

반응표면분석법을 이용한 증숙 맥문동 첨가 양갱의 품질 특성 및 당류 저감화 조건 연구

박찬영 · 박소해 · 김원백 · 황지희 · 이희섭

부산대학교 생활환경대학 식품영양학과

Quality Characteristics and Reduced Sugar Conditions of *Yanggaeng* Prepared with Steamed *Liriopsis* Tuber Extract Using Response Surface Methodology

Chanyoung Park, So Hae Park, Won Baek Kim, Ji Hoe Hwang, and Heeseob Lee

Department of Food Science and Nutrition, Pusan National University

ABSTRACT This study was performed to optimize *yanggaeng* processing conditions prepared with different amounts of steamed *Liriopsis* tuber (SLT) extract, sugar, and agar powder using response surface methodology. The experimental conditions were designed according to the central composite design with 16 experimental points, including two replicates for three independent variables. The experimental data on physicochemical properties, textural properties, and sensory evaluation were fitted to various models, and the accuracy of the equations was analyzed by ANOVA. Among the responses, pH, water content, sugar content, L-value, browning index, chewiness, gumminess, and sensory properties of appearance, color, sweetness, hardness, texture, and overall acceptability showed significant correlation with contents of SLT, sugar, and agar powder. From these results, optimum formulation of *yanggaeng* was calculated as follows: SLT 35 mL, sugar 55.23 g, and agar powder 3.39 g.

Key words: steamed *Liriopsis* tuber (SLT) extract, *yanggaeng*, optimization, response surface methodology (RSM)

서 론

맥문동(*Liriope platyphylla* Wang et Tang)은 우리나라 남부지방에서 자생하는 백합과(Liliaceae)에 속하는 다년생 식물로 뿌리 끝에 짧은 방추형의 괴근을 생성한다(1,2). 한방에서는 맥문동 건근(*Liriopsis* tuber)을 점활성소염, 자양강장, 진해거담약으로 사용하여 왔으며(3,4), 혈당 강하 효과, 항염증, 면역조절, 간 보호, 항암 등의 효능이 보고되고 있다(5-9).

맥문동 건근은 열수 추출물의 형태로 활용하고 있으나 신맛과 떫은맛을 지니고 있어서 맥문동 건근을 식품에 사용하기 위해서는 기호도의 증진이 필요한 것으로 보고되고 있다(10). 맥문동 건근을 로스팅 처리할 경우 분해, 합성, 축합 등의 다양한 반응으로 다양한 성분의 변화를 유발하게 되어(10) 고형분, 총당, 환원당, 단백질, 조사포닌의 함량이 증가하고, 관능평가 결과 색, 감칠맛, 종합적 기호도 등이 유의적으로 증가하는 것으로 보고되고 있다(11). 증숙의 과정을 거친 맥문동 건근의 경우 탄수화물, 조단백질 함량, 총당 및

환원당 함량이 증가하고, 신맛의 감소와 비효소적 갈변 반응에서 유래하는 furan 성분의 증가로 인하여 기호도가 증가하는 것으로 알려져 있다(12,13). 또한, 증숙 과정을 통해서 항당뇨(14), 신경세포 보호 효과(15), 신장 및 간 보호 효과(16) 등의 효능이 맥문동 건근에 비하여 증가하는 것으로 연구 보고되고 있다.

양갱은 한천, 설탕, 앙금 등을 이용하여 만드는 우리나라 고유의 한과 중 하나로 가정에서도 쉽게 만들 수 있으며(17), 대표적인 고열량 식품으로 등산, 여행 및 운동 시에 에너지 보충을 위하여 꾸준히 이용되고 있다(18). 양갱에 사용되는 한천은 홍조류에 많이 들어있는 섬유질의 다당류로 포만감을 부여하고 정장작용의 효능을 지니는 것으로 알려져 있으며(17), 최근 건강에 대한 소비자의 관심이 증가함에 따라 기능성 식품 재료를 첨가한 양갱 제조에 대한 연구가 이루어지고 있다. 양갱에 대한 연구로는 황기가루(19), 자색고구마 분말(20), 파프리카 분말(21), 녹차가루(22), 더덕(23), 생강가루(24), 발효홍삼 농축액(25), 아로니아즙(26), 흑임자 분말(27), 블루베리 분말(18), 썩 분말(28), 파파야 잎 분말(29) 등의 기능성 재료를 첨가한 연구가 대부분이다. 양갱은 첨가되는 설탕의 함량이 많아서 단맛이 강하고 저장성은 높은 편이지만 설탕의 과다 섭취로 인한 대사성 질환의 위험으로 인하여 최근 당류 저감화의 정책이 추진 중인 상황을 고려할 경우, 양갱에 첨가되는 설탕을 대체하거나 저감화

하는 연구가 필요한 실정이지만 올리고당(30) 및 설탕 대체 감미료(31)를 사용한 양갱에 대해서만 보고되고 있다.

