 이들의 물추출물과 발효추출물의 전자공여능을 측정된 결과, 물추출물의 전자공여능은 24.47%이었으며 발효추출물의 전자공여능은 12.01%라 하여 물추출물의 전자공여능은 본 음료의 전자공여능(23.78%)과 유사하였고 발효추출물의 전자공여능은 본 음료의 전자공여능보다 낮은 수준이었다. 한편 Lee 등(44)은 항산화 활성이 높은 것으로 알려진 꾸지뽕잎차의 총 폴리페놀 함량과 전자공여능을 추출용매를 달리하여 조사한 결과, 알코올과 물 추출물의 총 폴리페놀 함량은 잎차 1 g당 각각 14.16 mg과 13.12 mg, 전자공여능은 29.01%와 29.97%

Table 7. Optimum process conditions for maximum response of color, taste, overall acceptability by superimposition their contour maps

Process conditions ¹⁾	Optimum range	Optimum condition
<i>Houttuynia</i> (%)	1.72-1.75	1.74
<i>Polygonatum</i> (%)	2.14-2.15	2.15
<i>Lycium</i> (%)	0.18-0.19	0.19

¹⁾*Houttuynia*; hot-water extracts of *Houttuynia cordata*, *Polygonatum*; hot-water extracts of *Polygonatum odoratum* var *pluriflorum*, *Lycium*; hot-water extracts of *Lycium chinensis*.

이었다고 하여 본 음료에 비해 총 페놀 함량은 꾸지뽕잎차 가 4배 가량 높았으나 전자공여능은 유사한 수준이었다.

이상의 결과들로 보아 본 연구에서 공시한 재료들은 친산화성물질(prooxidant)의 활성을 억제시킬 수 있는 항산화능을 상당 정도 지니고 있음을 확인할 수 있었으며, 음료 역시 이들 재료의 항산화 특성을 잘 반영하고 있음을 확인할 수 있었다.

Table 8. Total polyphenol (TP) contents, electronic donation activity (EDA), and reducing power (RP) of extracts and beverage

	TP(mg/mL)	EDA(%)	RP(OD ₇₀₀)
Extracts ¹⁾			
<i>Polygonatum</i>	2.40±0.06 ^{d2)}	12.97±1.29 ^d	0.10±0.00 ^c
<i>Houttuynia</i>	2.82±0.05 ^c	25.44±0.75 ^a	0.11±0.02 ^c
<i>Lycium</i>	3.65±0.04 ^a	18.91±0.69 ^c	0.41±0.10 ^a
Beverage ³⁾	3.42±0.08 ^b	23.78±3.51 ^b	0.26±0.01 ^b

¹⁾*Polygonatum*; 1% hot-water extracts of *Polygonatum odoratum* var *pluriflorum*, *Houttuynia*; 1% hot-water extracts of *Houttuynia cordata*, *Lycium*; 1% hot-water extracts of *Lycium chinensis*.

²⁾Values are mean±SD of triplicate determinations. Different superscripts within a column (a-d) indicate significant differences (p<0.05).

³⁾Beverage was manufactured with 2.15% hot-water extract of *Polygonatum odoratum* var *pluriflorum*, 1.74% hot-water extract of *Houttuynia cordata*, and 0.19% hot-water extract of *Lycium chinensis*.

요 약

본 연구에서는 당류 등 별도의 첨가물질을 전혀 사용하지 않고 오직 둥굴레, 어성초 및 구기자로부터 추출한 열수추출액만을 혼합하여 기호도가 높으면서도 혈당 및 지질대사 개선 효능을 가진 건강음료를 제조하는 연구의 일환으로, 관능평가와 반응표면분석에 의하여 이들 재료의 혼합비율을 최적화하고 최적 비율로 혼합 제조한 음료의 항산화능을 조사하였다. 그 결과, 음료 제조 시 열수추출액들의 최적 혼합비율은 둥굴레 열수추출액의 첨가비율 2.15%, 어성초 열수추출액의 첨가비율 1.74%, 구기자 열수추출액의 첨가비율 0.19%인 것으로 예측되었다. 제조한 음료의 항산화능을 알아보기 위하여 조사한 총 폴리페놀, 전자공여능 및 환원력은 각각 3.42 mg/mL, 23.78% 및 0.26이었다.

