J Korean Soc Food Sci Nutr
46(11), 1386~1396(2017)

한국식품영양과학회지
https://doi.org/10.3746/jkfn.2017.46.11.1386

반응표면분석법을 이용한 젖산발효 도라지 추출물이 첨가된 도라지 농축액 제품의 최적화 연구

이가순[1] · 성봉재[1] · 김선익[1] · 지무근[1] · 박신영[2] · 문중식[3] · 길미자[3] · 도은수[4] · 김현호[1]

[1]충남농업기술원 인삼약초연구소, [2]농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 발효식품과
[3](유)천년홍삼, [4]중부대학교 한방제약학과

Characteristics and Optimization of *Platycodon grandiflorum* Root Concentrate Stick Products with Fermented *Platycodon grandiflorum* Root Extracts by Lactic Acid Bacteria

Ka Soon Lee[1], Bong Jae Seong[1], Sun Ick Kim[1], Moo Geun Jee[1], Shin Young Park[2], Jung Sik Mun[3], Mi Ja Kil[3], Eun Soo Doh[4], and Hy[illegible]m[1]

[1]Ginseng & Medicinal Plant Research Institute, Chungnam Agricultur[illegible] Researc[illegible] & Institute
[2]Fermented Food Science Division, National Institute of Agri[illegible]ence, Rural Development Administration
[3]Chunnyeon-Hongsam Co., Ltd.
[4]Department of Herbal Pharmaceutical S[illegible]ce, Joongbu University

ABSTRACT The purpose of this study was to determine th[illegible]opti[illegible]um [illegible]*ycodon grandiflorum* root concentrate (PGRC, 65°Brix), fermented *P. grandiflorum* root extract by [illegible]*illus plantarum* (FPGRE, 2°Brix), and cactus *Chounnyouncho* extract (Cactus-E, 2°Brix) for preparation of PG[illegible]C st[illegible]product with FPGRE using response surface methodology (RSM). The experimental conditions were designed according to a central composite design with 20 experimental points, including three replicate[illegible]r three independent variables such as amount of PGRC (8~12 g), FPGRE (0~20 g), and Cactus-E (0~20 g). The [illegible]perimental data for the sensory evaluation and functional properties based on antioxidant activity and antimi[illegible]bial [illegible]cti[illegible]y were fitted with the quadratic model, and accuracy of equations was analyzed by ANOVA. For the respo[illegible]s, [illegible]ory a[illegible]d functional properties showed significant correlation with contents of three independent variables. The [illegible]sults in[illegible]ate that addition of PGRC contributed to increased bitterness and acridity based on the sensory test and anum[illegible]l activity, addition of FPGRE contributed to increased antioxidant activity and antimicrobial activity, and addition of Cactus-E contributed to increased fluidity based on the sensory test, antioxidant activity, and antimicrobial activity. Based on the results of RSM, the optimum formulation of PGRC stick product was calculat[illegible]as [illegible]GRC 8.456 g, FPGRE 20.00 g, and Cactus-Ex 20.00 g with minimal bitterness and acridity, as we[illegible]s[illegible]ed fluidity, antioxidant activity, and antimicrobial activity.

Key words: *Platycodon [illegible]ndiflor[illegible]* root concentrate stick product, optimization, response surface methodology (RSM), sensory, antimi[illegible]l activity

논문 심사

서 론

도라지(*Platycodon grandiflorum*)는 초롱꽃과에 속하는 다년생 초본류로서 주로 1~2년근은 식용으로 많이 애용되고, 3년근 이상의 도라지는 기관지 질환 치료 및 예방 재료로 애용되고 있는 식물이다(1,2). 도라지의 주된 약리성분으로 진해, 거담작용 등 기관지 질환 세균에 대하여 항균 효과(3), 혈당강하 작용(4), 콜레스테롤 대사 개선(5), 항비만 작용(6), 암세포 증식 억제 효과(7), 항산화 효과(8) 등의 연구들이 보고되고 있다. 도라지에는 platycodigenin, polygalacic acid 등 oleanane계 triterpene을 aglycone으로 한 20여종의 사포닌 종류들이 약 1~4% 정도 함유되어 있으며, 이들 사포닌 성분들은 도라지 추출물이 보여주는 다양한 약리활성의 활성성분으로 주목받고 있다(9-12). 도라지에 함유된 사포닌도 인삼 사포닌과 비슷하게 oleanane계 triterpene을 aglycone으로 하는 구조로 각 반응기에 각종 당들을 결합하고 있어 도라지의 사포닌을 이용할 경우 추출용매 및 조건 등에 의해서도 사포닌 추출수율이 다르며(13), 저장방법과 기간(14), 건조온도 및 방법(15), 가압 처리에 의해서 사포닌 구조의 변화가 오며 이에 따라 사포닌이 가지는 기능

Received 10 August 2017; Accepted 7 November 2017
Corresponding author: Ka Soon Lee, Ginseng & Medicinal Plant Research Institute, CNARES, Geumsan, Chungnam 32723, Korea
E-mail: lkasn@korea.kr, Phone: +82-41-635-6473

성도 변화가 온다고 하였다(16). 또한, 젖산발효에 의한 항산화 활성 개선 효과(17), *Aspergillus oryzae* 발효에 의한 항비만 개선 효과(18)뿐만 아니라 *Lactobacillus plantarum* 발효에 의한 항균 개선 효과(19) 등 발효처리를 통한 기능성 향상 관련 보고들이 나오고 있다. 이와 같이 도라지도 인삼과 같이 함유하고 있는 사포닌 종류가 다양하며 이의 가공 및 발효처리에 의하여 결합하고 있는 당물질의 분해 정도에 따라 구성하고 있는 사포닌 물질이 달라지고 있어 변환된 사포닌 구조물질에 의해 그 기능성이 향상되었을 것으로 생각된다. 최근 건강식품용으로 소비자들은 휴대하기 편하고 섭취가 용이한 유형의 제품을 선호하고 있다. 따라서 80 mL 이상의 파우치 형태의 제품에 대한 선호도보다 10 mL 내의 소량 포장으로 되어 있는 스틱형태의 제품을 선호하고 있는 실정이며, 또한 적은 용량이지만 유효성분의 함량이 높은 것을 선호한다. 대부분 파우치 형태의 제품에는 2°Brix 이하의 고형분이 함유되어 있는데 이를 고농도로 농축하여 제품화하기에는 맛과 생산에 효과적이지 못하여 일반적으로 일정 농도로 농축한 후 증점제를 첨가하여 물성을 조절하고 있는 실정이다. 천년초는 폴리페놀성 물질뿐만 아니라 다당체를 많이 함유하고 있어서(20-22) 착즙하거나 추출할 경우 점성을 상당히 많이 가지므로 이를 물성 조절하는 대체 천연물질로 이용 가능할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 최근 기후이상변화, 환경오염 및 황사현상 등으로 유발될 수 있는 기관지 질환 예방용으로 도라지 추출농축액, 발효 도라지 추출액 및 천년초 추출액을 이용한 도라지 추출농축액 스틱제품을 만들고자 하였으며, 쓴맛과 아린맛을 최대한 줄이고 흐름성을 낮추기 위해 다당체가 많이 함유되어 있고 점성이 높은 천년초 추출액을 이용하였다. 따라서 도라지 추출농축액, 발효 도라지 추출액 및 천년초 추출액을 이용한 도라지 추출농축액 스틱제품을 반응표면분석(response surface methodology, RSM)을 이용하여 기호성과 항산화 및 항균 활성에 대한 기능성을 고려한 고품질 도라지 추출농축액 스틱제품의 배합비를 개발하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 도라지(*Platycodon grandiflorum*)는 충남 금산군 포장에서 재배된 3년근 도라지를 2015년 10월 중순에 수확한 것으로 한 뿌리당 길이 20±2 cm, 중량 15±1 g 정도의 중뿌리를 선별하여 세척하고 탈수한 후 한약재의 표준 건조방법대로 40±1°C에서 온풍 건조하여 70 mesh로 분쇄한 다음 시료로 사용하였다. 도라지 추출농축액은 도라지 분말에 20배수의 물을 가하여 80±5°C의 온도에서 24시간 추출한 다음 65°Brix가 되도록 농축한 것을 사용하였다. 도라지 발효는 도라지 분말에 10배량을 물을 가하여 충분히 혼합한 후 121°C에서 20분간 멸균 처리한 다음, 농촌진흥청 국립농업과학원에서 제공받은 젖산균인 *Lactobacillus plantarum* N56-12를 MRS broth 배지에서 배양시켜 얻은 젖산균주액을 10^6 CFU/mL 농도가 되도록 멸균수로 희석한 후 멸균된 도라지 시료액에 대하여 3%(w/w)가 되도록 접종한 다음 37°C에서 4일간 발효시켰다. 발효 도라지 추출액은 발효된 도라지에 다시 10배량의 물을 첨가하여 80±5°C의 온도에서 24시간 추출 및 여과하여 얻은 후 2°Brix의 농도가 되도록 조정하여 사용하였다. 기타 농축액 스틱제품에 부재료로 천년초 추출액은 천년초(*Opuntia humifusa*) 생초를 20배수의 물을 넣고 80±5°C의 온도에서 24시간 추출한 것을 사용하였고, 기타 배 농축액(69°Brix)과 대추 농축액(68°Brix)은 (주)삼진내추럴(음성, 충북, 한국), 프락토올리고당은 (주)CJ 제일제당(인천, 한국), 꿀은 지리산 토종꿀농원(남원, 전북, 한국)에서 구입하여 사용하였다.

