오디 초콜릿의 제조 최적화 및 항산화 활성

박소연 · 주나미*

숙명여자대학교 생활과학대학 식품영양학전공

Processing Optimization and Antioxidant Activity of Chocolate Added with Mulberry

So Yeon Park and Nami Joo*

Department of Food & Nutrition, Sookmyung Women's University

Abstract The purpose of this study was to determine the optimal mixing conditions for two different amounts of added mulberry powder and fresh cream to prepare functional chocolate with added mulberry powder. The experiment was designed according to the central composite response surface design, which showed 10 experimental points, and included two replicates for mulberry powder and fresh cream. The physiochemical, mechanical, and sensory properties of the test were measured, and these values were applied to the mathematical models. The results of the physiochemical and mechanical analyses of each sample, including pH, moisture content, total phenolic content, DPPH free radical scavenging activity, color L, color b, hardness, gumminess, and cohesiveness showed significant differences. The sensory characteristics of the samples tested were significantly different in flavor, texture, sourness, bitterness, and overall acceptability. The optimum formulation calculated by numerical and graphical methods was 25.76 g mulberry powder and 72.21 g fresh cream.

Keywords: mulberry, chocolate, sensory, response surface design (RSM), optimization

서 론

초콜릿은 테오브로마 카카오(*Theobroma cacao*)나무의 종실에서 얻은 원료에 다른 식품원료 또는 식품첨가물 등을 가해 가공한 것으로 정의된다. 그 성분으로는 카카오 매스, 카카오버터, 카카오 분말 등의 가공품에 당류, 유지, 유가공품 및 식품첨가물 등을 가하여 가공한 것이다(1). 초콜릿에는 활성산소 생성을 억제하는 기능을 가진 폴리페놀 성분이 함유되어 있어, 암의 발생을 억제하며 면역력을 키워주고, 스트레스를 감소시켜 노화방지도 효과가 있다. 그 중 다크 초콜릿에는 항산화물질 함유량이 녹차나 포도주보다 2-3배 더 많이 함유되어 산화방지 효과가 높은 것으로 보고되었다(2).

오디는 뽕나무과(*Moraceae*)의 뽕나무속(*Morus*)에 속하는 교목성 낙엽수인 뽕나무의 열매로서 온대에서 아열대에 이르기까지 널리 분포하며, 분포밀도가 가장 높은 곳은 동아시아의 한국, 중국 대륙 및 일본 열도이다(3). 오디는 최근 다양한 기능성 성분 및 효능이 알려지면서 기능성 식품 및 국민건강 증진에 기여할 수 있는 천연식품으로 보고되어 왔다. 특히 오디에는 레스베라트롤(resveratrol)이라는 폴리페놀 성분이 함유되어 있어 항산화, 항

암 및 항염증 효능 등 다양한 생리활성이 밝혀져 의약품 및 기능성 식품 소재로 주목받고 있는 물질이다(4). 작약씨로부터 레스베라트롤과 그의 유도체를 분리하여 항산화 활성을 확인한 결과 레스베라트롤은 -토코페롤의 약 2배의 항산화 효과가 있는 것으로 보고되었다(5). 오디의 생리활성기능에 대한 연구결과로는 항당뇨 효능, 오디 품종간 안토시아닌 색소의 쥐적출 대동맥의 수축 및 이완작용 구명(6), 항산화, 항염증 효능(7), 뽕나무 품종별 오디 추출물의 콜레스테롤 억제효능(3), 오디분획물의 지질대사 및 간장기능에 미치는 영향(8) 등이 있다.

그러나 오디는 우수한 기능성과 천연 색소로서의 사용가능성을 가진 식품인 반면 크기가 작고 수분함량이 높아 수확작업이 어렵고 취급의 불편함으로 인해 잼, 젤리, 주스 및 술 등의 가공식품 재료로 이용되거나 천연 염료제로 의료 및 화장품 산업에 소량 이용되어 왔을 뿐 그 이용이 극히 제한적이었다(9). 그러므로 대중적인 기호식품인 초콜릿과 오디를 접목시켜, 오디에 대한 기호성을 높이고 기능성을 갖는 초콜릿의 개발이 필요하다고 본다.

따라서 본 연구에서는 우수한 생리활성을 지니고 있는 오디의 품종 중에서 선택도 및 당도가 높은 청일뽕(*Morus alba* L.)을 이용하여 초콜릿을 제조하였다. 생과육 형태로 저장성이 까다로운 오디는 동결건조 전처리를 통해 분말형태로 사용하였으며, 초콜릿의 색, 향, 맛, 조직감 등에 영향을 미칠 수 있는 오디분말과 생크림을 독립변수로 하여 기능성 오디 초콜릿을 개발하고자 하였다. 또한 반응표면분석법(RSM)을 이용하여 오디분말을 첨가한 초콜릿의 최적 제조조건을 도출해내고 이화학적, 기계적 및 관능적 특성 분석을 통해 오디 초콜릿의 항산화성과 품질에 대해 평가하고자 한다.

*Corresponding author: Nami Joo, Department of Food and Nutrition, Sookmyung Women's University, Seoul 140-742, Korea

Tel: 82-2-710-9471

Fax: 82-2-710-9479

E-mail: mastiso@naver.com

Received January 18, 2011; revised March 11, 2011;

accepted March 17, 2011

재료 및 방법

실험 재료

오디 초콜릿을 제조하기 위하여 사용된 오디는 전라북도 정읍 시 소성면 신태인에서 2010년 6월에 수확한 청일뽕 품종으로, 전 통시장에서 일괄 구입하여 -18°C 에서 냉동보관하며 사용하였다. 초콜릿은 코코아 함량이 55.6%의 Barry Callebaut 사의 벨기에 제품을 구입하였고, 생크림은 유크림 100%, 유지방 함량 38%의 국산제품인 (주)동원 데어리푸드의 덴마크 생크림을 구입하여 사용하였다.

오디분말 제조

오디는 deep freezer(New Brunswick Scientific Co., Edison, NJ, USA)를 이용하여 -70°C 에서 48시간 동결시킨 후 72시간 동안 동결건조(Freezer Dryer, Operon Eng Co., Seoul, Korea)하여 분쇄기로 분쇄한 후 50 mesh 표준 망체를 통과시켜 분말화하였다. 이후 polyethylene bag으로 2번 포장하여 -20°C 저온 냉동고에 보관하면서 시료로 사용하였다.

실험 디자인

오디 초콜릿의 최적 비율을 산출하기 위한 실험 디자인은 design expert 8(Stat-Ease Co., Minneapolis, MN, USA) 프로그램을 사용하였으며 반응표면 실험계획법(response surface design)의 중심합성계획법(CCD: central composite design)에 따라 실험을 설계하였다. 독립변수로는 오디 초콜릿의 품질에 영향을 줄 수 있는 재료인 오디분말(A)과 생크림(B)의 함량을 두 요인으로 설정하였고 예비 실험을 거쳐 각 요인의 최소 및 최대 범위를 오디분말 10-50 g, 생크림 50-100 g으로 결정하였다. 중심합성계획법은 반응표면분석의 실험설계 방법 중 하나로 요인점(factorial points), 축점(axial points), 중심점(center points)의 세 부분으로 구성되며, 이러한 실험점들 사이에는 모델설정 및 적합결여 검증을 위한 반복점이 존재한다(10). 이에 따라 각 설정된 범위를 입력하여 10개의 실험점이 형성되었고 replication 설정을 통해 2개의 반복점이 선택되었다. 완성된 실험 디자인의 재료 혼합비율은 Table 1과 같다.