본 연구에서는 다양한 영양성분 및 생리활성성분을 함유한 증숙 맥문동을 사용한 저칼로리 양갱의 개발 가능성을 검토하기 위하여 증숙 맥문동 열수 추출물이 첨가된 양갱을 제조하고 반응표면분석법을 이용한 기계적 및 관능적 특성을 분석하였다. 이를 통해 설탕의 사용량을 최소로 하는 증숙 맥문동 첨가 양갱의 제조 조건을 확립하여 다양한 저칼로리 양갱의 개발을 위한 산업적 활용에 기초자료를 제공하고 자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용된 맥문동은 2014년 경상남도 밀양시 상남면에서 수확하여 건조된 맥문동(방추형, 길이 3.0 cm×지름 0.58 cm)을 구입하여 사용하였다. 증숙 맥문동 열수 추출물을 제조하기 위하여 증숙기(TS-D350H, HUMANPLUS, Daegu, Korea)에 200 g의 맥문동과 물 150 mL를 가한 후 99°C에서 15시간 증숙하여 증숙 맥문동을 제조하였다. 증숙 맥문동 400 g에 1 L의 물을 첨가하고 90분간 열수추출기(DW-290, Daewoong Co., Ltd., Gyeonggi, Korea)를 이용하여 추출한 후 여과지(Coffee Filter, Lotte Chilsung Beverage Co., Ltd., Seoul, Korea)로 여과한 다음 26°brix로 조정하여 4°C에 보관하며 양갱 제조에 사용하였다. 흰콩 양금은 흰콩 500 g을 실온에서 17시간 1 L의 물에 수침 후 콩 무게 두 배의 물을 가하여 100°C에서 45분간 교반하며 가열하였다. 삶은 흰콩의 물을 제거하고 찬물에서 30분간 식힌 후 삶은 콩에 2배의 물을 가하여 전기 믹서(M-2050, BRAUN, Tlalampantla, Mexico)를 이용하여 분쇄하였다. 분쇄된 삶은 콩을 50 mesh 체에 내린 후 수분을 충분히 제거한 다음 플라스틱 밀폐용기에 담아 4°C에 냉장 보관하며 사용하였다. 실험에 사용된 흰콩 양금의 수분 함량은 28.9%였다. 설탕(Q1, Samyang Co., Ltd., Ulsan, Korea), 소금(salt ocean water, CJ CheilJedang, Co., Ltd., Nonsan, Korea) 및 분말한천(agar power, Miryang Agar-Agar Co., Ltd., Miryang, Korea)은 시판품을 구입하여 사용하였다.

증숙 맥문동 양갱 제조

증숙 맥문동 양갱에 사용된 재료의 배합 비율은 양갱과 관련된 여러 문헌을 조사하고 자료를 수집하여 예비실험을 거쳐 일부 수정하여 흰콩 양금 100 g, 설탕 100 g, 분말한천 4.2 g, 소금 0.1 g, 물 70 mL를 기본 배합비로 결정하여 사용하였다. 양갱의 제조는 증숙 맥문동 열수 추출물에 물을 첨가하여 70 mL로 희석한 후 분말한천을 첨가하여 10분 동안 방치하였다. 분말한천을 100°C에서 90초간 교반하며 용해한 후 설탕과 소금을 첨가하여 90초간 100°C에서 교반하였다. 흰콩 양금을 첨가하여 3분간 충분히 교반하며 100

°C에서 혼합하였다. 직경 6.7 cm×3.2 cm×1.7 cm의 실리콘 틀에 넣어 실온에서 2시간 방랭하여 성형한 후 밀폐용기에 넣어 4°C의 냉장고에서 보관하며 시료로 사용하였다.

실험 디자인

증숙 맥문동의 최적 비율을 산출하기 위한 실험 디자인은 Design Expert 8(State-Easy Co., Minneapolis, MN, USA) 프로그램을 사용하였으며 반응표면 실험계획법(response surface design)의 중심합성계획법(CCD: central composite design)에 따라 실험을 설계하였다. 독립변수로는 양갱의 품질에 영향을 미치는 요인을 기준으로 하여 증숙 맥문동 열수 추출물, 설탕, 분말한천의 함량을 3개의 요인으로 설정하였고, 요인의 첨가량은 예비실험을 거쳐 각각 26°brix의 증숙 맥문동 열수 추출물 14~35 mL, 설탕 42.9~100 g, 분말한천 2.1~6.3 g으로 확정하였다.

각 요인의 반응을 분석하기 위하여 perturbation plot과 contour plot, response surface plot을 이용하였으며, Central composite의 실험점은 정중양점(0.0, center point), ± α 점(axial point), ±1 level점(factorial point)에 따라 각 요인의 설정된 범위를 입력하여 16개의 실험점이 확정되었으며 반복설정을 통해 2개의 반복점이 선택되었다. 선정된 16개의 실험조건은 Table 1에 나타내었다.

증숙변수로는 이화학적 측정 항목인 pH, 당도, 색도(L, a, b), 기계적 측정 항목인 조직감(경도, 부착성, 탄력성, 씹힘성, 응집성, 검성), 관능검사 항목인 외관, 향미, 색, 단맛, 쓴맛, 단단함, 양갱으로써의 질감, 종합적 기호도를 설정하였다.

수분 함량 및 당도

증숙 맥문동 양갱의 수분 함량은 시료 2 g을 칭량하여 유리 칭량병에 담아 105°C 상압가열 건조법(32)으로 측정하였다. 당도는 성형 전 상태의 양갱을 0~95% 범위의 당도계(PAL-1, Atago, Tokyo, Japan)를 사용하여 3회 반복 측정하였다.

pH, 갈변도 및 색도

증숙 맥문동 양갱 1 g에 10배의 증류수를 가하여 90°C 항온수조(BW-10E, JEIOTECH, Seoul, Korea)에서 20분간 교반하고 10분 동안 40°C에서 sonication(Powersonic 510, Hawsin-TECH, Gwangju-si, Korea)을 시켜준 다음 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하여 얻은 상층액을 취하여 시료를 제조한 후 pH meter(pH meter F-51, HORIBA, Kyoto, Japan)로 pH를 측정하였으며, spectrophotometer (BioSpec-mini, Shimadzu Corp., Kyoto, Japan)로 420 nm와 294 nm에서의 흡광도를 측정하여 시료의 갈변도를 측정하였다(33). 증숙 맥문동 양갱의 표면색은 색도계(Color meter CR-400, Minolta, Co., Osaka, Japan)를 사용하여 L(lightness, 명도), a(redness, 적색도), b(yellowness,

Table 1. Experimental design for *yanggaeng* prepared with steamed *Liriope platyphylla* tuber (SLT) extract