실험계획 및 농축액 제조

도라지 추출농축액과 발효 도라지 농축액의 최적 배합비를 탐색하기 위해 반응표면 실험계획법의 중심 합성 계획법(central composite design, CCD)에 따라 실시하였다. 독립변수로 도라지 추출농축액(X_1), 발효 도라지 추출액(X_2), 천년초 추출액(X_3)의 함량을 3개 요인으로 설정하여 세 가지 변수를 -1, 0, 1, 2의 5단계로 부호화하였다. 종속변수로는 관능적인 특성으로 쓴맛, 흐름성, 향 및 전반적인 기호도와 기능성으로 호흡기 질환 유발세균에 대한 항균성과 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH) 용액을 이용한 전자소거능에 의한 항산화 효과를 설정하였다. 도라지 추출농축액, 발효 도라지 추출액 및 천년초 추출액의 배합비율을 설정하기 위하여 예비실험 및 예비 관능평가를 실시하여 도라지 농축액 스틱제품의 배합 비율의 한계 구간을 결정시켜 표준화시켰다(Table 1). 발효 도라지 추출액을 첨가한 도라지 농축액은 Table 1과 같은 재료와 분량으로 혼합하여 살균 처리한 후 스틱형 포장지에 10 g씩 주입하여 봉입하고 상온에서 1개월간 숙성한 다음 실험의 시료로 이용하였다.

관능검사

관능검사는 농축액 제품을 음용한 경험이 있는 중장년층 남성 및 여성 각 10명을 대상으로 각 제품의 특성(전반적인 기호도, 아린맛 및 쓴맛, 흐름성)을 측정하였다(보건복지부 지정 공용기관생명윤리위원회 생명윤리 심의 승인번호: P01-2017-08-13-001). 도라지 농축액의 아린맛과 쓴맛은 7점 항목 척도법으로 1점은 '아린맛과 쓴맛이 가장 약하다, 흐름이 가장 나쁘다(점성이 약하다), 전체적인 기호도가 가장 낮았다'로, 7점은 '아린맛과 쓴맛이 가장 강하다, 흐름이 가장 좋다(점성이 좋다), 전체적인 기호도가 가장 높았다'로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능에 의한 항산화 활성

DPPH 라디칼 소거능은 DPPH free radical 소거법(23)

Table 1. Experimental design for *Platycodon grandiflorum* concentrates stick products with fermented *P. grandiflorum* root extracts by *Lactobacillus plantarum*

Sample[1)] No.	Run order	PGRC (g) X_1	FPGRE (g) X_2	Cactus-E (g) X_3	Pear Ex (g)	Jujube Ex (g)	Fructooligo-saccharide (g)	Honey (g)	Water (g)
1	12	-2 (8)	-2 (0)	-2 (0)	10	2	2	1	54.8
2	8	+2 (12)	-2 (0)	-2 (0)	10	2	2	1	54.8
3	7	+1 (11)	0 (10)	-2 (0)	10	2	2	1	54.8
4	11	-2 (8)	+2 (20)	-2 (0)	10	2	2	1	54.8
5	4	+2 (12)	+2 (20)	-2 (0)	10	2	2	1	54.8
6	10	-1 (9)	-2 (0)	-1 (5)	10	2	2	1	54.8
7	20	+2 (12)	-1 (5)	-1 (5)	10	2	2	1	54.8
8	5	-2 (8)	+1 (15)	-1 (5)	10	2	2	1	54.8
9	13	0 (10)	+2 (20)	0 (10)	10	2	2	1	54.8
10	6	+1 (11)	-2 (0)	+1 (15)	10	2	2	1	54.8
11	15	-2 (8)	-1 (5)	+1 (15)	10	2	2	1	54.8
12	19	+2 (12)	+1 (15)	+1 (15)	10	2	2	1	54.8
13	17	-2 (8)	-2 (0)	+2 (20)	10	2	2	1	54.8
14	18	+2 (12)	-2 (0)	+2 (20)	10	2	2	1	54.8
15	3	-1 (9)	0 (10)	+2 (20)	10	2	2	1	54.8
16	9	-2 (8)	+2 (20)	+2 (20)	10	2	2	1	54.8
17	16	+2 (12)	+2 (20)	+2 (20)	10	2	2	1	54.8
18	2	+2 (12)	+2 (20)	+2 (20)	10	2	2	1	54.8
19	1	+2 (12)	+2 (20)	+2 (20)	10	2	2	1	54.8
20	4	+2 (12)	+2 (20)	+2 (20)	10	2	2	1	54.8

[1)]PGRC, *P. grandiflorum* root extract (65°Brix); FPGRE, fermented *P. grandiflorum* root extract (2°Brix) by *L. plantarum* N56-12 for 96 hours at 37°C; Cactus-E, cactus (*Opuntia humifusa*) extract (2°Brix); Pear Ex, pear juice concentrate (69°Brix); Jujube Ex, jujube extract (68°Brix).

무단 전재 및 재배포 금지

을 변형하여 측정하였으며 1.5×10^{-4} M DPPH (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 용액 mL당 10배 희석한 각 시료를 0.1 mL 가하여 혼합한 후 30분 방치한 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하여 초기 흡광도에 대한 차이값을 백분율로 환산하여 항산화 활성을 비교하였다.