일반성분 분석

오디와 다크 초콜릿의 일반성분 조성은 AOAC(11) 표준방법에 준하여 측정하였다. 수분은 적외선 수분측정기(MB45 Moisture Analyzer, OHAUS Co., Zurich, Switzerland)를 이용하였으며, 조단

백질은 자동질소증류장치(Kjeltec Analyzer 2300, FOSS. Co., Slangerupgade, Hillerod, Denmark)를 이용한 Kjeldahl법, 조지방은 자동 조지방 추출기(Soxtec Avanti 2050, FOSS Co., Slangerupgade, Hillerod, Denmark)를 이용한 Soxhelt's 추출법, 조섬유는 Henneberg-Stohmann(Fibertherm FT12, Gerhardt, Germany) 개량법에 의하여 분석하였고, 조회분은 550°C 회화로에서 직접회화법으로 분석하였다. 각 실험은 3회 반복하여 얻은 평균값으로 나타내었다.

레스베라트롤 함량 분석

오디의 레스베라트롤 분석은 Kim 등(12)의 방법을 응용하여 측정하였다. 동결 건조된 오디시료 각 1 g에 80% methanol 5 mL를 가하여 추출한 후 $0.45\ \mu\text{m}$ syringe filter로 여과하여 HPLC(SCL-10A, Shimadzu system controller, Berlin, Germany)로 분석하였다. PDA(Shimadzu SPD-M 10A, photodiode array detector) 검출기와 Waters C_{18} ($5\ \mu\text{m}$, $250\ \text{mm} \times 4.6\ \text{mm}$) column을 이용하였으며 이동상은 용매 A(0.025% trifluoroacetic acid in 5% acetonitril)와 용매 B(0.035% trifluoroacetic acid in 50% acetonitril)를 gradient로 변화를 주었다. 35분 동안 용매 B를 10%에서 50%까지 증가시켜 주었고 5분 동안 같은 농도를 유지하다가 10분 후 다시 처음 농도인 10%로 감소시키면서 분석하였다. 컬럼 온도의 온도는 40°C 로 유지하였으며, 분석 파장은 360 nm를 그리고 유량은 1 mL/min 속도로 측정하였다.

오디 초콜릿의 제조

오디 초콜릿의 제조에 사용된 표준 배합 비율은 Shin(13)의 연구에서 사용된 표준 레시피를 기반으로 일부 수정하여 사용하였다. 초콜릿 제조의 표준 레시피는 Table 1과 같다. 오디분말(A)과 생크림(B)의 2가지 요인의 한계범위를 설정하기 위하여 초콜릿 양은 200 g로 고정하고 예비실험 및 관능평가를 통해 두 시료의 한계범위 구간을 오디분말 10-50 g, 생크림 50-100 g로 설정하였다.

오디 초콜릿 제조를 위해 잘게 부순 초콜릿을 수분을 제거한 불에 담아 중탕으로 50°C 까지 온도를 상승시켜 녹인 후에 생크림과 오디분말을 넣고 38°C 에서 충분히 혼합하여 tempering을 시켰다. 온도가 떨어진 것을 확인한 후 가로, 세로, 높이 $15 \times 15 \times 1.5\ (\text{cm})$ 의 정사각형 틀에 부어 10°C 에서 15분 냉각한 후, 18°C 에서 24시간을 두어 완전히 굳혔다. 굳힌 초콜릿은 틀을 제거하고 실험 적성에 맞게 잘라 사용하였다. 제조한 초콜릿은 밀폐 용기에 담아 보관하고, 24시간 후 이화학적 검사, 기계적 검사 및 관능 검사를 실시하였다.

pH

오디 초콜릿의 pH는 500 mL 비커에 제조된 초콜릿 3 g과 증류수 30 mL를 넣고 알루미늄 호일로 비커를 덮은 후 40°C 에서 10분간 sonication(Power Sonic 510, Hwashin Instrument Co., Seoul, Korea)을 실시하였다. 일정 온도에서 시료가 고르게 섞이도록 hot plate & magnetic stirrer(MS300HS, Misung Scientific Co., Seoul, Korea)를 이용하여 7분간 가열온도 4, 교반속도 5 상태에서 가열 교반을 실시하였다. 그 후 실온 30°C 에서 30분간 방치한 후 pH meter(F-51, HORIBA, Tokyo, Japan)로 3회 반복 측정하였으며 그 평균값을 구하였다.

당도

오디 초콜릿의 당도는 58-92% 범위를 갖는 당도계 Digital Hand-held Pocket Refractometer(PAL-2, ATAGO Co., Tokyo,

Table 1. Experimental design for chocolate with addition of mulberry powder by response surface design

Sample No.	Chocolate (g)	Factors	
		Mulberry powder (g)	Fresh cream (g)
1	200	10	50
2	200	50	50
3	200	10	100
4	200	50	100
5	200	10	75
6	200	50	75
7	200	30	50
8	200	30	100
9	200	30	75
10	200	30	75

Japan)를 사용하여 측정하였다. 초콜릿 제조 직후 틀에 부어 굳기 전의 상태인 35°C 액상의 초콜릿을 1g씩 취하여 3회 반복 측정하였다.

수분함량

오디 초콜릿의 수분함량은 적외선 수분측정기(MB45 Moisture Analyzer, OHAUS Co.)를 이용하여 측정하였다. 초콜릿 시료 3g을 알루미늄 dish에 칭량하여 105°C에서 3회 반복하여 측정하여 그 평균값을 구하였다.

총 페놀 함량

오디 초콜릿의 총 페놀 함량은 Singleton 등(14)의 Folin-Ciocalteu법을 일부 변형하여 측정하였다. 우선 시료 1g에 증류수 9g을 넣어 20분 동안 40°C에서 sonication(Power Sonic 510, Hwashin Instrument Co., Seoul, Korea)을 실시하였다. 이후 vortex mixer로 3분간 교반한 후 실온에 2시간 방치하고, 원심분리(3000 rpm, 30 min)하여 상등액을 Whatman No. 2 filter paper로 여과하여 취하였다. 상등액 0.5 mL에 9 mL의 증류수를 넣어 3분간 교반한 후, 알루미늄호일로 씌운 시험관에 1 mL Folin-Ciocalteu phenol reagent(Sigma-Aldrich Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 첨가하여 1분간 교반하였다. 5분 후 7% Na₂CO₃ 용액 10 mL을 가하여 1분간 교반하고 증류수 25 mL로 희석한 후 90분 동안 암소에 정치한 다음 분광광도계(2800 UV/VIS Spectrophotometer, UNICO, Dayton, OH, USA)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀함량은 gallic acid(Sigma-Aldrich Chemical Co.)를 분석하여 작성된 표준 검량선에 대입하여 산출하였다.