Sample No.	Factor			White bean paste (g)	Water (mL)	Salt (g)
	SLT extract (mL)	Sugar (g)	Agar powder (g)			
1	24.5	71.5	2.1	100	45.5	0.1
2	14.0	100.0	2.1	100	56.0	0.1
3	35.0	42.9	2.1	100	35.0	0.1
4	35.0	100.0	2.1	100	35.0	0.1
5	14.0	42.9	2.1	100	56.0	0.1
6	24.5	71.5	4.2	100	45.5	0.1
7	14.0	71.5	4.2	100	56.0	0.1
8	24.5	100.0	4.2	100	45.5	0.1
9	24.5	42.9	4.2	100	45.5	0.1
10	24.5	71.5	4.2	100	45.5	0.1
11	35.0	71.5	4.2	100	35.0	0.1
12	35.0	100.0	6.3	100	35.0	0.1
13	14.0	100.0	6.3	100	56.0	0.1
14	35.0	42.9	6.3	100	35.0	0.1
15	14.0	42.9	6.3	100	56.0	0.1
16	24.5	71.5	6.3	100	45.5	0.1

황색도)의 색채 값을 3회 반복하여 측정하였다. 이때 사용한 표준 백판의 L값은 97.26, a값은 -0.07, b값은 +1.86이었으며, 색도 측정을 위한 시료는 가로 3.3 cm×세로 3.0 cm×높이 0.5 cm의 직사각형으로 성형하여 사용하였다.

조직감 측정

증숙 맥문동 양갱의 조직감은 Rheometer(Sun compact 100, Sun Scientific, Kyoto, Japan)를 사용하여 측정하였다. 기기의 측정조건은 test type이 texture profile analysis(TPA), plunger diameter 20.00 mm, table speed 120.00 mm/min, load cell 10.00 kg으로 설정하여 측정하였다. 시료는 가로 3.0 cm×세로 1.8 cm×높이 0.7 cm의 직사각형 크기로 절단하여 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 응집성(cohesiveness), 검성(gumminess)을 5회 반복 측정 후 평균값을 구하였다.

관능검사

증숙 맥문동 양갱에 대한 관능평가는 20명의 관능 검사원(P대학 대학원생)을 대상으로 기호검사(hedonic test)인 7점 척도법(1=매우 싫음, 4=보통, 7=매우 좋음)을 이용하여 외관(appearance), 풍미(flavor), 색(color), 단맛(sweetness), 쓴맛(bitterness), 단단한 정도(hardness), 질감(texture), 종합적 기호도(overall acceptability)에 대하여 평가하도록 하였다. 평가점수는 각 항목에 해당하는 점수를 더하여 산출한 평균을 평가점수로 하였다.

최적화 분석

당류의 사용을 최소화하면서 품질 및 관능적 특성을 최대한 유지할 수 있는 최적점을 구하기 위하여 Design Expert 8 프로그램(State-Easy Co., Minneapolis, MN, USA)을

이용하여 canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)를 통해 증숙 맥문동 열수 추출물, 설탕, 분말한천의 양을 선정하였다. 수치 최적화는 canonical model을 기준으로 하는 모형의 계수에 독립변수인 증숙 맥문동 열수 추출물, 분말한천은 범위 내에서 설탕의 첨가량은 최소량(minimum)으로 설정하였고, 반응변수인 관능검사에서 유의성이 나타난 외관, 색, 경도, 질감, 전반적인 기호도의 항목은 목표 범위를 최대(maximum)로 설정하였으며, 당도는 최소량, 단맛 범위 내에서 수치 최적화를 통해 제시된 최적점 중 적합도(desirability)를 구하고 가장 높은 적합도를 나타내는 최적점을 채택하였다.

결과 및 고찰

증숙 맥문동 양갱의 이화학적 특성 및 조직감

증숙 맥문동 첨가 양갱 제조 조건의 최적화를 위하여 중심합성 계획의 방법에 따라서 세 가지의 독립변수(증숙 맥문동 열수 추출물(A), 설탕(B), 분말한천(C))를 Design Expert 8 프로그램을 활용하여 16가지 조건의 양갱을 제조하였다. 제조된 양갱의 이화학적 특성 및 조직감과 관련된 결과는 Table 2와 같았으며, 설정된 반응별로 modeling 한 후 F-test로 유의성을 검증한 결과 및 독립변수가 이화학적 특성과 조직감에 미치는 영향을 살펴보기 위한 회귀식은 Table 3과 같다.

설정된 반응별로 모델링화하여 F-test로 유의성을 검증한 결과 각 16개의 증숙 맥문동 양갱의 pH는 Table 2와 같이 5.29~5.97의 범위를 나타냈다. 증숙 맥문동 양갱의 pH는 두 개의 독립변수가 상호 작용을 하는 2FI model이 선정되었고 P -value는 0.001로 0.1% 이내로 유의적인 결과가 나왔다. R^2 의 값은 0.957로 나타났으며 모델에 대한 적합성이 인정되었다. 그리고 Table 3의 polynomial equa-

Table 2. Physicochemical and textural properties of yanggaeng prepared with SLT extract