기관지 질환 유발세균의 배양 및 항균 효과 측정

기관지 질환 유발세균에 대한 도라지 추출발효물의 항균 활성을 조사하기 위하여 사용한 균을 Tryptic soy broth (TSB; Difco Co., Detroit, MI, USA) 배지에 생육이 활발한 *Corynebacterium diphtheriae* KCTC 3075 균과 *Staphylococcus aureus* KCTC 1621 균을 한국생명공학연구원 미생물 자원센터(대전, 한국)에서 분양받았다. 미생물 배양은 TSB 배지와 Trypic soy broth agar(TSA; Difco Co.)를 사용하여 37°C incubator에서 균주에 따라 24~39시간 배양하여 항균력 실험에 사용하였다. 기관지 질환을 유발하는 세균에 대한 항균 효과는 Lee 등(3,19) 및 Lee와 Moon(24)의 방법을 일부 변형하여 실시하였다. 각 균주는 TSB 배지에 접종한 후 24시간 배양한 다음 10^6 CFU/mL 농도가 되도록 멸균수로 희석한 균 배양액을 이용하였다. 혼합비율에 따른 시료는 TSB 배지에 1 g/mL가 되도록 조절한 후 시험액 10 mL씩 시험관에 주입한 다음 121°C에서 20분간 멸균한 후 10^6 CFU/mL 농도로 조절한 기관지 질환 유발세균을 10 μL씩 주입하여 37°C에서 50 rpm으로 진탕 배양하였다. 배양하는 동안 균종별에 따라 시간대별로 균의 성장을 spectrophotometer(Spectrophotometer X-ma 1200, Human Co., Seoul, Korea)를 이용하여 600 nm에서 흡광도를 측정하여 각 시료에 대한 항균력을 비교 조사하였다. 또한, 반응표면분석에 사용한 도라지 추출농축액 스틱제품의 항균력 값은 *C. diphtheriae* 균과 *S. aureus* 균 각각 도라지 추출농축액 스틱제품의 시료가 주입된 TSB 배지에서 생육 시 배양액의 흡광도가 660 nm에서 초기 흡광도에서 흡광도 0.2(1.0×10^4 CFU/mL) 값 이하를 유지하는 데 걸리는 시간, 즉 시험액이 들어간 배양액에서 기관지질환 유발세균의 생육이 저지되는 시간을 평균값으로 나타내었다.

통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복 실시하였으며 실험으로부터 얻은 결과는 SPSS Statistics(ver. 21, IBM Inc., Armonk, NY, USA)를 사용하여 분석하였다. 결과치는 실험군당 평균±표준편차로 표시하였고, 통계적 유의성 검정은 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 한 후 $P<0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test를 시행하였다. 반응표면분석은 Minitab 프로그램(Minitab ver 17, Minitab Inc., State College, PA, USA) 중심합성법을 이용하여 최적화 조건을 도출하였고 조건에 따른 실험을 실시하여 얻어진 결과로 반응표면분석을 실시하였다.

결과 및 고찰

관능특성

도라지 추출농축액, 발효도라지 추출액 및 천년초 추출액을 독립변수로 하여 20가지의 배합비율로 제조한 도라지 농축액 스틱제품에 대한 도라지의 쓴맛, 아린맛, 물성 및 전반적인 기호도에 대한 관능검사를 평가한 결과는 Table 2와 같았다. 설정된 반응별로 모델링화하여 F-test로 유의성을 검증한 결과와 회귀식은 Table 3과 같았고 반응표면분석 결과는 Fig. 1과 같이 나타났다. 회귀분석 결과 농축액 제품에 대한 관능 결과는 모두 독립변수가 상호작용을 하는 Quadratic이 적합한 모델로 채택되었으며 쓴맛, 아린맛, 물성 및 전반적인 기호도 등 검사한 모든 항목에 유의성이 나타났다. 쓴맛 및 아린맛에 대한 인지도는 도라지 추출농축액의 첨가량이 가장 큰 영향을 미쳤고, 특히 도라지의 아린맛이 쓴맛보다 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. 이는 도라지에 함유된 사포닌이 가지는 쓴맛과 도라지 자체가 가지고 있는 아린맛이 추출 농축됨으로써 쓴맛과 아린맛이 더 강해지고, 또 첨가되는 도라지 추출농축액이 65°Brix를 이용하였기 때문에 스틱제품을 만들 경우 첨가되는 도라지 추출농축액의 농도가 맛에 가장 영향을 많이 끼치는 것으로 볼 수 있었다. 따라서 쓴맛과 아린맛은 도라지 추출농축액의 첨가량이 증가할수록 강한 쓴맛과 아린맛을 나타내어 도라지 추출농축액 스틱제품의 쓴맛과 아린맛을 가장 강하게 인지하는 혼합조건은 발효도라지와 천년초 추출액을 첨가하지 않은 도라지 추출농축액만 12 g 첨가하였을 때 각각 5.61±

Table 2. Experimental data on sensory evaluation of *P. grandiflorum* concentrates stick products under different mixing conditions based on central composite design by response surface analysis

Sample No.	Mixing conditions			Respon			
	PGRC[1] (g)	FPGRE[2] (g)	Cactus-E[3] (g)	Bitterness	Acridity	Fluidity	Overall acceptance
1	8	0	0	4.43±	3.21±0.24	3.80±0.54	4.82±0.14
2	12	0	0	5.61±	0±0.53	5.44±0.25	4.40±0.25
3	11	10	0	5.20±0.	5. 0.41	4.02±0.30	4.91±0.34
4	8	20	0	4.17±0	2.58±0.10	3.01±0.09	5.39±0.16
5	12	20	0	5.18±0.1	5.90±0.31	4.22±0.25	5.01±0.28
6	9	0	5	4.72±0.33	3.22±0.21	4.00±0.23	4.90±0.17
7	12	5	5	5.44±0.25	6.01±0.35	5.59±0.24	4.92±0.52
8	8	15	5	3.41±0.30	2.19±0.18	3.32±0.09	5.63±0.09
9	10	20	0	4.30±0.25	3.02±0.22	4.20±0.15	6.20±0.11
10	11	0	5	5.02±0.42	5.04±0.34	4.48±0.20	5.22±0.20
11	8	5	1	4±0.25	2.13±0.16	4.42±0.14	5.80±0.14
12	12	15	15	5.08±0.16	5.61±0.52	6.02±0.30	5.81±0.26
13	8	0	20	3.82±0.18	1.90±0.09	5.20±0.27	5.33±0.09
14	12	0	20	4.90±0.23	5.68±0.36	6.31±0.26	5.22±0.17
15	9	10	20	4.02±0.51	2.03±0.05	5.40±0.11	6.20±0.20
16	8	1	20	3.20±0.31	1.72±0.10	5.02±0.20	6.01±0.16
17	12	1	20	4.72±0.32	5.20±0.27	6.50±0.09	5.22±0.20
18	12	1	20	4.64±0.37	5.14±0.33	6.44±0.14	5.39±0.25
19	12	20	20	4.39±0.33	5.33±0.28	6.52±0.12	5.31±0.22
20	12	1	20	4.62±0.31	5.14±0.29	6.31±0.15	5.24±0.18

[1]PGRC: *P. grandiflorum* root extract (65°Brix).
[2]FPGRE: fermented *P. grandiflorum* root extract (2°Brix) by *L. plantarum* N56-12 for 96 hours at 37°C.
[3]Cactus-E: cactus (*O. humifusa*) extract (2°Brix).

Table 3. Polynomial equation by RSM program for sensory characteristics of *P. grandiflorum* concentrates stick products with fermented *P. grandiflorum* root extracts by *L. plantarum*

Response	Model	R^2	F-value	Prob>F	Polynomial equation[1]
Bitterness	Quadratic	0.9461	19.51	<0.0001	$4.6503+0.5347X_1-0.2329X_2-0.2336X_3-0.1599X_1^2-0.0346X_2^2+0.0696X_3^2+0.0307X_1X_2+0.0336X_1X_3-0.0353X_2X_3$
Acridity	Quadratic	0.9700	92.91	<0.0001	$3.7718+1.6895X_1-0.3293X_2-0.2437X_3+0.1592X_1^2-0.1926X_2^2+0.3938X_3^2+0.0570X_1X_2+0.1021X_1X_3-0.04172X_2X_3$
Fluidity	Quadratic	0.8006	28.20	0.0001	$4.4541+0.7924X_1-0.1183X_2+0.7209X_3+0.5379X_1^2-0.0760X_2^2+0.07651X_3^2+0.0124X_1X_2-0.0980X_1X_3+0.2540X_2X_3$
Overall acceptance	Quadratic	0.7246	8.85	0.0012	$5.9052-0.2660X_1+0.2165X_2+0.1780X_3-0.1579X_1^2-0.16521X_2^2-0.2520X_3^2-0.0517X_1X_2-0.0458X_1X_3-0.0505X_2X_3$

[1]X_1, *P. grandiflorum* root extract (65°Brix, g); X_2, fermented *P. grandiflorum* root extract (2°Brix, g) by *L. plantarum* N56-12 for 96 hours at 37°C; X_3, cactus (*O. humifusa*) extract (2°Brix, g).