DPPH 자유 라디칼 소거능

오디 초콜릿의 자유 라디칼 소거능은 Blois(15)의 방법을 응용하여 측정하였다. 시료 0.3 g에 99.8% methanol 10 mL을 가하여 1분간 균질화 한 후 원심분리기(Combi-514R, Hanil, Incheon, Korea)를 이용하여 3,000 rpm, 4°C에서 10분간 원심분리를 실시하였다. 이후 상등액을 Whatman No. 2 filter paper로 여과한 후 얻은 추출물을 DPPH radical에 대한 소거능력을 측정시료로 이용하였다. 추출물 50 mg당 1 mL methanol을 첨가하여 50 mg/mL 농도의 추출물 용액을 제조하여 시료용액으로 사용하였다. 시료용액 50 µL를 DPPH solution(1.5×10⁻⁴ mM) 150 µL와 혼합하여 암소, 실온에서 30분간 방치하여 반응시킨 후 517 nm에서 분광광도계(2800 UV/VIS Spectrophotometer, UNICO, Dayton, OH, USA)로 흡광도를 측정하였으며 다음 식에 의하여 향산화성을 나타내었다.

$$\text{DPPH 자유 라디칼 소거능(\%)} \\ = (1 - \text{시료의 흡광도} / \text{대조구의 흡광도}) \times 100$$

색도

오디 초콜릿의 표면색은 Color difference meter(Colorimeter CR-200, Minolta, Co., Osaka, Japan)를 사용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness)의 색채 값을 측정하였다. 3회 반복 측정하여 평균값을 나타내었으며 이때 사용한 표준 백판(Standard plate)의 L 값은 97.26, a 값은 -0.07, b 값은 +1.86이었다.

조직감

오디 초콜릿의 조직감은 초콜릿을 가로, 세로, 높이 3×3×1.5 (cm)로 정사각형의 동일한 크기로 잘라 Texture Analyzer(Texture

Analyzer, TA.XT Express v2.1, London, England)를 사용하여 5회 반복하여 측정하였고 데이터는 평균값으로 나타내었다. Texture analyzer의 조건은 Shin의 연구(13)를 참고하여 pre-test speed: 1.0 mm/s, test speed: 1.0 mm/s, return speed: 1.0 mm/s, test distance: 2.0 mm, trigger force: 50.0 g를 실시하였고 측정 시 사용한 probe는 30' Conical Perspex type으로 하였다. 시료 측정 후 얻어진 force and time graph로부터 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 씹힘성(chewiness), 검성(gumminess), 응집성(cohesiveness)의 TPA(Texture profile analysis) 특성치를 분석하였다.

점도

오디 초콜릿의 점도는 Brookfield Viscometer(Model DV-II +, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleboro, MA, USA)를 이용한 회전 원통 점도 측정법으로 측정하였으며, spindle No. 7을 사용하여 30 rpm을 이용하여 온도 22°C에서의 점도를 cp (centipoise) 단위로 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

관능적 특성

오디 초콜릿의 품질을 평가하기 위해 식품영양학을 전공하는 대학원생 25명을 panel로 선정하여 오디 초콜릿의 실험목적과 관능적 품질 요소에 대해 사전 교육을 시킨 후 관능 평가를 실시하였다. 관능검사는 오전 10-11시 사이에 이루어졌으며 3-4°C 정도의 냉장 보관된 상태의 초콜릿을 제공하였다. 시료의 크기는 가로, 세로, 높이의 1×1×1.5(cm)의 동일한 크기로 잘라 panel당 10개의 시료를 난수표가 표시된 백색의 동일한 접시에 담아 물과 함께 제공하였으며, 제시된 시료는 William's latin square법(16)에 의해 순서상의 오차를 최소화하였고 평가는 각각의 자리가 분리된 연구실에서 이루어져 검사의 방해를 최소화하였다.

관능 평가 내용으로는 오디 초콜릿의 색, 향, 조직감, 신맛, 쓴맛, 전반적인 기호도의 6가지 항목을 7점 점수법으로 평가하여 '매우 나쁘다'를 1점, '매우 좋다'를 7점으로 1-7점의 범위에서 점수를 부여하여 기호도가 높을수록 높은 점수를 주도록 하였다.

최적비율로 제조된 오디 초콜릿과 대조구의 품질특성 비교 분석

최적화 제조조건에 의해 제조된 오디 초콜릿(이하 최적구)과 오디분말을 넣지 않은 초콜릿(이하 대조구)의 일반성분, 이화학적 특성(pH, 당도, 수분함량, 총 페놀 함량, DPPH 자유 라디칼 소거능), 기계적 특성(색도, 조직감, 점도), 및 관능적 특성은 위에 제시된 해당 항목과 동일한 방법으로 측정하였다.

통계 분석

오디 초콜릿의 품질특성 및 성분들 간의 상호작용을 알아보기 위하여 design expert 8 프로그램의 ANOVA 테스트 및 회귀분석을 이용하였으며, 모델의 적합성 여부는 F-test로 유의성을 검증하였다. 오디 초콜릿의 최적화는 canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)와 모형적 최적화(graphical optimization)를 통해 오디분말과 생크림 양을 선정하였고, 지점 예측(point prediction)을 통해 최적점으로 선정하였다. 실험에서 설정하였던 2가지 독립변수인 오디분말, 생크림 양에 의하여 각각의 종속변수로 작용하는 이화학적 특성, 기계적 특성, 관능적 특성에 미치는 영향을 보도록 하였으며 변수들 간의 관계를 보기 위하여 통계 프로그램에서 perturbation plot과 response surface 3D plot을 이용하였다.

첨가구와 대조구의 품질특성 비교 결과는 SPSS 12.0(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프

로그그램을 사용하여 통계 처리하였다. 이화학적 특성, 기계적 특성 및 관능적 특성의 결과는 t-test를 실시하여 5% 수준에서 각 시료간의 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

일반성분

본 실험에 사용된 오디와 다크 초콜릿의 수분, 조단백질, 조지방, 조섬유 및 조회분을 분석한 결과 오디는 100 g당 수분 86.17%, 조단백질 2.12%, 조지방 0.95%, 조섬유 1.36%, 조회분 0.90%의 조성을 보였다. 다크 초콜릿 100 g당 수분 1.18%, 조단백질 7.02%, 조지방 42.61%, 조섬유 0.35%, 조회분 1.86%로 이루어져 있었다.

레스베라트롤 함량

본 실험에서 사용된 오디의 레스베라트롤 함량을 분석한 결과 1440 mg/g으로 나타났다. 이러한 수치 결과는 레스베라트롤이 함유되어 있다고 알려진 식품 중 적포도주 220-480 mg/g(17), 백포도주 5-570 mg/g(18), 땅콩 1.18-1.46 µg/g(19)보다 실험에서 사용된 오디의 레스베라트롤 함량이 월등히 높은 것을 알 수 있었다. 이와 같이 레스베라트롤을 다량 함유하고 있는 오디는 앞으로 기능성 식품 소재나 의약품의 원료로서 충분히 주목받을 수 있을 것이라 사료된다.

pH

10개의 실험점에 따른 오디 초콜릿의 pH 측정 결과는 Table 2과 같이 5.65-6.33의 범위를 보였다. 그에 따른 회귀식은 Table 3에 제시하였다. 오디 초콜릿의 pH는 오디분말과 생크림이 각각 독립적으로 작용하는 linear 모델이 결정되었고 p -value는 0.0001로 0.1% 이내로 유의성을 보였으며 R^2 (결정계수)값은 0.957로 모델에 대한 적합성이 인정되었다. Table 3의 회귀식을 살펴본 결과, 오디분말(A)의 첨가량이 생크림(B)의 첨가량보다 pH에 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. Fig. 1의 perturbation plot과 반응표면곡선을 보면 오디분말(A)이 증가할수록 pH가 감소하였고 생크림(B)가 증가할수록 pH는 완만하게 증가하는 것으로 나타났다. 이는 오디 분말을 첨가한 스폰지 케이크의 품질특성(20)의 연구에서 오디분말 첨가량이 증가할수록 반죽의 pH가 감소한다는 연구결과와도 일치하며 오디분말에 함유된 유기산이 시료의 pH에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

당도

오디 초콜릿의 당도 측정 결과는 Table 2과 같이 66.57-68.70의 범위를 보였다. 당도는 오디분말과 생크림 두 시료간의 교호작용에 의한 영향을 받아 2FI model로 결정되었으나 p -value는 0.1437로 유의적이지 않아 모델의 적합성이 인정되지 않았다. 이는 오디의 당도(13.7%)가 초콜릿의 당도 72.8%에 비해서 현저히 낮아 오디 초콜릿의 당도에 유의적인 영향을 미치지 못한 것으로 사료된다.