Sample No. ¹⁾	Responses													
	pH	Sugar content (°Brix)	Water content (%)	Browning index		Color		Texture						
				294 nm	420 nm	L (lightness)	a (redness)	b (yellowness)	Hardness (g)	Adhesiveness (g)	Cohesiveness (%)	Chewiness (g)	Gumminess (g)	Springiness (g)
1	5.72	47.07	48.42	0.48	0.45	25.43	7.45	11.89	331.21	-16.67	92.82	204.31	307.59	89.10
2	5.97	55.23	44.04	0.24	0.26	28.31	4.58	7.65	401.42	-20.00	96.32	256.86	386.66	89.55
3	5.29	41.13	51.76	0.79	0.66	26.91	6.68	8.05	286.01	-20.00	87.95	166.97	251.35	90.45
4	5.29	59.00	40.86	0.59	0.52	23.65	5.07	4.15	401.42	-20.00	95.47	254.42	382.98	89.28
5	5.73	35.73	57.74	0.31	0.33	38.30	6.25	12.54	350.91	-13.33	85.09	192.93	298.47	93.80
6	5.57	45.75	48.86	0.44	0.44	28.88	7.87	13.16	441.56	-20.00	93.64	274.71	413.37	90.18
7	5.77	45.53	50.42	0.27	0.29	33.61	7.04	16.78	452.85	-23.33	102.14	295.95	462.37	92.71
8	5.60	54.67	41.51	0.41	0.41	28.80	6.95	9.23	474.46	-26.67	96.93	297.11	459.67	91.02
9	5.55	36.43	56.84	0.53	0.52	29.86	8.77	16.27	529.19	-33.33	63.67	241.77	336.69	86.00
10	5.51	45.73	50.19	0.45	0.46	30.02	7.60	10.58	478.20	-30.00	97.24	294.91	465.00	93.78
11	5.36	48.63	47.29	0.63	0.60	26.56	7.60	9.68	572.66	-33.33	94.16	344.95	538.56	93.38
12	5.32	55.87	42.40	0.57	0.55	26.25	5.80	5.85	604.13	-40.00	108.75	424.62	657.93	94.26
13	5.73	53.60	43.73	0.25	0.28	32.00	6.80	16.12	625.19	-40.00	96.69	384.39	605.20	93.49
14	5.34	35.30	55.30	0.67	0.66	28.40	7.98	10.26	490.48	-36.67	101.09	325.89	499.68	93.20
15	5.62	29.23	59.81	0.27	0.34	41.31	6.06	15.84	344.48	-26.67	101.48	230.14	349.43	91.92
16	5.53	43.50	47.77	0.46	0.47	33.95	5.69	6.59	704.23	-43.33	67.44	343.67	474.71	84.06

¹⁾Formulations of samples are described in Table 1.

Table 3. Predicted polynomial equation for physicochemical and textural properties of yanggaeng prepared with SLT extract

Responses	Model	R ²	F-value	Prob > F	Polynomial equation ¹⁾
pH	2FI	0.957	33.63***	<0.0001	+5.56-0.22A+0.039B-0.045C-0.048AB+0.054AC-0.018BC
Sugar content	2FI	0.844	8.12**	0.003	+45.92-2.67A+5.69B-2.75C+0.50AB+4.94AC+5.73BC
Water content	Linear	0.969	125.43***	<0.0001	+49.20-1.81A-6.89B+0.62C
Browning index (294 nm)	2FI	0.995	301.93***	<0.0001	+0.46+0.19A-0.050B-0.019C-0.027AB-0.012AC+0.016BC
Browning index (420 nm)	2FI	0.996	455.73***	<0.0001	+0.45+0.15A-0.048B-0.005C-0.015AB-0.006AC+0.004B
Lightness	2FI	0.719	3.83*	0.035	+31.07-2.72A-1.12B+0.47C+3.57AB-2.14AC-1.61BC
Redness	Quadratic	0.655	1.52	0.314	+7.73+0.36A-0.53B+0.11C-0.21AB-0.15AC+0.082BC-0.40A ² +0.13B ² -1.16C ²
Yellowness	Linear	0.342	2.08	0.157	+11.45-2.26A-1.16B+0.20C
Hardness	Linear	0.626	0.64	0.6060	+734.52+17.98A+4777.20B+99.75C
Adhesiveness	Quadratic	0.847	3.70	0.0627	-28.10-2.67A-1.67B-9.67C+2.08AB-0.42AC-1.25BC+1.32A ² -0.35B ² -0.35C ²
Springiness	Quadratic	0.529	0.75	0.665	+89.82-0.090A+0.22B+0.47C+0.32AB+0.72AC+1.00BC+4.30A ² -0.23B ² -2.17C ²
Chewiness	Linear	0.860	24.64***	<0.0001	+283.32+15.66A+45.98B+63.32C
Cohesiveness	Quadratic	0.783	2.41	0.1487	-234.03-952.85A+959.06B+951.37C-1190.45AB+1193.17AC-1193.53BC+507.90A ² +491.73B ² +489.88C ²
Gumminess	Quadratic	0.971	22.43**	0.0006	+434.49+22.84A+75.68B+95.78C-6.75AB+31.72AC+24.27BC+68.12A ² -34.03B ² -40.19C ²

¹⁾A: SLT extract, B: sugar, C: agar powder.
*P<0.05, **P<0.01, ***P<0.001.

tion에서와 같이 증숙 맥문동 양갱의 pH는 증숙 맥문동 열수 추출액의 양이 설탕과 분말한천의 양보다 영향을 더 많이 주는 것으로 나타났으며, 증숙 맥문동 열수 추출액이 증가할수록 pH가 감소하고 설탕이 증가할수록 pH가 증가하는 것을 알 수 있었다. 숙지황 농축액 첨가 양갱(18)과 홍삼젤리(34)에 대한 연구에서 숙지황 및 홍삼 농축액의 첨가량이 증가할수록 pH가 감소하는 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 맥문동의 증숙 과정에서 Maillard 반응을 통하여 염기성 아미노산의 감소와 저분자 산 생성물의 증가에 따른 pH 저하가 동반되므로 증숙 맥문동 열수 추출액의 첨가에 따라서 양갱의 pH가 감소하는 것으로 판단된다(12,35).

증숙 맥문동 양갱의 당도에서 설정된 반응별로 모델링하여 F-test를 통해 유의적인 검증을 한 결과 $P < 0.01$ 에서 반응모델 간의 유의적인 차이가 있었으며, 두 개의 독립변수가 상호작용을 하는 2FI 반응모델의 R^2 의 값은 0.844를 나타내 모델에 대한 적합성이 인정되었다(Table 3). 양갱의 당도는 설탕의 양이 증숙 맥문동 열수 추출물과 분말한천의 양보다 많은 영향을 주었으며, 설탕의 첨가량이 증가할수록 양갱의 당도가 증가하는 경향을 나타내었다.