Fig. 1. Response surface plots for sensory evaluate of *P. grandiflorum* root concentrate, fermented *P. grandiflorum* root extracts by *L. plantarum* and cactus extract on the sensory evaluation of *P. grandiflorum* concentrates stick products. PGRC, *P. grandiflorum* root extract (65°Brix); FPGRE 0, 10, and 20, added weight (g) of fermented *P. grandiflorum* root extract (2°Brix), respectively; Cactus-E 0, 10, and 20, added weight (g) of cactus (*O. humifusa*) extract (2°Brix).

0.14와 6.40±0.53의 값을 나타냈다. 또한, 쓴맛과 아린맛은 발효도라지와 천년초 추출액의 첨가량이 각각 증가할수록 낮아지는 경향이었다. 특히 아린맛은 도라지 추출농축액의 첨가량이 최저치인 8 g에 천년초 추출액을 첨가 최고량인 20 g 첨가 시 발효도라지 첨가량이 증가할수록 낮아지는 것을 볼 수 있었다. 흐름성에 대한 물성은 도라지 추출농축액과 천년초 추출액의 첨가량이 증가할수록 점성이 높아지는 영향을 크게 주는 반면에 발효도라지는 증가할수록 오히려 점성이 낮아진다는 결과를 나타내었다. 일반적으로 홍삼을 비롯한 추출액의 스틱제품은 고농도를 띤 소량의 추출물을 넣어 만든 것으로 목적하는 유효성분의 양을 맞출 경우 시료의 점성이 낮아 이를 보완하기 위하여 점성을 띠는 잔탄검, 젤란, 카라기난, 아라비아검, 알긴산, 구아검 등의 혼종 다당체의 일종인 검류를 미량 넣어 물성을 조절해준다. 따라서 본 연구에서는 이러한 검류를 대신하여 점성을 띠는 천연물질의 대체로 천년초 추출물을 이용하였는데 첨가량이 증가할수록 점성이 증가하여 흐름성이 낮아지는 결과를 보여주었다. 천년초는 arabinan-cellulose 복합체(25) 등으로 인해 높은 점성을 가지고 있다고 보고한 것과 Forni 등(26)은 손바닥 선인장이 가진 pectin의 물리적 특성을 보고하였고 Habibi 등(27)은 pectic polysaccharides의 특성, Cho 등(28)은 손바닥 선인장의 성분분석을 보고하기도 하였는데 이와 같이 천년초에 함유되어 있는 복합다당체가 점성에 관여한 것으로 판단된다. 또한, Kim 등(29)은 천년초 선인장을 이용해 우리밀 국수를 제조한 결과 점탄성이 증가되었다고 보고한 것 등을 보면 점성을 증진시켜 흐름성을 낮추는데 천년초 추출액이 관여하고 있음을 알 수 있었다. 도라지의 전반적인 기호도면에서는 도라지 추출농축액은 첨가량이 증가할수록 기호도가 낮아지는 경향이었고, 발효도라지 추출액과 천년초 추출액은 첨가량이 증가할수록 기호도가 높아지는 경향이었다.

항산화 활성과 기관지질환 유발세균에 대한 항균 활성

도라지 추출농축액, 발효도라지 추출액 및 천년초 추출액을 독립변수로 하여 20가지의 배합비율로 제조한 도라지 농축액 스틱제품에 대한 항산화 활성과 항균 활성에 대하여 평가한 결과는 Table [illegible]다. 또한, 설정된 반응별로 모델링화하여 F-test로 유의성을 검증한 결과와 회귀식은 Table 5와 같았고 반응표면 결과는 Fig. 2와 같이 나타났다. 각 조건에서 제조한 도라지 농축액 스틱제품의 항산화 활성은 46.55±2.04~93.41±0.99%였고, 항균 활성은 *C. diphtheriae* 균에서는 24.0~45.5시간, *S. aureus* 균에서는 [illegible]시간 동안 기관지 유발세균에 대한 생육이 1.0×10^{5}의 [illegible]를 넘지 않는 저해시간을 지연시켰다. 기관지 [illegible]발세균에 대한 도라지의 항균 활성은 Lee 등(3)과 Lee 등(19)의 보고를 검토해보면 항균 활성이 비슷한 결과

샘플

Table 4. Experimental data on antioxidant activity and antimicrobial activity of *P. grandiflorum* concentrates stick products under different mixing conditions based on central composite design by response surface analysis

Sample No.	Mixing conditions			Response		
	PGRC[1] (g)	FPGRE[2] (g)	Cactus[3] (g)	Antioxidant activity (electron donating ability)	Antimicrobial activity[4]	
					Corynebacterium diphtheriae	*Staphylococcus aureus*
1	8	0	0	46.55±2.04	24.5	24.5
2	12	0	0	52.64±1.57	33.0	33.0
3	11	0	0	58.32±1.63	33.5	33.0
4	8	2	0	56.33±0.98	31.5	30.0
5	12	0	0	70.21±1.07	42.5	42.0
6	9	0	5	60.14±2.58	28.0	28.5
7	12	5	5	72.32±1.46	37.5	38.0
8	8	15	5	71.51±3.20	28.5	29.0
9	10	20	10	83.52±2.14	40.0	41.0
10	11	0	15	78.45±1.04	30.0	31.0
11	8	5	15	80.23±2.16	25.5	26.0
12	12	15	15	87.66±1.12	41.5	42.0
13	8	0	20	81.27±1.78	24.5	26.0
14	12	0	20	82.14±0.96	35.0	36.5
15	9	10	20	82.26±1.05	33.0	34.0
16	8	20	20	85.43±0.88	31.5	32.5
17	12	20	20	92.72±0.69	45.5	46.5
18	12	20	20	93.22±1.01	45.0	46.0
19	12	20	20	92.80±0.79	45.0	46.0
20	12	20	20	93.41±0.99	44.5	45.5

[1]PGRC: *P. grandiflorum* root extract (65°Brix).
[2]FPGRE: fermented *P. grandiflorum* root extract (2°Brix) by *L. plantarum* N56-12 for 96 hours at 37°C.
[3]Cactus-E, cactus (*O. humifusa*) extract (2°Brix).
[4]Antimicrobial activity were expressed by inhibited time (h) of microbial growth (less than 1.0×10^{5} CFU/mL).

Table 5. Polynomial equation by RSM program for physical properties of *P. grandiflorum* concentrates stick products with fermented *P. grandiflorum* root extracts by *L. plantarum*

Response	Model	R^2	F-value	Prob>F	Polynomial equation[1)]
Antioxidant activity	Quadratic	0.9784	192.32	<0.0001	$80.6777+3.6440X_1+4.8023X_2+9.6439X_3+1.9971X_1^2-0.43764X_2^2-6.2987X_3^2+1.2357X_1X_2-1.1108X_1X_3-1.1974X_2X_3$
Antimicrobial activity	Quadratic	0.9258	43.64	<0.0001	$35.4639+4.6851X_1+3.5327X_2+1.4747X_3-1.1053X_1^2-0.1354X_2^2+0.7254X_3^2+0.4900X_1X_2+0.6083X_1X_3-0.0481X_2X_3$

[1)]X_1, *P. grandiflorum* root extract (65°Brix, g); X_2, fermented *P. grandiflorum* root extract (2°Brix, g) by *L. plantarum* N56-12 for 96 hours at 37°C; X_3, cactus (*O. humifusa*) extract (2°Brix, g).