수분함량

오디 초콜릿의 수분함량은 3.82-9.64의 범위를 보였다(Table 2). 오디분말과 생크림이 각각 수분함량에 독립적으로 작용하는 linear 모델이 결정되었고 p -value는 0.0004로 1%의 범위에서 유의적으로 나타났고 R^2 값은 0.890으로 회귀변동에 대한 신뢰도가 비교적 높음을 알 수 있었다. Table 3에 나타난 회귀식을 살펴본 결과 생크림이 초콜릿의 수분함량에 가장 큰 영향을 주는 인자로 나타났다. 선택된 모델에 대한 perturbation plot과 반응표면곡선은 Fig. 1에 제시하였으며 오디분말의(A) 첨가량이 증가할수록 수분함량은 완만히 감소하는 것으로 나타났으나 생크림(B)의 첨가량이 증가할수록 초콜릿의 수분함량은 급격히 증가하는 것으로 나타났다.

총 페놀 함량

10개의 시료에 대한 오디 초콜릿의 총 페놀 함량은 548.61-631.69 mg/L의 범위를 보였다(Table 2). 오디분말과 생크림이 총 페놀 함량에 서로 상호작용하는 quadratic model이 결정되었고 p -value는 0.0286으로 5%의 범위에서 유의적으로 나타났고 R^2 값은 0.916로 모델에 대한 적합성이 인정되었다. Table 3의 회귀식에 나타난 계수를 살펴보면 오디분말보다 생크림의 첨가량이 총 페놀 함량에 더 영향을 미치는 것을 알 수 있다. Fig. 1의 perturbation plot과 반응표면곡선을 살펴본 결과 오디분말(A)이 증가할수록 총 페놀 함량은 조금 감소하는 경향을 보이다가 다시 증가하였고, 생크림(B)은 그 함량이 증가할수록 총 페놀 함량이 감소하였다.

DPPH 자유 라디칼 소거능 측정

오디 초콜릿의 DPPH 라디칼 소거능의 측정결과는 Table 2에 제시하였으며 88.35-92.34%의 범위를 보였다. 오디분말과 생크림이 각각 DPPH 자유 라디칼 소거능에 독립적으로 작용하는 linear

Table 2. Physicochemical properties of chocolate with addition of mulberry powder by response surface design

Sample No.	Mulberry powder (g)	Fresh cream (g)	Responses				
			pH	Sweetness (%/Brix)	Moisture content (%)	Total phenolic content (mg/L)	DPPH free radical scavenging activity (%)
1	10	50	6.33	67.17	3.82	607.84	92.35
2	50	50	5.65	68.70	5.30	631.69	92.21
3	10	100	6.31	67.70	9.64	557.84	89.23
4	50	100	5.70	67.10	8.73	590.92	91.18
5	10	75	6.25	67.63	7.93	596.30	88.35
6	50	75	5.71	68.50	7.01	602.46	91.51
7	30	50	5.86	68.33	4.04	587.07	91.17
8	30	100	5.92	67.47	9.31	548.61	90.34
9	30	75	5.93	66.57	7.63	591.69	91.15
10	30	75	5.91	67.53	8.20	572.46	91.00

Table 3. Analysis of predicted model equation for physiochemical properties of chocolate with addition of mulberry powder

Response	Model	Mean±SD	R ² ¹⁾	F-value	Prob>F ²⁾	Polynomial equation ³⁾
pH	Linear	5.96±0.06	0.957	77.99***	0.0001	-0.31A+0.015B+5.96
Sweetness	2FI	67.67±0.54	0.569	2.64	0.1437	+0.30A-0.32B-0.53AB+67.67
Moisture content	Linear	7.16±0.79	0.890	28.31***	0.0004	-0.058A+2.42B+7.16
Total phenolic content	Quadratic	588.69±10.58	0.916	8.67*	0.0286	+10.51A-21.54B+2.31AB +24.12A ² -7.42B ² +578.67
DPPH free radical scavenging activity	Linear	90.85±0.91	0.589	5.01*	0.0446	+0.838A-0.83B+90.85

¹⁾0≤R²≤1, close to 1 indicates the regression line fits the model.

²⁾*p<0.05, ***p<0.001.

³⁾A: Mulberry powder, B: Fresh cream.

Fig. 1. Perturbation plot and response surface plot for the effect of mulberry powder (A), and fresh cream (B) on physiochemical properties of chocolate with addition of mulberry powder.

모델이 결정되었다. p -value 값은 0.0446으로 5%의 범위에서 유의적이었으며, R^2 값은 0.589로 나타났다. Table 3에 나타난 회귀식을 살펴보면 오디분말과 생크림이 DPPH 자유 라디칼 소거능에 동일한 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. Fig. 1의 perturbation plot과 반응표면 곡선을 살펴보면 오디분말(A)의 첨가량이 증가할수록 DPPH 자유 라디칼 소거능의 수치는 증가함을 알 수 있다. 이와 달리 생크림(B)의 첨가량이 증가할수록 DPPH 자유 라디칼 소거능은 감소하는 모습을 나타내었다.

색도

오디 초콜릿의 색도(L, a, b)의 측정 결과는 Table 4와 같으며 L값은 22.02-26.59, a값은 3.58-6.29, b값은 1.89-4.36의 범위를 나

타내었다. 오디분말과 생크림이 색도에 미치는 영향을 살펴본 회귀식은 Table 5에 제시하였다. 명도(L), 적색도(a), 황색도(b) 모두 색도에 오디분말과 생크림이 독립적인 영향을 미치는 linear 모델이 선택되었다. 명도는 p -value가 0.2004, R^2 값은 0.368로 유의적이지 않은 결과를 나타내었다. 적색도는 p -value가 0.0132로 5% 이내에서 유의성이 인정되었고 R^2 값은 0.709로 모델의 적합성이 인정되었다. 회귀식을 살펴본 결과 오디가 가장 영향을 주는 인자로 나타났으며 Fig. 2의 perturbation plot과 반응표면곡선에 의하면 오디분말(A)의 첨가량이 증가할수록 적색도는 감소하고 생크림(B)의 첨가량이 증가할수록 적색도는 증가하는 것으로 나타났다. 이는 오디분말의 붉은 색을 나타내는 안토시아닌 색소가 초콜릿 제조과정에서 열에 의한 가열분해와 산화반응에 의해서

Table 4. Mechanical properties of chocolate with addition of mulberry powder by response surface design

Sample No.	Mulberry powder (g)	Fresh cream (g)	Responses ¹⁾								
			Color L	Color a	Color b	Hardness (g/cm ²)	Adhesiveness (g/s)	Chewiness (g)	Gumminess (g)	Cohesiveness (%)	Viscosity (cP)
1	10	50	26.59	4.95	3.13	246.13	-33.37	65.80	67.12	0.20	12177.7
2	50	50	24.91	3.58	1.95	389.90	-22.70	42.34	81.01	0.21	30533.0
3	10	100	26.36	5.17	2.92	196.18	-38.35	31.45	43.81	0.23	14355.7
4	50	100	22.02	4.58	1.89	169.66	-60.04	31.08	46.65	0.28	19155.7
5	10	75	23.31	6.29	4.36	194.17	-16.97	31.16	41.63	0.21	16622.0
6	50	75	23.98	4.27	2.14	251.70	-20.80	38.84	55.68	0.22	21555.7
7	30	50	23.96	4.45	2.33	423.20	-45.94	39.65	78.55	0.17	31933.3
8	30	100	23.86	5.11	2.46	170.33	-41.00	44.93	53.22	0.32	17688.7
9	30	75	23.33	4.57	2.29	226.94	-23.14	43.31	49.95	0.23	18088.7
10	30	75	23.71	4.46	2.25	314.03	-62.43	32.82	46.57	0.23	21155.7

¹⁾L (white +100↔0 black), a (red +60↔-60 green), b (yellow +60↔-60 blue).