증숙 맥문동 양갱의 수분 함량은 Table 2와 같이 40.86~59.81%의 범위를 나타냈으며, 각 요인이 독립적으로 영향을 미치는 linear model이 선정되었고 반응에 따른 유의적 차이가 있었다($P < 0.001$). 설탕의 양, 증숙 맥문동 열수 추출물의 양, 분말한천의 양 순서로 수분 함량에 영향을 주었으며(Table 3), 설탕의 양, 증숙 맥문동 열수 추출물이 증가할수록 수분 함량이 감소하였으나, 분말한천의 양에 따라서는 수분의 함량이 증가하였다. 이러한 결과는 미역 양갱(36), 오디즙 첨가 양갱(37)의 연구에서 설탕 첨가량이 증가할수록 상대적으로 수분 함량이 감소한다는 결과와 유사한 경향을 나타내었으며, 한천에 설탕을 첨가할 경우에 한천의 주성분인 agarose의 hydroxyl group과 설탕의 hydroxyl group 간의 새로운 수소결합이 생성되고 이에 따른 자유수의 함량에 영향을 미치기 때문으로 판단된다(38).

증숙 맥문동 양갱의 갈변도는 294 nm와 420 nm에서 모두 2FI model이 선정되었고 F-test를 통해 유의적인 검증을 한 결과 $P < 0.001$ 로 반응모델 간의 유의적인 차이가 나타났으며, 증숙 맥문동 열수 추출물의 양이 증가할수록 294 nm와 420 nm의 갈변도에 가장 영향을 많이 주는 것으로 나타났다. 반면 설탕과 분말한천의 양은 증가할수록 갈변도는 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 맥문동의 증숙 과정에서 생성된 갈변 물질에 의한 영향으로 판단된다.

각 16개의 증숙 맥문동 양갱의 색도(L, a, b)의 결과는 Table 2와 같으며 L값(명도)은 2FI model로 선정되었고 $P < 0.05$ 에서 유의적인 차이를 나타내었다. L값은 증숙 맥문동 열수 추출물의 양이 설탕과 분말한천의 양보다 더 많은 영향을 주는 것으로 나타났으며, 증숙 맥문동 열수 추출액의 양과 설탕의 양이 증가할수록 L값은 감소하고 분말한천의 양이 증가할수록 증숙 맥문동 양갱의 L값이 증가하였다. 이

러한 경향은 미역 양갱(36) 및 오디즙 첨가 양갱(37)의 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 맥문동의 증숙에 따른 Maillard 반응으로 인하여 생성된 갈변 물질에 의하여 L값이 감소하는 것으로 보고되고 있으며(12), 이로 인하여 증숙 맥문동 열수 추출액의 첨가량에 의존하여 양갱의 명도 감소를 유발한 것으로 판단된다. 그러나 a값(적색도)과 b값(황색도)은 각각 quadratic model과 linear model이 선정되었으나 모델에서의 반응 간의 유의성은 나타나지 않았다.

각 16개의 증숙 맥문동 양갱의 조직감은 TPA법으로 측정하여 경도, 부착성, 탄력성, 씹힘성, 검성, 응집성에 대한 값을 Table 2에 나타내었으며, 반응모델을 분석한 결과는 Table 3에 나타냈다. 조직감에 있어서 씹힘성 및 검성은 모델 간에 유의적인 차이가 있었으나, 경도, 부착성, 탄력성과 응집성은 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

양갱의 씹힘성은 linear model을 나타내었고 겔 형성에 관여하는 분말한천의 양이 가장 영향을 많이 주었으나(Table 3), 증숙 맥문동 열수 추출물과 설탕, 그리고 분말한천의 양이 증가할수록 씹힘성은 증가하였다. 이러한 경향은 숙지황 첨가 양갱(39)의 연구에서 숙지황의 첨가량이 증가할수록 씹힘성이 증가하는 경향과 유사한 결과를 나타내었다. 맥문동의 증숙에 따라서 환원당 및 소당류가 증가하는 것으로 보고되고 있으며(12), 한천에 당류를 첨가할 경우 한천과 당류 간의 수소결합이 생성되므로(38) 한천, 설탕 및 증숙 맥문동 열수 추출물의 함량이 증가할수록 형성되는 수소결합의 증가로 인하여 양갱의 조직감에 영향을 주는 것으로 판단된다.

증숙 맥문동 양갱의 검성은 quadratic model이 선정되었고 반응모델 간의 유의적인 차이가 나타났으며($P < 0.01$) 반응모델의 R^2 의 값은 0.971로 모델에 대한 적합성이 인정되었다(Table 3). 증숙 맥문동 양갱의 검성은 분말한천의 양이 가장 영향을 주는 것으로 나타났으며, 분말한천의 양, 설탕, 증숙 맥문동 열수 추출물이 증가할수록 검성이 증가하는 것을 알 수 있었고 썩 분말을 첨가한 양갱의 품질 특성(28)에서 첨가물의 첨가량이 증가할수록 검성이 증가하는 결과와 유사했으며 홍삼을 첨가한 양갱의 품질 연구(34)에서도 경도가 높을수록 씹힘성과 검성이 증가하는 양의 상관관계를 볼 수 있다는 결과와 유사하였다. 또한, 검성은 반고체의 식품을 삼킬 수 있을 정도로 분쇄하는 데 작용하는 힘을 의미하고 분말한천의 첨가에 따라 겔화도가 증가하게 되므로, 오디즙 첨가 양갱의 제조 조건 최적화(37) 연구에서 겔화를 일으키는 분말한천이 오디 양갱의 검성에 큰 영향을 주는 결과처럼 본 연구에서도 분말한천의 함량이 양갱의 검성에 영향을 많이 미치는 것으로 판단된다.