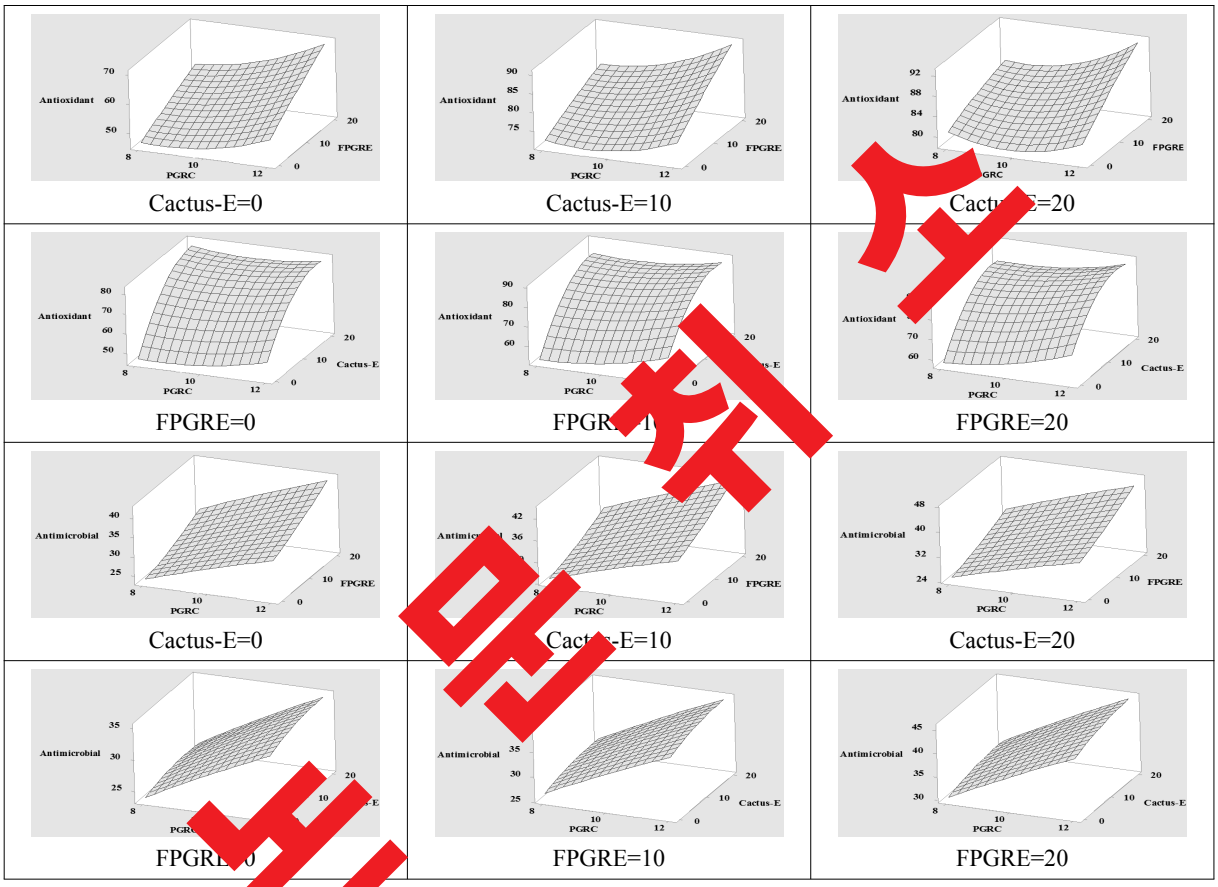

Fig. 2. Response surface plots [illegible]oxidant activity and antimicrobial activity of *P. grandiflorum* root concentrate, fermented *P. grandiflorum* root extracts by *L. plantarum* and cactus extract on the sensory evaluation of *P. grandiflorum* concentrates stick products. PGRC, *P. grandiflorum* root extract (65°Brix); FPGRE 0, 10, and 20, added weight (g) of fermented *P. grandiflorum* root extract (2°Brix), respectively; Cactus-E 0, 10, and 20, added weight (g) of cactus (*O. humifusa*) extract (2°Brix).

를 나타내는 것을 볼 수 있었고, 특히 도라지는 *C. diphtheriae* 균에 항균 효과가 좋음을 알 수 있었다. 그러나 본 제품 개발에서 배합비율 중 천년초 추출액이 첨가된 배합구 및 천년초 추출액의 첨가량이 더 큰 배합구에서는 *C. diphtheriae* 균보다는 *S. aureus* 균에 대하여 균의 생육저지가 약간 더 좋은 것으로 나오는 것을 볼 수 있었다. 이는 Lee 등(30)과 Jung 등(31)이 천년초 추출물을 이용하여 항균 효과를 검토한 결과 특히 *S. aureus* 균에 항균 효과가 높았다고 보고한 것을 보면 본 제품 개발 시 천년초 추출물의 혼합이 항균 효과에 상승 효과를 주는 것으로 판단되었다.

항산화 활성과 항균 활성에 대한 분석 결과로는 항산화 활성에 대한 측정 결과 회귀곡선에 대한 결정계수 R^2은 0.9784, F-value는 192.32, *P*-value는 <0.0001로, 항균 활성에 대한 측정 결과 회귀곡선에 대한 결정계수 R^2은 0.9258, F-value는 43.64, *P*-value는 <0.0001로 나타났으며 이와 같이 회귀분석 결과 농축액 제품에 대한 항산화 활성과 항균 활성은 모두 독립변수가 상호작용을 하는 Quadratic이 적합한 모델로 채택되었으며 유의성이 인정되었다. 반응표면분석을 보면(Fig. 2) 항산화 활성 및 항균 활성 모두 첨가량이 증가할수록 높아지는 경향을 볼 수 있었으며, 최대 첨가량 조건인 도라지 추출농축액, 발효도라지 추출액 및 천년초 추출액의 첨가량을 각각 12 g, 20 g 및 20 g을 첨가

한 농축액 제품에서 항산화 활성과 항균 활성이 93.41±0.99%와 44.5~45.5시간을 보여주었다(Table 4). 본 도라지 농축액 제품 제조 시 항산화 활성에 가장 큰 영향을 주는 것은 천년초 추출액이었고 그다음이 발효도라지, 도라지 추출농축액 순으로 영향을 주었다. 따라서 도라지 추출농축액 12 g 첨가 시 발효도라지 추출액 및 천년초 추출액의 첨가 최고량인 20 g씩을 첨가하였을 때 93.41±0.99%의 가장 높은 항산화 활성을 보여주었다. 이는 Lee 등(30,32)과 Jung 등(31)이 천년초 추출물이 항산화 활성이 높다고 보고한 것을 보면 천년초가 점성을 높이는 효과뿐만이 아니라 항산화 활성이 증가하는 효과를 주는 것을 볼 수 있었다.

항균 활성은 도라지 추출농축액이 가장 큰 영향을 미쳤고, 발효도라지 추출액 , 천년초 추출액의 순으로 항균 활성에 영향을 주었다. 도라지는 도라지가 갖고 있는 고유의 platycodin D를 포함한 고유의 사포닌이 기관지질환 유발세균에 대한 항균 활성이 있다고 보고된 것(3) 등을 보면 도라지 추출농축액이 항균 활성에 가장 큰 영향을 줄 것으로 생각된다. 그러나 도라지를 젖산발효 시키면 platycodin류의 사포닌 구조가 변화가 오며 항균 효과도 상승됨을 보고한 것을 보면(19) 발효도라지의 추출액의 농도가 낮아도 항균 활성은 상승됨을 볼 수 있었다.