Table 5. Analysis of predicted model equation for mechanical properties of chocolate with addition of mulberry powder

Response	Model	Mean±SD	R ² ¹⁾	F-value	Prob>F ²⁾	Polynomial equation ³⁾
Color L	Linear	24.20±1.26	0.368	2.04	0.2004	-0.89A-0.54B+24.20
Color a	Linear	4.74±0.43	0.709	8.54*	0.0132	-0.66A+0.31B+4.74
Color b	Linear	2.57±0.49	0.665	6.95*	0.0217	-0.74A-0.023B+2.57
Hardness	Linear	258.22±55.64	0.701	8.19*	0.0147	+29.13A-87.18B+258.22
Adhesiveness	Linear	-36.47±17.22	0.115	0.45	0.6522	-2.47A-6.23B-36.47
Chewiness	2FI	40.14±9.51	0.452	1.65	0.2747	-2.69A-6.72B+7.77AB+40.14
Gumminess	Quadratic	56.42±3.38	0.975	31.25**	0.0027	+5.13A-13.83B-2.76AB-3.39A ² +13.84B ² +50.16
Cohesiveness	Linear	0.23±0.03	0.702	8.25*	0.0144	+0.012A+0.042B+0.23
Viscosity	Linear	20326.62±4584.15	0.603	5.31*	0.0395	+4681.50A-3907.32B+20326.62

¹⁾0≤R²≤1, close to 1 indicates the regression line fits the model.

²⁾*p<0.05, **p<0.01.

³⁾A: Mulberry powder, B: Fresh cream.

색소의 분해가 일어나 어두운 주황색으로 변했기 때문으로 여겨진다(21). 황색도는 *p*-value 값이 0.0217로 5% 이내에서 유의성이 인정되었고 R² 값은 0.665로 모델의 적합성이 인정되었다. 회귀식을 살펴본 결과 오디분말이 생크림보다 황색도에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났으며 Fig. 2의 perturbation plot과 반응표면곡선에 의하면 오디분말(A)의 첨가량이 증가할수록 황색도는 낮아지고 생크림(B)의 첨가량이 증가할수록 완만히 증가하는 것으로 나타났다.

조직감

오디 초콜릿의 경도는 169.66-389.9 g/cm²의 범위를 보였으며, 오디분말, 생크림이 각각 경도에 영향을 미치는 linear 모델이 선정되었다(Table 4). 모델의 *p*-value는 0.0147로 5% 이내 유의성을 나타내었고, R² 값은 0.701로 모델의 적합성이 인정되었다. Table 5의 회귀식의 계수를 살펴본 결과, 생크림이 초콜릿의 경도에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. Fig. 2의 perturbation plot과 반응표면곡선을 보면 오디분말(A)의 첨가량이 증가할수록 경도가 증가하였고, 반대로 생크림(B)의 첨가량이 증가할수록 경도는 감소하는 것으로 나타났다. 이는 오디분말이 첨가될수록 초콜릿의 수분함량이 낮아져 경도를 증가시켜 단단한 질감을 나타내는 것으로 판단된다.

오디 초콜릿의 부착성은 -16.97- -60.04 g/s의 범위를 보이며 linear 모델이 선정되었고, 씹힘성의 범위는 31.08-65.8이며 두 시료간의 교호작용에 의한 영향을 받는 2FI 모델이 선정되었다(Table

4,5). Fig. 2를 살펴보면 오디분말(A)과 생크림(B)의 첨가량의 증가가 부착성과 씹힘성의 감소를 나타내었으나, 유의적인 영향을 미치지 못하였다.

오디 초콜릿의 검성의 범위는 41.63-81.01 g이며 오디분말과 생크림의 첨가율이 서로 상호작용하는 quadratic model이 결정되었다. *p*-value는 0.0027로 1% 이내에서 유의적인 차이를 보였으며, R²값은 0.975로 모델에 대한 적합성이 비교적 높음을 알 수 있었다. Table 5의 회귀식을 살펴본 결과 오디분말(A)의 첨가량보다 생크림(B)의 첨가량이 검성에 더 많은 영향을 주는 것으로 나타났다. Perturbation plot과 반응표면곡선을 보면 검성은 오디분말(A)이 증가할수록 완만하게 증가하고, 생크림(B)이 증가할수록 급격하게 감소하는 것을 볼 수 있었다(Fig. 2). 이는 쥐눈이콩 가루를 이용한 초콜릿(22)의 연구에서 쥐눈이콩 가루의 함량이 증가할수록 검성은 증가한 반면, 생크림의 함량이 증가할수록 감소했다는 실험결과와 일치한다.

응집성은 0.17-0.28%의 범위를 나타내었다. 모델의 *p*-value값은 0.0144로 5% 이내에서 유의적인 차이를 보였으며(R²=0.702), 오디분말과 생크림이 각각 독립적으로 작용하는 linear 모델이 선택되었다. Fig. 2의 perturbation plot과 반응표면곡선을 보면 오디분말(A)과 생크림(B)의 첨가량이 증가할수록 응집성이 증가하는 것으로 나타났다.

점도

오디 초콜릿의 점도는 12177.7-31933.3의 범위를 나타내었다

Fig. 2. Perturbation plot and response surface plot for the effect of mulberry powder (A), and fresh cream (B) on mechanical properties of chocolate with addition of mulberry powder.

(Table 4). 점도는 linear 모델이 선택되었고 p -value는 0.0395로 5% 이내에서 유의적인 결과가 나왔으며 데이터 분산의 68%가 모델에 의해 설명되었다(Fig. 3). Table 4의 회귀식에 나타난 계수들을 살펴보면 오디분말이 초콜릿의 점도에 가장 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. Fig. 2의 perturbation plot과 반응표면곡선을 보면 오디분말(A)의 양이 증가할수록 점도는 증가하였고, 생크림(B)의 양이 증가할수록 점도는 감소하는 것을 알 수 있었다. 이는 Jung 등(23)의 인삼, 맥문동, 오미자 등이 함유된 생맥산 첨가

초콜릿과 Lee 등(24)의 홍맥 파우더 첨가 초콜릿에서 각각 분말을 첨가한 초콜릿이 대조군에 비해 점도가 유의적으로 높게 나온 결과와 유사하다. Niediek(25)는 초콜릿의 점도는 설탕과 유당의 결정크기에 가장 큰 영향을 받으며 당, 단백질 화합물 등에 의해서도 변화가 일어난다고 하였다. 따라서 본 연구에서는 오디에 함유된 당류에 의한 결과로서 오디분말의 첨가수준에 따른 점도 상승이 일어난 것으로 사료된다.