관능적 특성

각 16개의 증숙 맥문동 양갱의 관능검사 결과는 Table 4와 같으며, 반응모델을 분석한 결과 외관, 색, 단맛, 단단함, 질감 및 종합적인 기호도에서 유의적인 차이를 나타내었

Table 4. Sensory evaluation of *yanggaeng* prepared with SLT extract

Sample No. ¹⁾	Responses							
	Appearance	Flavor	Color	Sweetness	Bitterness	Hardness	Texture	Overall quality
1	4.30	3.80	4.80	5.35	3.35	2.10	3.20	3.60
2	5.20	4.75	4.95	5.55	2.50	3.85	4.80	4.75
3	4.95	5.40	4.90	4.55	4.40	3.80	4.45	4.60
4	5.40	4.30	5.05	5.60	3.70	4.40	4.95	5.05
5	4.00	4.00	3.60	3.60	3.45	2.95	3.95	3.65
6	4.70	4.80	4.70	4.85	3.25	3.10	4.65	4.60
7	3.85	3.95	3.75	3.60	2.90	4.95	4.45	3.90
8	5.05	4.80	4.95	4.80	3.90	4.75	5.10	4.55
9	4.30	4.50	4.85	3.70	4.35	3.25	4.10	3.85
10	4.65	4.70	5.30	4.30	3.85	4.40	4.35	4.65
11	5.35	4.80	5.25	4.45	4.70	4.70	4.95	4.65
12	4.75	4.40	4.60	4.35	3.55	5.15	4.55	4.70
13	3.80	4.55	3.65	4.40	3.20	5.25	4.50	4.50
14	4.30	5.05	4.55	4.00	4.75	5.35	3.90	4.10
15	3.30	3.95	3.05	2.80	3.60	4.85	3.85	3.35
16	4.10	4.35	4.10	4.10	3.30	4.25	4.00	4.20

¹⁾Formulations of samples are described in Table 1.

나, 풍미와 쓴맛의 경우에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 반응모델에 있어서 유의적인 차이를 보이는 외관, 색, 단맛, 단단함, 질감 및 종합적인 기호도에서의 각각의 요인이 독립적으로 영향을 미치는 linear model이 모두 선정되었으나, 적합성은 이화학적 특성 및 조직감에 비해서 다소 낮은 경향을 나타내었다(Table 5). 또한, 유의성을 나타내는 관능평가 항목의 경우 대체로 증숙 맥문동 열수 추출물과 설탕의 양이 증가할수록 기호도가 증가하는 것을 알 수 있었으며, 분말한천의 양이 증가할수록 기호도가 감소하는 경향을 나타내었다. 색은 증숙 맥문동 열수 추출물과 분말한천의 양, 단맛은 설탕과 분말한천의 양, 경도는 분말한천의 양, 질감은 설탕의 양, 종합적인 기호도는 증숙 맥문동 열수 추출물과 설탕의 양이 각각의 관능검사 항목에 가장 영향을 주는 것으로 나타났다. 증숙 맥문동 양개의 종합적인 기호도에 대한 경향은 오디즙 첨가 양개의 연구(37) 결과에서와 유사한 경향을 나타내었으며, 양개의 단맛이 더 강하게 느껴질수록 전반적인 기호도가 더 높게 나오는 것을 알 수 있었다.

품질 최적화

증숙 맥문동을 첨가한 양개의 이화학적, 기계적 및 관능

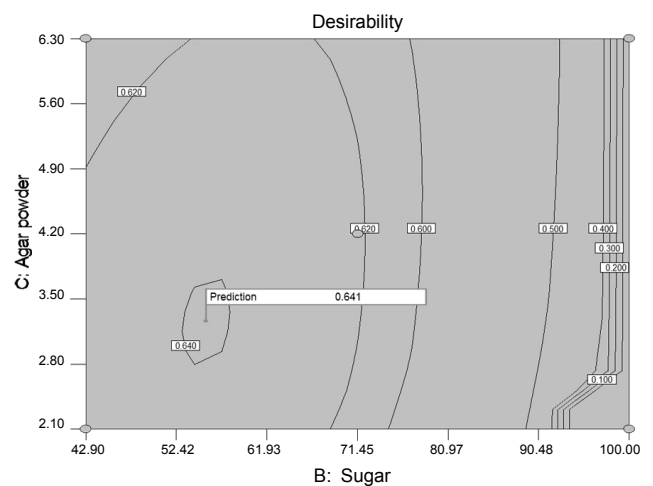


Fig. 1. Contour model graph for desirability of *yanggaeng* prepared with SLT extract.

평가와 관련된 반응표면분석을 토대로 설탕의 사용량은 최소로 하면서 양개의 품질 특성 및 관능 특성에 대한 반응변수의 값을 최대로 나타낼 수 있는 배합비를 canonical 모형의 수치 최적화를 수행한 결과 Fig. 1에서와 같이 0.641의

Table 5. Predicted polynomial equation for sensory characteristics of *yanggaeng* prepared with SLT extract

Responses	Model	R ²	F-value	Prob > F	Polynomial equation ¹⁾
Appearance	Linear	0.718	10.20**	0.001	+4.45+0.40A+0.29B-0.36C
Flavor	2FI	0.588	2.14	0.147	+4.50+0.23A-0.003B-0.031C-0.36AB-0.078AC+0.031BC
Color	Linear	0.466	3.49*	0.049	+4.45+0.39A+0.19B-0.34C
Sweetness	Linear	0.727	10.64**	0.002	+4.36+0.11A+0.59B-0.50C
Bitterness	Linear	0.449	3.26	0.059	+3.63+0.36A-0.41B+0.100C
Hardness	Linear	0.684	8.64**	0.003	+4.13+0.46A+0.27B+0.77C
Texture	Linear	0.557	5.03*	0.017	+4.32+0.28A+0.34B-0.055C
Overall acceptability	Linear	0.693	9.01**	0.002	+4.25+0.30A+0.37B-0.080C

¹⁾A: SLT extract, B: sugar, C: agar powder.

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$.

Table 6. Sensory evaluation of control and optimized sample of *yanggaeng* prepared with SLT extract

Characteristics	Control ¹⁾	Optimized sample ²⁾	t-value	P-value
Appearance	4.27±1.78	5.31±0.93	-2.64	0.000 ^{***}
Flavor	3.65±1.20	5.38±1.27	-5.06	0.000 ^{***}
Color	3.88±1.88	5.23±1.21	-3.07	0.003 ^{**}
Sweetness	5.04±1.40	4.42±1.27	1.17	0.103
Bitterness	2.23±1.37	3.92±1.53	-4.18	0.000 ^{***}
Hardness	4.77±1.27	3.88±1.28	2.05	0.016 ^{**}
Texture	4.27±1.19	5.31±1.09	-3.29	0.002 ^{**}
Overall acceptability	4.35±1.35	5.27±1.12	-2.68	0.010 ^{**}

¹⁾Yanggaeng prepared without SLT extract.