도라지 추출농축액 스틱제품의 최적화

도라지 추출농축액 스틱제품의 관능적 평가에 의한 최적 조건은 Table 6과 같았고, 항산화 활성과 항균 활성에 대한 최적 조건은 Table 7과 같았으며 관능적인 평가, 항산화 활성 및 항균 활성 모두에 대한 각각의 최적조건은 Table 8 및 Fig. 3과 같았다. 관능검사에서 쓴맛과 아린맛은 최소화로, 흐름성과 전반적인 기호도는 최대화로 나타낼 수 있는 배합비를 모델화에 의해 결정된 최적화 반응식을 이용하여 만족하는 수치점을 예측하였다. 그 결과 Table 6에서 보는 바와 같이 95% 예측구간(PI)은 쓴맛 2.676~3.842, 아린맛 0.790~2.191, 흐름성 4.367~6.068 및 전반적인 기호도가 5.412~6.662를 보였고, 95% 신뢰구간(CI)은 각각 쓴맛 2.899~3.619, 아린맛 1.059~1.923, 흐름성 4.693~5.742 및 전반적인 기호도가 5.651~6.422를 나타냈으며 전체적인 가장 적합한 배합비로 도라지 추출농축액, 발효도라지 추출액 및 천년초 추출액을 8.00 g, 18.38 g 및 20.00 g을 혼합하여 도라지 추출농축액 스틱제품을 만들 때 만족도는 쓴맛이 0.9753, 아린맛이 1.0000, 흐름성 0.6336 및 전반적 기호도는 0.9093이었고 전체적으로 관능적인 면 만족도 0.8658로 나타났다. 이러한 배합비로 제조하였을 때 아린맛이 가장 최소화됨을 볼 수 있었고 쓴맛도 많이 감소시킴을 볼 수 있었다.

Table 6. Optimum constraint values using sensory evaluation of *P. grandiflorum* concentrates stick products

		Goal	Optimization solution	95% CI[2)]	95% PI[3)]	Desirability
Independent variables[1)]	PGRC (g)	In range	8.00			
	FPGRE (g)	In range	18.38			
	Cactus-E (g)	In range	20.00			
Response	Bitterness	Minimizer	3.259	2.899~3.619	2.676~3.842	0.9753
	Acridity	Minimizer	1.491	1.059~1.923	0.790~2.191	1.0000
	Fluidity	Maximizer	5.218	4.693~5.742	4.367~6.068	0.6336
	Overall palatability	Maximizer	6.037	5.651~6.422	5.412~6.662	0.9093
Total desirability						0.8658

[1)]PGRC, *P. grandiflorum* root extract (65°Brix); FPGRE, fermented *P. grandiflorum* root extract (2°Brix) by *L. plantarum* N56-12 for 96 hours at 37°C; Cactus-E, cactus (*O. humifusa*) extract (2°Brix).
[2)]CI: confidence interval.
[3)]PI: prediction interval.

Table 7. Optimum constraint values using antioxidant activity and antimicrobial activity of *P. grandiflorum* concentrates stick products

		Goal	Optimization solution	95% CI[2)]	95% PI[3)]	Desirability
Independent variables[1)]	PGRC (g)	In range	12.00			
	FPGRE (g)	In range	20.00			
	Cactus-E (g)	In range	18.3838			
Response (physiology)	Antioxidant activity (%)	Maximizer	93.405	91.830~94.981	89.677~91.134	1.0000
	Antimicrobial activity (h)	Maximizer	45.306	43.664~46.948	41.421~49.191	0.9684
Total desirability						0.9841

[1)]PGRC, *P. grandiflorum* root extract (65°Brix); FPGRE, fermented *P. grandiflorum* root extract (2°Brix) by *L. plantarum* N56-12 for 96 hours at 37°C; Cactus-E, cactus (*O. humifusa*) extract (2°Brix).
[2)]CI: confidence interval.
[3)]PI: prediction interval.

Table 8. Optimum constraint values using overall desirability of *P. grandiflorum* concentrates stick products

		Goal	Optimization solution	95% CI[2)]	95% PI[3)]	Desirability
Independent variables[1)]	PGRC (g)	In range	8.456			
	FPGRE (g)	In range	20.00			
	Cactus-E (g)	In range	20.00			
Response (sensory)	Bitterness	Minimizer	3.424	3.058 ~ 3.790	2.837 ~ 4.011	0.9065
	Acridity	Minimizer	1.700	1.059 ~ 1.923	0.790 ~ 2.191	1.0000
	Fluidity	Maximizer	5.105	4.693 ~ 5.742	4.367 ~ 6.068	0.6015
	Overall acceptance	Maximizer	6.033	5.651 ~ 6.422	5.412 ~ 6.662	0.9071
Response (physiology)	Antioxidant activity (%)	Maximizer	85.532	82.84 ~ 88.23	81.21 ~ 89.85	0.8322
	Antimicrobial activity (h)	Maximizer	34.268	31.46 ~ 37.08	29.76 ~ 38.77	0.4667
Total desirability						0.7596

[1)]PGRC, *P. grandiflorum* root extract (65°Brix); FPGRE, fermented *P. grandiflorum* root extract (2°Brix) by *L. plantarum* N56-12 for 96 hours at 37°C; Cactus-E, cactus (*O. humifusa*) extract (2°Brix).
[2)]CI: confidence interval.
[3)]PI: prediction interval.