Fig. 3. Viscosity of control sample and optimized sample with addition of mulberry powder.

관능적 특성

오디분말과 생크림을 독립변수로 하여 10가지 배합비율로 제조한 오디 초콜릿의 색, 향, 조직감, 신맛, 쓴맛, 전반적인 기호도에 대한 관능적 특성을 7점 점수법으로 평가한 평균점수를 Table 6에 제시하였다. 회귀식은 Table 7에 나타내었고, 관능적 특성에 대한 perturbation plot과 반응표면곡선은 Fig. 4에 표시하였다. 색은 오디분말과 생크림이 독립적으로 작용하는 linear 모델이 설정되었으나 p -value가 0.257로 유의적이지 않은 결과가 나타났다.

향은 오디분말과 생크림의 교호작용이 있는 quadratic 모델이 설정되었다. p -value는 0.0143으로 5% 이내에서 유의적인 차이가 있는 것으로 나타나 모델의 적합성이 인정되었으며 회귀변동에 대한 신뢰도 또한 높음을 알 수 있었다($R^2=0.941$). 또한 회귀식

에서 나타난 계수들을 살펴보면 오디분말이 향에 가장 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 이는 오디가 갖는 특유의 휘발성 향 성분에 의한 것으로 사료된다. 향에 대한 perturbation plot과 반응표면곡선을 살펴본 결과 오디분말(A)의 첨가량이 증가함에 따라 관능 점수가 증가하다가 서서히 감소하는 것을 볼 수 있었으며 생크림(B)의 첨가량이 증가할수록 관능 점수는 감소하는 결과가 나타났다.

조직감은 각 요인이 서로 상호작용하는 quadratic 모델이 설정되었고 1% 이내에서 유의적인 차이가 있는 것으로 나타나 모델의 적합성이 인정되었다. 회귀식에서 나타난 계수들을 살펴본 결과, 오디분말이 조직감에 가장 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. Fig. 4에서 조직감의 에 대한 perturbation plot과 반응표면곡선을 살펴본 결과, 오디분말(A)과 생크림(B) 모두 첨가량이 증가할수록 관능점수는 증가하다가 감소하는 경향을 보였다. 그러나 감소의 기울기가 오디분말은 급격하게, 생크림은 완만하게 감소하는 것으로 나타났다.

신맛은 quadratic 모델이 설정되었으며, p -value는 0.0133으로 5% 이내에서 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다. R^2 값은 0.943으로 높은 신뢰도를 보여 모델의 적합성이 인정되었다. 회귀식에서 나타난 계수들을 살펴본 결과, 오디분말이 신맛에 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 신맛에 대한 perturbation plot과 반응표면곡선을 살펴본 결과 오디분말(A)과 생크림(B) 모두 첨가량이 증가할수록 관능점수는 증가하다가 감소하는 경향을 보였다.

쓴맛의 항목 역시 quadratic 모델이 설정되었고 5% 이내에서 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다. 회귀식에서 나타난 계수들을 살펴보면 오디분말이 쓴맛에 가장 큰 영향을 미치는 것을

Table 6. Sensory properties of chocolate with addition of mulberry powder at various conditions by response surface design

Sample No.	Mulberry powder (g)	Fresh cream (g)	Responses					Overall acceptability
			Color	Flavor	Texture	Sourness	Bitterness	
1	10	50	4.79	4.46	4.21	3.54	4.00	4.46
2	50	50	4.67	3.79	3.47	3.58	3.75	3.08
3	10	100	4.17	4.33	4.29	3.88	4.08	4.21
4	50	100	3.88	3.50	3.83	3.54	3.50	2.42
5	10	75	4.08	4.08	4.67	4.17	4.67	5.00
6	50	75	4.46	3.92	3.67	3.75	3.67	3.04
7	30	50	4.5	4.88	4.88	4.21	4.83	4.71
8	30	100	3.96	4.83	4.88	4.00	4.17	4.29
9	30	75	5.25	4.75	5.08	4.54	4.96	5.13
10	30	75	5.08	4.88	5.13	4.50	4.79	4.71

Table 7. Analysis of predicted model equation for sensory test of chocolate addition of mulberry powder

Response	Model	Mean±SD	R^2 ¹⁾	F-value	Prob>F ²⁾	Polynomial equation ³⁾
Color	Linear	4.48±0.44	0.321	1.66	0.2574	-5.000E-003A-0.33B+4.48
Flavor	Quadratic	4.34±0.18	0.941	12.76*	0.0143	-0.28A-0.078B-0.040AB-0.83A ² +0.029B ² +4.82
Texture	Quadratic	4.41±0.13	0.979	36.51**	0.0020	-0.37A+0.073B+0.070AB-0.93A ² -0.22B ² +5.10
Sourness	Quadratic	3.97±0.14	0.943	13.27*	0.0133	-0.12A+0.015B-0.095AB-0.51A ² -0.36B ² +4.49
Bitterness	Quadratic	4.24±0.24	0.906	7.73*	0.0349	-0.31A-0.14B-0.082AB-0.68A ² -0.35B ² +4.86
Overall acceptability	Quadratic	4.11±0.19	0.982	44.50**	0.0013	-0.86A-0.22B-0.10AB-0.93A ² -0.45B ² +4.94

¹⁾ $0 \leq R^2 \leq 1$, close to 1 indicates the regression line fits the model.

²⁾ * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

³⁾ A: Mulberry powder, B: Fresh cream.

Fig. 4. Perturbation plot and response surface plot for the effect of mulberry powder (A), and fresh cream (B) on sensory properties of chocolate with addition of mulberry powder.

알 수 있었으며, perturbation plot과 반응표면곡선을 살펴본 결과 신맛의 결과와 유사하게 오디분말(A)과 생크림(B) 모두 첨가량이 증가할수록 관능점수는 증가하다가 감소하는 경향을 보였다.

전반적인 기호도는 각 요인이 서로 상호작용하는 quadratic 모델이 설정되었고 p -value가 0.0013으로 1% 이내에서 유의적인 차이가 있는 것으로 나타났다. 회귀식에서 나타난 계수들을 살펴보면 오디분말의 첨가량이 전반적인 기호도에 가장 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. Perturbation plot과 반응표면곡선을 살펴본 결과 오디분말(A)과 생크림(B)의 첨가량이 증가함에 따라 관능점수가 증가하다가 일정수준을 넘어서면 다시 감소하는 경향을 보였다. 전반적인 기호도에 있어서 관능검사 점수가 가장 높은 초콜릿의 배합비율은 오디분말 30 g, 생크림 75 g이었다.

오디 초콜릿의 관능의 최적화

오디 초콜릿의 제조 최적화는 독립변수의 오디분말과 생크림의 배합 범위 내에서 유의적인 결과를 나타낸 관능검사 항목들 중에서 향, 조직감, 신맛, 쓴맛, 전반적인 기호도를 최대로 설정하여 canonical 모형의 수치 최적화를 예측하였으며, 최고의 desirability를 나타낸 최적점을 선택하여 지점 예측(point prediction)을 통해 도출하였다. 선택된 최적점과 최적화된 오디 초콜릿의 표준 레시피는 오디분말(A)은 25.76 g, 생크림(B)은 72.21 g으로 예측되었고 이때 사용된 반응 모형을 이용한 모형적 최적화와 perturbation plot은 Fig. 5에 제시하였다. 또한 도출된 최적점에서의 종속 변인들의 특성은 Fig. 5의 overlay plot에 제시하였다.