²⁾Optimized yanggaeng prepared with SLT extract.

P<0.01, *P<0.001.

적합도를 나타내었으며, 이에 따른 반응변수들의 예측값은 증숙 맥문동 열수 추출물 35 mL, 설탕 55.23 g, 분말한천 3.39 g으로 분석되었다. 이는 실험을 설계하기 위하여 설정한 기본 배합비와 비교할 경우 설탕은 100 g에서 55.23 g으로 약 45% 정도의 설탕 사용량의 감소 효과를 보였으며, 분말한천의 사용량은 4.2 g에서 3.39 g으로 감소하였다. 예측된 당류 저감화를 위한 양갱 배합비와 기본 배합비(대조군)를 이용한 양갱을 제조하여 관능평가를 한 결과 Table 6에서와 같이 단맛을 제외한 모든 관능평가 항목에서 대조군과 유의적인 차이를 나타내었으며 기호도에서도 상대적으로 우수한 것으로 판단되었다. 따라서 증숙 맥문동 열수 추출물을 이용하여 양갱을 제조할 경우, 증숙 맥문동이 가지고 있는 생리활성을 활용함과 동시에 당류의 사용을 줄이면서 기호도에서는 우수한 제품의 개발이 가능할 것으로 판단된다. 본 연구 결과를 통해서 천연 기능성 소재를 활용하여 기능성이 우수한 저칼로리 식품의 개발에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 생각한다.

요 약

본 연구에서는 증숙 맥문동을 첨가한 양갱 제조조건을 반응 표면분석법을 이용하여 최적화하여 저칼로리 양갱의 개발 가능성을 검토하고자 하였다. 증숙 맥문동 열수 추출물, 설탕 및 한천의 함량을 독립변수로 하여 16가지의 양갱을 제조하여 pH, 수분 함량, 당도, 색도 및 갈변도 등의 이화학적 품질 특성과 조직감, 관능평가를 수행하였다. 이화학적 품질 특성 중에서 pH 및 갈변도는 증숙 맥문동 열수 추출액, 당도 및 수분 함량은 설탕, 색도는 증숙 맥문동 열수 추출액과 설탕의 양이 품질 특성에 더 많은 영향을 나타냈으며, 조직감에 있어서 씹힘성과 검성은 분말한천의 양에 의존하는 경향을 나타내었다. 또한, 관능평가에 있어서 유의성을 나타낸 외관, 색, 단맛, 단단함, 질감 및 종합적인 기호도의 경우 증숙 맥문동 열수 추출물, 설탕이 증가할수록 기호도가 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 바탕으로 당류의 사용은 최소화하면서 최적의 양갱의 품질 특성 및 기호도를 나타내는 조건은 증숙 맥문동 열수 추출물이 35 mL, 설탕은

55.23 g, 분말한천은 3.39 g으로 최적 첨가량이 예측되었으며, 기본 배합비와 비교한 결과 단맛은 유의적 차이가 나타나지 않고 그 외의 모든 관능평가 항목에서 유의적으로 우수하였다. 따라서 증숙 맥문동을 식품에 활용할 경우 다양한 저칼로리 제품의 개발에 이용이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 논문은 부산대학교 기본연구지원사업(2년)에 의하여 연구되었음.

REFERENCES

- Kim SM, Lee CY, Kim YC, Choi IS, Min KK, Seong JD. 2007. Effects of organic fertilizers on growth and yield in *Liriope platyphylla* Wang et Tang. *Korean J Med Crop Sci* 15: 148-151.
- Lee WC. 1996. *Korean plant encyclopedia*. Academybook Co., Seoul, Korea. p 397.
- Academic Society for Pharmacognosy. 1992. *Pharmacognosy*. Hakchangsa, Seoul, Korea. p 467-469.
- Council for College of Pharmacy. 2003. *Pharmaceutical manufacturing encyclopedia*. 8th ed. Shinil Co., Seoul, Korea. p 1104-1105.
- Im JG, Kang MS, Park IK, Kim SD. 2005. Dietary effects of *Liriope* tuber water extracts on the level of blood glucose and serum cholesterol in streptozotocin-induced diabetic rat. *J East Asian Soc Diet Life* 15: 20-28.
- Shibata M, Noguchi R, Suzuki M, Iwase H, Soeda K, Niwayama K, Kataoke E, Hamano M. 1971. Pharmacological studies on medicinal plant components I. On the extracts of *Ophiopogon* and some folk medicine. *Proc Hoshi Pharm* 13: 66-76.
- Kim H, Jeong HS, Kwon J, Lee KG. 2003. Effect of Maekmoondong-tang on the immunomodulatory action. *Korean J Orient Physiol Pathol* 17: 946-951.
- Rhee IJ, An JY. 2003. Hepatoprotective effects of water extract of *Liriope* tuber on carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in rats. *Kor J Pharmacogn* 34: 166-171.
- Baek NI, Cho SJ, Bang MH, Lee I, Park C, Kim M, Kim K, Sung J. 1998. Cytotoxicity of steroid-saponins from the tuber of *Liriope platyphylla* W.T.. *Agric Chem Biotechnol* 41: 390-394.
- Kim SD, Ku YS, Lee IZ, Kim ID, Youn KS. 2001. General