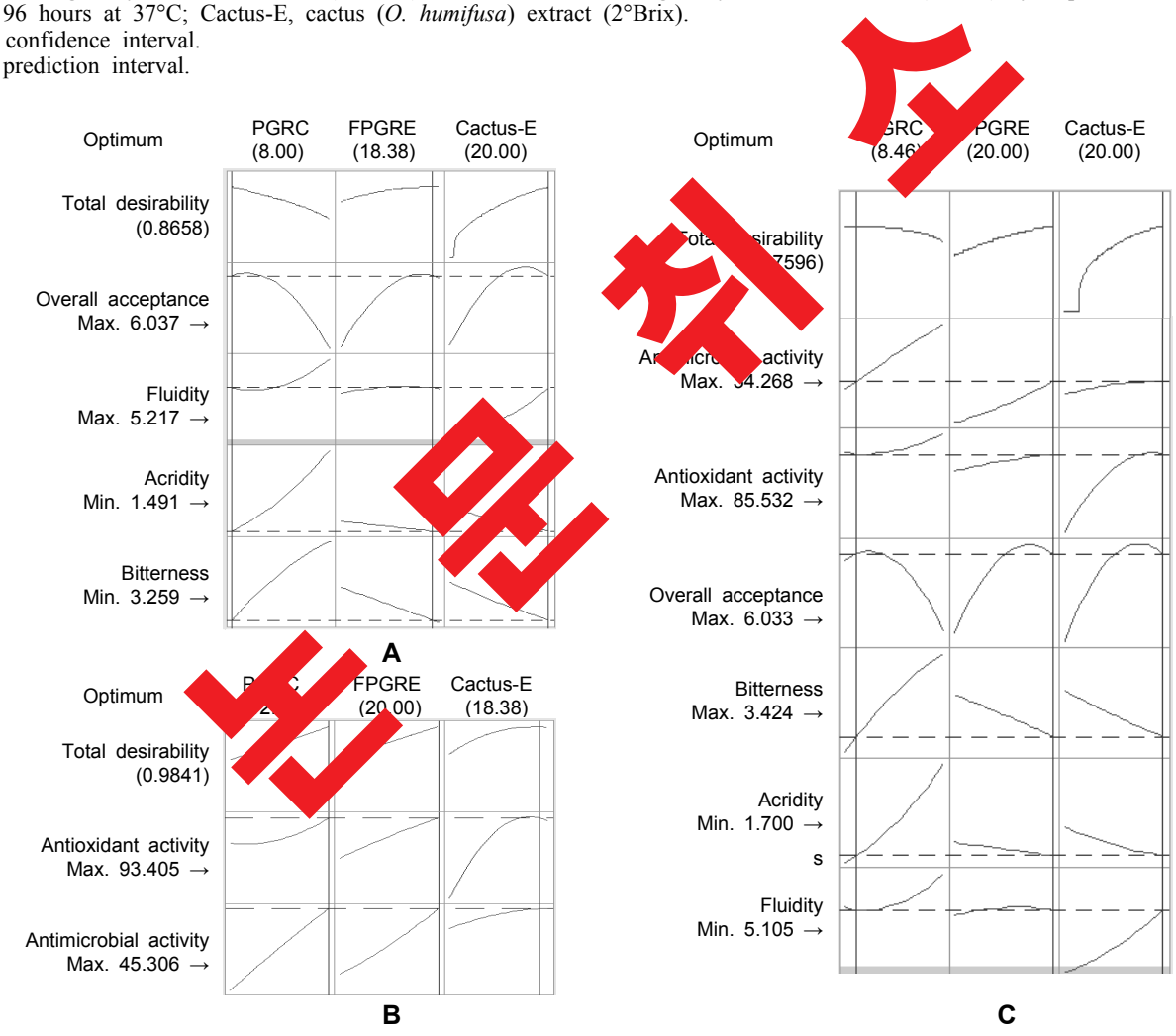

Fig. 3. Desirability on sensory evaluation, antioxidant and antimicrobial activity, total characteristics of optimized sample for *P. grandiflorum* concentrates stick products. A, sensory evaluation; B, antioxidant activity and antimicrobial activity; C, total evaluation.

또 항산화 활성 및 항균 활성 면에서의 최적화 결과는 Table 7과 같았다. 항산화 활성과 항균 활성을 최대화로 목표하였을 때, 도라지 추출농축액이나 발효도라지 추출액은 항균성에 가장 큰 영향을 주어 최대첨가량으로 첨가하였을 때 적절하였고 항산화 활성에는 천년초 추출액이 가장 큰 영향을 주어 두 가지 종목에 가장 적합한 혼합배율은 도라지 추출농축액, 발효도라지 추출액 및 천년초 추출액이 각각 12.00 g, 20.00 g 및 18.3838 g이었다. 이와 같은 배합비율로 만든 도라지 추출농축액 스틱제품에 대한 만족도는 항산화 활성이 1.0000으로 가장 높았고 항균 활성은 0.9684의

만족도를 보였으며 전체적인 기능성으로는 0.9841의 만족도를 보였다. 즉 관능적인 면에서는 도라지 추출농축액의 첨가량이 최소량이 8.00 g일 때 최적화를 보였고, 항산화와 항균 활성면에서 보면 최대량인 12.00 g이 최적화 현상을 볼 수 있었다. 따라서 이들 반응값을 관능평가와 항산화 및 항균성에 대한 기능성을 반응식으로 분석해본 결과 Table 8과 같았다. 최적 배합비율은 도라지 추출농축액, 발효도라지 추출액 및 천년초 추출액이 각각 8.456 g, 20.00 g 및 20.00 g일 때였으며, 이때 만족도는 관능적인 면에서는 아린맛을 제외하고는 모두 약간씩 감소하는 경향이었고 항산화 활성 및 항균 활성에 대한 만족도는 관능적인 평가값에 의하여 많이 낮아졌으며 전체적인 만족도도 0.7596으로 낮아짐을 볼 수 있었다. 그러나 도라지의 쓴맛과 아린맛의 완화로 도라지 농축액 제품에 대한 만족도도 높았으며 항균 활성은 기관지질환 유발세균에 대한 항균이 지속하는 시간이 34.268시간으로 상당히 항균 효과가 지속함을 볼 수 있었다.

요 약

도라지 추출농축액과 발효도라지 추출액을 이용하여 휴대가 편이하고 식용이 간편한 도라지 추출농축액 스틱제품을 제조하기 위하여 관능적 특성과 항산화 및 항균 활성을 최적화 목적으로 품질의 특성을 분석하였고 최적 배합 레시피를 산출하였다. 중심합성계획법(CCD)에 따라 도라지 추출농축액(X_1), 발효도라지 추출액(X_2), 천년초 추출액(X_3)의 양을 독립변수로 하여 실험계획을 하고 데이터를 분석하여 최적화하였다. 쓴맛과 아린맛, 흐름성 및 전반적인 기호도 등 관능적 특성과 항산화 및 항균 활성의 기능적 특성 모두 P-value가 5% 이내에서 유의성을 보여 모델의 적합성이 인정되었다. 관능적 특성에서는 쓴맛, 아린맛 및 흐름성에서는 도라지 추출농축액이 증가할수록 쓴맛 및 흐름성에 강도가 높아졌고, 천년초 추출액이 증가할수록 점성이 높아져서 흐름성에 대한 기호도가 높아졌으며 관능적인 특성에서 배합비의 최적치를 쓴맛과 아린맛은 최저치를, 흐름성과 기호도는 최대치를 목적으로 하였다. 이때 도라지 추출농축액, 발효도라지 추출액 및 천년초 추출액을 최적 배합치는 각각 8.00 g, 18.38 g 및 20.00 g이었으며, 쓴맛, 아린맛, 흐름성 및 전반적인 기호도에 대한 관능 결과값은 각각 3.259, 1.491, 5.218 및 6.037을 보였으며, 만족도는 쓴맛, 아린맛, 흐름성 및 전반적인 기호도 각각 0.9753, 1.0000, 0.6336 및 0.9093이었고 전체적으로 관능적인 면에서 만족도는 0.8658로 나타났다. 항산화 및 항균 활성은 도라지 추출농축액, 발효도라지 추출액 및 천년초 추출액 모두 첨가량이 증가할수록 높아지는 결과를 보였으며, 최대치를 목적으로 하였을 때 최적 배합치는 도라지 추출농축액, 발효도라지 추출액 및 천년초 추출액 각각 12.00 g, 20.00 g 및 18.38 g이었다. 이때 결과는 각각 93.405%의 항산화 효과와 45.306시간 동안 기관지질환 유발세균의 생육을 저지하였으며 만족도는 항산화 활성은 1.0000이었고 항균 활성에 대한 만족도는 0.9684였다. 관능적 특성과 기능적 특성을 동시에 반응표면분석한 결과 최적배합치는 도라지 추출농축액, 발효도라지 추출액 및 천년초 추출액 각각 8.456 g, 20.00 g 및 20.00 g이었으며, 이때 결과는 쓴맛, 아린맛, 흐름성 및 전반적인 기호도가 각각 3.424, 1.700, 5.105 및 6.033이었고, 85.53%의 항산화 활성과 34.27시간 동안 생육시간이 저지되었다. 최적 배합치에서 아린맛에 대한 만족도는 변함이 없었으나 기타 관능적인 면에서 만족도와 기능적인 만족도는 낮아졌으며 전체적인 만족도는 0.7596이었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 [illegible] 축산[illegible] 부가가치 향상-농축산물 수확 후 관리 및 가공기술사[illegible] (과제번호: PJ01084503) 지원에 [illegible] 수행된 것으로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