대조구와 최적구 초콜릿의 품질특성 비교 분석

오디 분말 25.76 g, 생크림 72.21 g, 다크 초콜릿 200 g으로 제조한 최적화된 오디 초콜릿(이하 최적구)과 오디분말을 첨가하지 않고 다른 재료 및 제조공정조건을 동일하게 제조한 오디분말 무첨가 초콜릿(이하 대조구)의 일반성분을 분석하고 이화학적 특성 및 기계적 특성과 관능적 특성의 차이를 유의성 5% 수준에서 살펴해보았다.

대조구와 최적구의 일반성분을 분석한 결과 최적구는 16.59%, 조단백 6.08%, 조지방 37.10%, 조섬유 0.53%, 조회분 1.72%로 이루어져 있는 반면, 대조구는 수분 16.03%, 조단백 5.73%, 조지방 39.11%, 조섬유 0.16%, 조회분 1.50%로 이루어져 있었다. 즉 오디분말을 첨가함으로써 수분, 조단백, 조섬유, 조회분은 조금씩 증가하고 조지방은 감소한 것을 알 수 있었다. 이중 수분, 조단백을 제외한 조지방, 조섬유, 조회분에서는 유의적인 차이를 나타내었다.

대조구와 최적구의 이화학적 특성을 측정한 결과는 Table 8에 제시하였다. pH는 대조구의 경우 6.62 ± 0.00 이며 최적구는 6.02 ± 0.01 로 오디분말을 첨가한 초콜릿에서 더 낮은 pH를 보였는데 이는 오디 초콜릿의 이화학적 실험에서 오디분말의 첨가량이 증가할수록 pH가 감소하게 나왔던 결과와 일치하였다. 당도는 대조구의 경우 68.50 ± 0.15 , 최적구는 71.40 ± 0.70 로 나타나 최적구가 더 높은 당도를 가지고 있는 것을 알 수 있었다($p < 0.05$). 수분함량은 대조구의 경우 12.44 ± 0.44 이고 최적구는 8.33 ± 1.74 로 나타나 대조구의 수분함량이 오디분말이 첨가된 초콜릿 보다 더 높은 것

Fig. 5. Perturbation plot, response surface plot, and overlay plot for the effect of mulberry powder (A), and fresh cream (B) on desirability of chocolate with addition of mulberry powder.

을 알 수 있었으나 유의적인 차이는 없었다. 총페놀 함량은 최적구가 589.32 ± 4.91 mg/L, 대조구가 549.07 ± 1.17 mg/L로 나타나 오디분말이 첨가된 최적구에서 더 높은 총 페놀 함량을 가지고 있음을 알 수 있었다($p < 0.05$). 오디분말 첨가에 따른 초콜릿의 페놀 함량 증가는 원재료인 초콜릿 자체의 높은 페놀 함량(638.31 mg/L)에 오디분말의 페놀 함량(229.35 mg/L)이 더해져 상승효과를 보인 것으로 사료된다. DPPH 자유 라디칼 소거능은 대조구의 경우 91.67 ± 0.30 , 최적구의 경우 93.29 ± 0.98 로 더 높게 나타나 1% 이내 범위에서 두 시료가 유의적인 차이를 나타내었다. 이로써 오디분말의 항산화 활성은 초콜릿 제조 후에도 남아있으며, 오디분말을 첨가해서 만든 초콜릿 섭취 시 더 많은 항산화 효과를 기대할 수 있을 것으로 여겨진다.

대조구와 최적구의 기계적 특성을 측정한 결과는 Table 9에 제시하였다. 색도 측정결과 명도를 제외한 적색도, 황색도가 1% 이

내에서 유의적인 차이를 보였다. 조직감은 부착성과 씹힘성을 제외한 모든 항목에서 5% 이내의 유의적인 차이를 나타내었다. 점도의 경우 대조구가 10622.00 ± 89.00 , 최적구가 12800.00 ± 76.79 로 나타나 오디분말의 첨가량이 증가할수록 초콜릿의 점도를 높이는 것으로 나타났다.

오디 분말을 첨가하지 않고 제조한 대조구와 최적구의 관능적 특성을 측정한 결과는 Table 10과 같다. 향과 쓴맛을 제외한 색($p < 0.01$), 조직감($p < 0.01$), 신맛($p < 0.05$), 전반적인 기호도($p < 0.05$)는 모두 유의적인 차이를 보였다. 오디분말이 첨가된 최적구에서 여섯 항목 모두 전체적으로 중상위 정도의 점수를 보였으며, 대조구에 비해 첨가구가 모두 높은 점수를 나타내었다. 따라서 영양적인 면에서나 관능적인 면에서 뛰어난 오디 초콜릿이 제품으로서 경쟁력이 있을 것으로 사료된다.

Table 8. Physiochemical properties of control sample and optimized sample of chocolate with addition of mulberry powder

Characteristics	Control sample ¹⁾	Optimized sample ²⁾	t-value ³⁾
pH	$6.62 \pm 0.00^{4)}$	6.02 ± 0.01	58.15^{***}
Sweetness	68.50 ± 0.15	71.40 ± 0.70	-4.04^*
Moisture content	12.44 ± 0.44	8.33 ± 1.74	2.29
Total phenolic content (mg/L)	549.07 ± 1.17	589.32 ± 4.91	-7.97^*
DPPH free radical scavenging activity (%)	91.67 ± 0.30	93.29 ± 0.98	-15.78^{**}

¹⁾Chocolate addition without mulberry powder.

²⁾Chocolate addition with mulberry powder.

³⁾* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

⁴⁾Values are Mean $\pm$ SD.

Table 9. Mechanical properties of control sample and optimized sample of chocolate with addition of mulberry powder

Characteristics	Control sample ¹⁾	Optimized sample ²⁾	t-value ³⁾
L (Lightness)	$25.70 \pm 0.76^{4)}$	24.57 ± 0.64	1.14
a (Redness)	6.22 ± 0.23	4.52 ± 0.19	5.79^{**}
b (Yellowness)	3.98 ± 0.10	2.42 ± 0.13	9.81^{**}
Hardness	308.53 ± 6.55	365.10 ± 16.12	-4.97^*
Adhesiveness	-17.92 ± 2.03	-19.38 ± 1.93	0.50
Chewiness	29.38 ± 3.32	39.42 ± 9.29	-1.11
Gumminess	46.22 ± 3.72	64.62 ± 0.41	-4.92^*
Cohesiveness	0.14 ± 0.01	0.18 ± 0.01	-3.16^*
Viscosity	10622.00 ± 89.00	12800.00 ± 76.79	-18.52^{***}

¹⁾Chocolate addition without mulberry powder.

²⁾Chocolate addition with mulberry powder.

³⁾* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

⁴⁾Values are Mean $\pm$ SD.

Table 10. Sensory acceptability of control sample and optimized sample of chocolate with addition of mulberry powder

Characteristics	Control sample ¹⁾	Optimized sample ²⁾	t-value ³⁾
Color	4.87±0.25 ⁴⁾	5.87±0.19	-3.47**
Flavor	4.93±0.30	5.40±0.24	-1.22
Texture	4.73±0.33	5.87±0.19	-2.96*
Sourness	4.07±0.28	5.07±0.36	-2.18*
Bitterness	4.73±0.37	5.07±0.37	-0.72
Overall acceptability	4.87±0.27	5.80±0.22	-2.64*

¹⁾Chocolate addition without mulberry powder.²⁾Chocolate addition with mulberry powder.³⁾* $p<0.05$, ** $p<0.01$ ⁴⁾Values are Mean±SD.