참고문헌

1. Korea centers for disease control and prevention. (2008) The fourth Korea national Health and Nutrition Examination Survey (KNHANES IV) Korea. Seoul, Korea. p. 30-37
2. Kim JP, Chon IJ, Cho HK, Ham IH, Whang WK. (2004) The antioxidant and the antidiabetic effects of ethanol extract from biofunctional foods prescriptions. Korean J. Pharm., 35, 98-103
3. Jung IC, Na HY, Lee YH, Park SH. (2007) Study on the *Gastrodiae rhizoma* as applications in yacksun (medicated diets) for preventing of cerebral cardiovascular disease. Development and sensory characteristics of dasik made from *Gastrodiae rhizoma*. J. East Asian Soc. Dietary Life, 17, 205-257
4. Kwon JH, Shin JK, Moon KD, Chung HS, Jeong YJ, Lee EJ, Ahn DU. (2006) Color, volatiles and organoleptic acceptability of mixed powders of red ginseng and cheonggukjang. Korean J. Food Preserv., 13, 483-489
5. Lee WJ, Kim SY. (2003) The Study on the functional materials and effects of mulberry leaf. Food Science and Industry, 36, 2-14
6. Jeon ER, Park ID. (2006) Effect of angelica plant powder on the quality characteristics of batter cakes and cookies. Korean J. Soc. Food Cookery Sci., 22, 62-68
7. Rho SN, Oh HS. (2002) Effect of omija (*Schizandra chinensis* Baillin) extracts on the growth of liver cancer cell line SNU398. J. Korean Nutr. Soc., 35, 201-206
8. Yoo JH, Cha JY, Jeong YK, Chung KT, Cho YS. (2004) Antioxidative effects of pine (*Pine densiflora*) needle

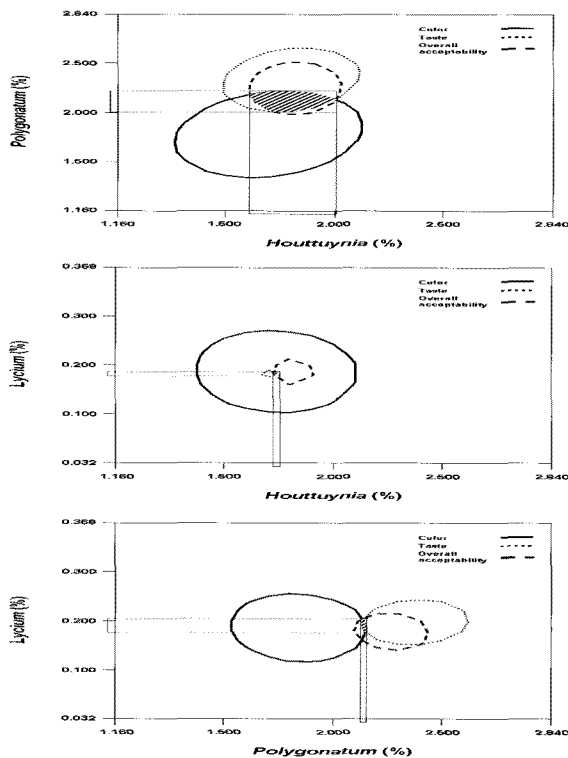


Fig. 5. Superimposed contour maps of optimized conditions for beverage manufactured with hot-water extracts of *Houttuynia cordata* (*Houttuynia*), *Polygonatum odoratum* var *pluriflorum* (*Polygonatum*), and *Lycium chinensis* (*Lycium*).