1. Li [illegible] KH. 19[illegible]. *A medicinal phytology (the details)*. Dong [illegible] Sa, Seoul, Korea. p 281.
2. Chang YJ, Kim E, Choi YS, Jeon KH, Kim YB. 2015. Development process for decreasing bitterness of doraji (*Platycodon grandiflorum*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44: 1550-1557.
3. Lee IS, Choi MC, Moon HY. 2000. Effect of *Platycodon grandiflorum A.* DC extract on the bronchus diseases bacteria. *Korean J Biotechnol Bioeng* 15: 162-166.
4. Seo JK, Chung YC, Chun SS, Lee YY, Lee SJ, Shon MY, Sung NJ. 2004. Effect of physiologically active compounds isolated from *Platycodon grandiflorum* on streptozotocin-induced diabetic rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 981-986.
5. Zhao HL, Cho KH, Ha YW, Jeong TS, Lee WS, Kim YS. 2006. Cholesterol-lowering effect of platycodin D in hypercholesterolemic ICR mice. *Eur J Pharmacol* 537: 166-173.
6. Byun BH. 2003. Antiobesity effects of *Platycodon grandiflorum* extract on body weight changes and serum lipid profiles of obese rat induced high fat diet. *Korean J Life Sci* 13: 896-902.
7. Kim YS, Lee BE, Kim KJ, Lee YT, Cho KB, Chung YC. 1998. Antitumor and immunomodulatory activities of the *P. grandiflorum* cultivated for more than 20 years. *Yakhak Hoeji* 42: 382-387.
8. Kim CH, Jung BY, Jung SK, Lee CH, Lee HS, Kim BH, Kim SK. 2010. Evaluation of antioxidant activity of *Platycodon grandiflorum*. *J Environ Toxicol* 25: 85-94.
9. Akiyama T, Tanaka O, Shibata S. 1972. Chemical studies on the oriental plant drugs. XXX. Sapogenins of the roots of *Platycodon grandiflorum* A. DE CANDOLLE. (1). Isolation of the sapogenins and the stereochemistry of polygalacic acid. *Chem Pharm Bull* 20: 1945-1951.
10. Tada A, Kaneiwa Y, Shoji J, Shibata S. 1975. Studies on the saponins of the root of *Platycodon grandiflorum* A. De Candolle. Ⅰ. Isolation and the structure of platycodin-D. *Chem Pharm Bull* 23: 2965-2972.

샘플 무단 복제 금지

11. Chung JH, Shin PG, Ryu JC, Jang DS, Cho SH. 1997. Pharmaceutical substances of *Platycodon grandiflorus* (jacquin) *A. De Candolle*. *Agric Chem Biotechnol* 40: 152-156.
12. Shon MY, Seo JK, Kim HJ, Sung NJ. 2001. Chemical compositions and physiological activities of *doraji* (*Platycodon grandiflorum*). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 717-720.
13. Choi JS, Yoo DS, Choi YH, Yon GH, Hong KS, Lee BH, Kim HJ, Kim HK, Kim EJ, Roh SH, Jeong YC, Kim YS, Ryu SY. 2007. Variation of saponin content in the decoctions of Platycodi Radix. *Kor J Pharmacogn* 38: 128-132.
14. Lee BJ, Shin YY, Lee SW, Chun HS, Cho YS. 2014. Effects of storage methods and periods on root hardness and content of saponin in *Platycodon grandiflorum* Radix. *Korean J Crop Sci* 59: 134-138.
15. Lee BJ, Jeon SH, Lee SW, Chun HS, Cho YS. 2014. Effect of drying methods on the saponin and mineral contents of *Platycodon grandiflorum* Radix. *Korean J Food Sci Technol* 46: 636-640.
16. Ha IJ, Chung JW, Ha YW, Shun EM, Kim YS. 2008. Compositional analysis of major saponins and anti-inflammatory activity of steam-processed Platycodi Radix under pressure. *Nat Prod Sci* 14: 274-280.
17. Lee KS, Kim JN, Chung HC. 2015. Study on anti-oxidative activities and beverage preferences relating to fermented lotus root and *Platycodon grandiflorum* extracts with sugar through lactic acid fermentation. *J East Asian Soc Diet Life* 25: 183-192.
18. Kang YH, Kim KK, Kim TW, Yang CS, Choe M. 2015. Evaluation of the anti-obesity activity of *Platycodon grandiflorum* root and *Curcuma longa* root fermented with *Aspergillus oryzae*. *Korean J Food Sci Technol* 47: 111-118.
19. Lee KS, Seong BJ, Kim SI, Jee MG, Park SB[illegible]k MH, Park SY, Kim HH. 2016. Changes in platy[illegible]de[illegible]mn[illegible] nents and antimicrobial activities of bronch[illegible]dis[illegible]e i[illegible]ac- ing bacteria of fermented *Platycodon gran[illegible]um*[illegible]t by lactic acid bacteria. *J Korean Soc Food Sci Nutr*[illegible]: [illegible]017 1025.
20. Lee KS, Oh CS, Lee KY. 2005. Antioxidative effec[illegible] the fractions extracted from a cactus *Cheonnyuncho* (*Opuntia humifusa*). *Korean J Food Sc[illegible] Technol* 37: 474-478.
21. Jun HI, Cha MN, Yang EI, [illegible]i D[illegible] Kim YS. 2013. Physicochemical properties and antioxidant activity of Korean cactus (*Opuntia humifusa*) cladodes. *Hortic Environ Biotechnol* 54: 288-295.
22. Kim J, Jho KH, Nam SY, Park IT, Lee JH. 2012. Role of cactus extract for antioxidant activity and cancer prevention. *Korean J Hortic Sci Technol* 30: 201.
23. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT −Food Sci Technol* 28: 25-30.
24. Lee IS, Moon HY. 2012. Antimicrobial activity on respiration diseases inducing bacteria and antioxidant activity of water extracts from wild edible vegetables. *Korean Soc Biotechnol Bioeng J* 27: 114-120.
25. Vignon MR, Heux L, Malaininea ME, Mahrouz M. 2004. Arabinan-cellulose composite in *Opuntia ficus*-indica prickly pear spines. *Carbohydr Res* 339: 123-131.
26. Forni E, Penci M, Polesello A. 1994. A preliminary characterization of som[illegible]tins[illegible]m quince fruit (*Cydonia oblonga* Mill.) and p[illegible]y pear (*Opuntia ficus* indica) peel. *Carbohydr Polym* [illegible]: [illegible]23.
27. Habibi Y, Heyrau[illegible]A, M[illegible]ouz M, Vignon MR. 2004. Structural features of pe[illegible] polysaccharides from the skin of *Opuntia ficus*-indic[illegible]rickly pear fruits. *Carbohydr Res* [illegible]1119-1127.
28. Ch[illegible] Jin SW, Kim YD. 2009. Analysis of components in the[illegible]ts of *Opuntia ficus indica* from Shinan Korea. *Fre[illegible]od Preserv* 16: 742-746.
29. Ki[illegible]KT, Le[illegible]KS, Rho YH, Lee KY. 2014. Quality charac- [illegible] of noodles made from domestic Korean wheat flour contai[illegible]ng cactus *Chounnyuncho* (*Opuntia humifusa*) powder. *Korean J Food Cult* 29: 437-443.
30. Lee KS, Kim MG, Lee KY. 2004. Antimicrobial effect of extracts of cactus *Chounnyuncho* (*Opuntia humifusa*) against food borne pathogens. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1268-1272.
31. Jung BM, Shin MO, Kim HR. 2012. The effects of antimicrobial, antioxidant, and anticancer properties of *Opuntia humifusa* stems. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 20-25.
32. Lee KS, Oh CS, Lee KY. 2005. Antioxidative effect of fractions extracted from a cactus *Chounnyuncho* (*Opuntia humifusa*). *Korean J Food Sci Technol* 37: 474-478.