- components and sensory evaluation of hot water extract from *Liriodopsis* tuber. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 20-24.
11. Bae KM, Park SH, Jung KH, Kim MJ, Hong SH, Song YO, Lee H. 2010. Effects of roasting conditions on physicochemical properties and sensory properties of *Liriodopsis* tuber. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1503-1508.
 12. Park SH. 2013. Studies on bioactive compounds and biological activities of steamed *Liriope platyphylla* and its application on beverage products. *PhD Dissertation*. Pusan National University, Busan, Korea.
 13. Park JY, Park SH, Lee H, Lee YB. 2014. Headspace volatile compounds of steamed *Liriodopsis* tuber tea affected by steaming frequency. *Prev Nutr Food Sci* 19: 314-320.
 14. Choi SI, Lee HR, Goo JS, Kim JE, Nam SH, Hwang IS, Lee YJ, Prak SH, Lee HS, Lee JS, Jang IS, Son HJ, Hwang DY. 2011. Effects of steaming time and frequency for manufactured red *Liriope platyphylla* on the insulin secretion ability and insulin receptor signaling pathway. *Lab Anim Res* 27: 117-126.
 15. Choi SI, Goo JS, Kim JE, Nam SH, Hwang IS, Lee HR, Lee YJ, Son HJ, Lee HS, Lee JS, Kim HJ, Hwang DY. 2012. Differential effects of the steaming time and frequency for manufactured red *Liriope platyphylla* on nerve growth factor secretion ability, nerve growth factor receptor signaling pathway and regulation of calcium concentration. *Mol Med Rep* 6: 1160-1170.
 16. Choi SI, Kim JE, Hwang IS, Lee HR, Lee YJ, Kwak MH, Son HJ, Lee HS, Lee JS, Kang BC, Hwang DY. 2012. Toxicity of red *Liriope platyphylla* manufactured by steaming process on liver and kidney organs of ICR mice. *Lab Anim Res* 28: 229-238.
 17. Jeon SW, Hong CO, Kim DS. 2005. Quality characteristics and storage stability of yanggaengs added with natural coloring ingredients. *J Res Inst Eng Technol* 12: 19-34.
 18. Han JM, Chung HJ. 2013. Quality characteristics of yanggaeng added with blueberry powder. *Korean J Food Preserv* 20: 265-271.
 19. Min SH, Park OJ. 2008. Quality characteristics of yanggaeng prepared with different amounts of *Astragalus membranaceus* powder. *J East Asian Soc Diet Life* 18: 9-13.
 20. Lee SM, Choi YJ. 2009. Quality characteristics of yanggeng by the addition of purple sweet potato. *J East Asian Soc Diet Life* 19: 769-775.
 21. Park EY, Kang SG, Jeong CH, Choi SD, Shim KH. 2009. Quality characteristics of Yanggaeng added with paprika powder. *J Agric Life Sci* 43: 37-43.
 22. Choi EJ, Kim SI, Kim SH. 2010. Quality characteristics of yanggaeng by the addition of green tea powder. *J East Asian Soc Diet Life* 20: 415-422.
 23. Kim MH, Chae HS. 2011. A study of the quality characteristics of Yanggaeng supplemented with *Codonopsis lanceolata* Traut (Benth et Hook). *J East Asian Soc Diet Life* 21: 228-234.
 24. Han EJ, Kim JM. 2011. Quality characteristics of yanggaeng prepared with different amounts of ginger powder. *J East Asian Soc Diet Life* 21: 360-366.
 25. Kim AJ, Han MR, Lee SJ. 2012. Antioxidative capacity and quality characteristics of Yanggaeng using fermented red ginseng for the elderly. *Korean J Food Nutr* 25: 83-89.
 26. Hwang ES, Lee YJ. 2013. Quality characteristics and antioxidant activities of yanggaeng with aronia juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1220-1226.
 27. Seo HM, Lee JH. 2013. Physicochemical and antioxidant properties of yanggaeng incorporated with black sesame powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 143-147.
 28. Choi IK, Lee JH. 2013. Quality characteristics of yanggaeng incorporated with mugwort powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 313-317.
 29. Kim YJ, Kim MH, Lee SG. 2015. Optimization of yanggaeng processing prepared with papaya leaf powder. *Korean J Foodservice Management Soc* 18: 35-57.
 30. Kim YJ, Kim HJ, Kim JW, Yoon KS. 2010. Physicochemical and sensory characteristics of fructo-, isomalto-, galactooligosaccharides on Yanggaeng. *J Xiamen Univ (Nat Sci)* 8: 5-10.
 31. Kim HA, Lee KH. 2012. Quality characteristics of yanggeng made with various sweeteners. *J East Asian Soc Diet Life* 22: 818-825.
 32. AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 1-26.
 33. Ajandouz EH, Tchiakpe LS, Dalle Ore F, Benajiba A, Puigserver A. 2001. Effects of pH on caramelization and Maillard reaction kinetics in fructose-lysine model systems. *J Food Sci* 66: 926-931.
 34. Ku SK, Choi HY. 2009. Antioxidant activity and quality characteristics of red ginseng sweet jelly (Yanggaeng). *Korean J Food Cook Sci* 25: 219-226.
 35. Tressl R, Nittka C, Kersten E, Rewicki D. 1995. Formation of isoleucine-specific Maillard products from [1-¹³C]-D-glucose and [1-¹³C]-D-fructose. *J Agric Food Chem* 43: 1163-1169.
 36. Joo DS, Cho SY. 1998. Conditions for the processing of seamustard yankeng. *Journal of East Coastal Research* 9: 19-32.
 37. Pyo S, Joo N. 2011. Optimization of Yanggaeng processing prepared with mulberry juice. *Korean J Food Cult* 26: 283-294.
 38. Nishinari K, Takaya T, Kohyama K, Watase M. 1994. Effects of sugars on the gel-sol transition of agarose and κ-carrageenan. In *Developments in Food Engineering*. Yano T, Matsuno R, Nakamura K, eds. Springer Science & Business Media, Dordrecht, Netherlands. p 108-110.
 39. Oh HL, Ahn MH, Kim NY, Song JE, Lee SY, Song MR, Park JY, Kim MR. 2012. Quality characteristics and antioxidant activities of yanggaeng with added *Rehmanniae radix* Preparata concentrate. *Korean J Food Cook Sci* 28: 1-8.