- extracts. *J. Life Sci.*, 14, 863-867
9. Park GS, An SH, Choi KH, Jeoung JS, Park CS, Choi MA. (2000) Preparation of the functional beverages by fermentation and its sensory characteristics. *Korean J. Soc. Food Sci.*, 16, 663-669
 10. Hur NY, Baek EK. (2005) Development of traditional drinks using sangmaksan. *Korean J. Cul. Res.*, 11, 166-178
 11. Kim SJ, Kim CK, Kim GH. (2004) Quality characteristics of aster scaber and development of functional healthy drinks using its extract. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.*, 20, 310-316
 12. Youn SJ, Kim GE, Jeong YJ. (2003) Monitoring on recipe of old pumpkin extract drink. *Korean J. Food Preserv.*, 10, 308-313
 13. Park SH, Baek SH, Han SH. (2004) Effects in blood pressure and cerebral blood flow with green ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) and development of health drink by using it. *Korean J. Food Culture*, 19, 150-157
 14. Min SH, Park HO, Oh HS. (2002) A study on the properties of hot water extracts of Korean dried tangerine peel and development of beverage by using it. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.*, 18, 51-56
 15. Shin KA, Kwon DK, Song YJ. (2007) The effect of *Phellinus linteus* extract supplementation on exercise performance, muscle fatigue and related blood components. *Korean J. Exercise Nutr.*, 11, 117-122
 16. Park SH, Hwang HS, Han JH. (2004) Development of drink from composition with medicinal plants and evaluation of its physiological function. *J. Korean Nutr. Soc.*, 37, 364-372
 17. Kim JH, Park JH, Park SD, Choi SY, Seong JH, Moon KD. (2002) Preparation and antioxidant activity of health drink with extract powders from safflower (*Carthamus tinctorius* L.) seed. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 34, 617-624
 18. Seo KH, Kim SH. (2001) A study on the analysis of oriental functional beverage and on the blood alcohol concentration of fat after drinking liquors. *Korean J. Food & Nutr.*, 14, 222-227
 19. Yoo J, Song DS. (2004) The *Houttuynia cordata* drink's fatigue-relieving effect on athletes and general population. *J. Korean Sport Research*, 15, 1345-1356
 20. Cha JY, Jeon BS, Park JW, Moon JC, Cho YS. (2004) Effect of fermented compositions containing *Inonotus obliquus* with *Houttuynia cordata* on growth of human AGS gastric and HCT-15 colon cancer cells. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.*, 47, 202-207
 21. Chung CK, Hanm SS, Lee SY, Oh DH, Choi SY, Kang IJ, Nam SM. (1999) Effects of *Houttuynia cordata* ethanol extracts on serum lipids and antioxidant enzymes in rats fed high fat diet. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 28, 205-211
 22. Kim DH, Lim JJ, Lee JJ, Jung WC, Shin HJ, Lee HJ, Kim GS, Kim S. (2008) Antibacterial and therapeutic effects of *Houttuynia cordata* ethanol extract murine salmonellosis. *Korean J. of Environmental Agriculture*, 27, 156-162
 23. Kim TJ. (1994) Wild grass of Korea. Gukil munwhasa Co. Seoul, Korea. p. 190
 24. Ahn DG. (1993) Restorative of Korea. Yeollinbooks. Seoul, Korea. p. 307-312
 25. Kim JK, Lee YJ. (1980) Pharmacognostical studies on the rhizome of *Polygonatum robustum* Nakai. *Korean J. Pharm.*, 11, 69-74
 26. Kwon KD, Park WJ, Kim SA. (2007) Buying decision making factors and marketing strategies of *Lycium chinense*. *Korean J. Agric., Management Policy*, 34, 422-443
 27. Park YJ, Kim MH, Bae SJ. (2002) Enhancement of anticarcinogenic effect by combination of *Lycii fructus* with vitamin C. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 31, 143-148
 28. Kang MH, Kim TS, Park WJ. (2007) Effect of antioxidant activity and changes in vitamin C during storage of *Lycii folium* extracts prepared by different cooking methods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 36, 1578-1582
 29. Kim KT, Kim JO, Lee GD, Kwon JH. (2005) Antioxidative and nitrite scavenging activities of *Polygonatum odoratum* root extracts with different steaming and roasting conditions. *Korean J. Food Preserv.*, 12, 166-172
 30. Park WJ, Lee BC, Lee JC, Lee EN, Song JE, Lee DH, Lee JS. (2007) Cardiovascular biofunctional activity and antioxidant activity of gugija (*Lycium chinensis* Mill) species and its hybrids. *Korean J. Medicinal Crop. Sci.*, 15, 391-397
 31. Lee WS. (1998) A new experimental design. Youngpoongbooks. Seoul, Korea. pp 317-380
 32. Meilgaard M, Civille GV, Carr BT. (1987) Sensory Evaluation Techniques. CRC Press. USA. p. 39-112
 33. Lim TK, Park HW, Hwang YS, Choi JE. (2007) Potential role of polyphenolics and polyphenol oxidase on the induction of browning in ginseng roots. *Korean J. Crop.*

- Sci., 52, 289-295
34. Blois MS. (1958) Antioxidant determinations by the use of stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1120
 35. Saeedeh AD, Urooj A. (2007) Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry (*Morus indica* L) leaves. *Food Chem.*, 102, 1233-1240
 36. Cho YJ, Chun SS, Cha WS, Park JH, Lee KH, Kim JH, Kwon HJ, Yoon SJ. (2005) Antioxidative and antihypertensive effects of *Lycii fructus* extracts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 34, 1308-1313
 37. Shon HK, Lee YS, Park YH, Kim MJ, Lee KA. (2008) Physicochemical properties of gugija (*Lycii fructus*) extracts. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.*, 24, 905-911
 38. Park YS. (2007) Development of functional beverages using distilled extract of Korean medicinal herb. *J. East Asian Soc. Dietary Life*, 17, 384-392
 39. Choe JH, Jang AR, Lee BD, Liu XD, Song HP, Jo CH. (2008) Antioxidant and antimicrobial effects of medicinal herb extract mix in pork patties during cold storage. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.*, 27, 122-129
 40. Lee KD, Chang HK, Kim HK. (1997) Antioxidative and nitrite scavenging activities of edible mushrooms. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 29, 432-436
 41. Kang YH, Park YK, Lee GD. (1996) The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 28, 232-239
 42. Siddhuraju P, Mohan PS, Becker K. (2002) Studies on the antioxidant activity of indian laburnum (*Cassia fistula* L): a preliminary assessment of crude extracts from stem bark, leaves, flowers and fruit pulp. *Food Chem.*, 79, 61-67
 43. Meir S, Kanner J, Akiri B, Hadas SP. (1995) Determination and involvement of aqueous reducing compounds in oxidative defense systems of various senescing leaves. *J. Agric. Food Chem.*, 43, 1813-1815
 44. Lee JS, Han GC, Han GP, Kozukue N. (2007) The antioxidant activity and total polyphenol content of *Cudrania tricuspidata*. *J. East Asian Soc. Dietary Life*, 17, 696-702

(접수 2010년 6월 14일, 수정 2010년 11월 11일, 채택 2010년 11월 19일)