요 약

본 연구는 뛰어난 생리활성을 기능을 가지고 있는 오디 품종 중 선호도가 높은 청일뽕(*Morus alba* L)을 이용하여 초콜릿을 개발하고자 오디분말을 첨가한 초콜릿의 품질특성 분석과 관능적 최적화의 결과를 기초로 오디 초콜릿의 최적 제조조건을 산출하였다. 또한 산출된 최적조건으로 제조한 최적화된 오디 초콜릿과 오디분말을 첨가하지 않은 대조구 초콜릿 각각의 이화학적 특성, 기계적 특성 및 관능적 특성의 분석을 통해 기능성 초콜릿으로서 오디 초콜릿의 가능성을 제고해보고자 하였다.

오디 초콜릿의 이화학적 검사를 측정한 결과 pH($p<0.001$), 수분함량($p<0.01$), 총 페놀 함량($p<0.05$), DPPH 자유 라디칼 소거능($p<0.05$) 항목에서 모델의 적합성이 인정되었다. 기계적 측정 검사 결과 적색도, 황색도($p<0.05$), 경도($p<0.05$), 감성($p<0.01$), 응집성, 점도($p<0.05$) 항목에서 모델의 적합성이 인정되었다. 오디 초콜릿의 관능검사 결과 향($p<0.05$), 조직감($p<0.01$), 신맛($p<0.05$), 쓴맛($p<0.05$), 전반적인 기호도($p<0.01$)에서 모델의 적합성이 인정되었다.

오디 초콜릿의 최적화는 독립변수인 오디분말과 생크림의 범위 내에서 관능검사 항목 중 유의적인 결과만 최대로 설정하여 모델화에 의해 결정된 반응식을 이용하여 만족하는 수치점(numerical point)을 예측한 결과 오디분말은 25.76 g, 생크림은 72.21 g이 오디 초콜릿의 최적배합비율로 결정되었다.

오디 분말이 첨가되지 않은 대조구와 최적구의 일반성분을 비교한 결과 최적구가 대조구보다 수분, 조단백, 조섬유, 조회분이 증가하였고, 조지방은 감소하였다. 이화학적 특성, 기계적 특성 및 관능적 특성을 비교한 결과 pH, 당도, 총 페놀 함량, DPPH 자유 라디칼 소거능, 적색도, 황색도, 경도, 감성, 응집성, 색, 조직감, 신맛, 전반적인 기호도 항목에서 유의적인 차이를 나타내었다.

이상의 결과로 오디분말을 첨가한 초콜릿이 영양학적, 기능적, 품질 및 관능적 측면에서 충분한 경쟁력이 있을 것으로 생각되며 오디분말을 첨가한 초콜릿을 제품화한다면 초콜릿이 단순한 기호식품이 아닌 건강한 기호식품으로서 대중들에게 알릴 수 있는 계기가 될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 서울지방 중소기업청 산학공동기술개발지원사업의 연구개발비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 헌

1. KFSA. Korean Food Standards Codex. Korea Food and Drug Administration, Cheongwon, Korea. p.164 (2006)
2. Rein D, Paglieroni TG, Wun T, Pearson DA, Schmits HH, Gosse-lin R, Keen C. Cocoa inhibits platelet activation and function. Am. J. Clin. Nutr. 72: 30-35 (2000)
3. Kim HB, Park KJ, Seuk YS, Kim SL, Sung GB, Nam HW, Moon JY. Morphological characteristics and physiological effects of mulberry leaves and fruits with wild varieties. Korean J. Seric. Sci. 44: 4-8 (2002)
4. Siemann EH, Creasy LL. Concentration of the phytoalexin resveratrol in wine. Am J. Enol. Viticult. 43: 49-52 (1992)
5. Kim HJ, Chang EJ, Cho SH, Shin KC. Antioxidative activity of resveratrol and its derivatives isolated from seed of *Paeonia lactiflora*. Biosci. Biotech. Bioch. 66: 1990-1993 (2002)
6. Kim TW, Kwon YB, Lee JH, Yang IS, Youm JK, Lee HS, Moon JY. A study on the antidiabetic effect of mulberry fruits. Korean J. Seric. Sci. 38: 100-107 (1996)
7. Kim SY, Park KJ, Lee WC. Antiinflammatory and antioxidative effects of *Morus* spp. fruit extract. Korean J. Medicinal Crop Sci. 6: 204-209 (1998)
8. Kim HB, Kim SY, Ryu KS, Lee WC, Moon JY. Effect of methanol extracts from mulberry fruit on the lipid metabolism and liver function in cholesterol-induced hyperlipidemia rats. Korean J. Seric. Sci. 42: 104-108 (2001)
9. Lee SB. A study of characteristics of mulberry bread with mulberry extracts. MS thesis. Kyung Hee University, Seoul, Korea (2008)
10. Park HY, Jang MS. Ingredient mixing optimization for the preservation of *sulgidduk* with barely (*Hordeum vulgare* L.) sprout powder. Korean J. Food Cookery Sci. 23: 550-560 (2007)
11. AOAC. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. pp. 8-35 (1990)
12. Kim HB, Kim JB, Kim SL. Varietal analysis and quantification of resveratrol in mulberry fruits. Korean J. Seric. Sci. 47: 51-55 (2005)
13. Shin JH. Processing optimization of chocolate with fermented and aged garlic extract. MS thesis. Sookmyung Women's University, Seoul, Korea (2008)
14. Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. Method. Enzymol. 299: 152-178 (1999)
15. Blois MS. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature 26: 1199-1200 (1958)
16. Schlich P. Uses of change-over designs and repeated measurements in sensory and consumer studies. Food Qual. Prefer. 4: 223-235(1993)
17. Chang SW, Song JH, Shin NS, Lee KY, Rho YT. Determination

- of major phenolic compounds of grape juice and wine of different geographic origins. Korean J. Food Preserv. 16: 747-753 (2009)
18. Gerogiannaki-Christopolou M, Athanasopoulos P, Kyriakidis N, Gerogiannaki LA, Spanos M. Trans-resveratrol in wines from the major Greek red and white grape varieties. Food Control 17: 700-706 (2006)
19. Kang HI, Kim JY, Park KW, Kang JS, Choi MR, Moon KD, Seo KI. Resveratrol content and nutritional components in peanut sprouts. Korean J. Food Preserv. 17: 384-390 (2010)
20. Hur MS. Quality characteristics of sponge cake with addition of mulberry powder. MS thesis. Sejong University, Seoul, Korea (2008)
21. Chae SK, Kim SH, Shin DH, Oh HK, Lee SJ, Jang MH, Choi O. Standard Food Chemistry. Hyoil Press, Seoul, Korea. p.370 (2003)
22. Joo NM, Kim BR, Pyo SJ. Optimization of the addition of *jinuni* beans to chocolate using the response surface methodology. J. Korean Diet Assoc. 16: 13-21 (2010)
23. Jung IC, Kim WJ, Park SH. Study of oriental prescription for medicinal foods applications(II)-quality and sensory characteristics of chocolate added with *saengmaeg-san*. Korean J. Oriental Physiol. Pathol. 20: 629-633 (2006)
24. Lee JY, Seo JS, Bang BH, Jeong EJ, Kim KP. Preparation of chocolate added with *Monascus* barley *koji* powder and quality characteristics. Korean J. Food Nutr. 16: 116-122 (2003)
25. Niediek EA. Amorphous sugar its formation and effect on chocolate quality. Manufacturing Confectioner 71: 91-95 (1991)