

Research Note

혼합물 실험계획법을 이용한 유색감자 자영(*Solanum tuberosum* L.) 매쉬드 포테이토 분말의 혼합비 최적화 및 매쉬드 포테이토의 특성

정화빈 · 최지일 · 윤원병*
강원대학교 식품생명공학과

Characteristics and Optimization of the Formula of Mashed Potatoes Using Purple-fleshed Potato (*Solanum tuberosum* L.) by Mixture Design

Hwabin Jung, Ji-il Choi, and Won Byong Yoon*

Department of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University

Abstract

Purple-fleshed potato powder (PFPP) was investigated to determine optimal mixing ratio with milk powder and dextrin to produce a ready-to-eat mashed potato powder. The rheological characteristics, color, and anthocyanin contents were studied at a different concentration of ingredients. The power-law model was applied to explain the mechanical spectra of mashed potatoes which represented the change in structure induced by different mixing ratios. Mixture design was used to obtain the experimental points used to establish the empirical models to describe the effects of each ingredient on the characteristic of the mashed potato. The results of mechanical spectra showed that both storage and loss moduli (G' and G'') were significantly influenced by PFPP and milk powder concentration. The power law parameters n' and n'' showed higher values for the mashed potato with a lower concentration of PFPP and a higher concentration of milk powder, which showed that the gel networks involved in the mashed potato were weaker. The optimum mixing ratio with the highest redness and anthocyanin content, while maintaining the rheological properties similar to the commercial mashed potato, was determined as PFPP:milk powder:dextrin = 90.49:4.86:4.65 (w/w). The proportions of PFPP and milk powder in the formulation significantly changed the characteristics of mashed potato, whereas no significant effect of dextrin was observed in this formulation.

Key words: mashed potatoes, purple-fleshed potato, anthocyanin, viscoelasticity, mixture

서 론

전세계적으로 주요한 작물인 감자는 탄수화물, 단백질이 풍부하며 지방이 적고, 비타민 C, B₁, B₃, B₆, 엽산, 판토텐산, 리보플라빈, 포타슘, 인, 마그네슘 등 여러 영양소를 함유하고 있다(Kolasa, 1993). 감자 중에는 육질에 천연 색소인 안토시아닌을 함유하고 있어 진한 적색이나 자색을 나타내는 유색감자가 있다(Rhim & Kim, 1999). 최근 소비자들의 합성 색소에 대한 우려 및 천연 색소에 대한 선호도의 증가로 천연 색소의 수요가 증가하였다. 특히 안토시아닌 계열의 색소는 생체 내 생리활성에 도움을 주기 때문

에 안토시아닌을 함유하는 작물을 이용한 가공식품 개발 연구가 활발히 진행되고 있다(Jeon et al., 2005; Lee, 2013; Jung et al., 2014). 유색 감자는 이러한 시각적 장점으로 식욕을 증진시키고 일반 감자와의 차별성을 가지고 있어 품종 육성 및 활용을 위한 많은 연구가 이루어지고 있다(Jang et al., 2011).

매쉬드 포테이토 제품은 감자의 주요한 편의식 중 하나로, 일반적으로 건조 형태의 플레이크(flake) 혹은 분말로 가공된다. 또한 매쉬드 포테이토는 감자튀김의 재료 및 감자칩의 재료로 이용되기도 한다. 감자 제품의 관능 특성에서는 부드럽고 과도한 손상 전분으로 인한 점착성이 없는 조직감이 선호되며, 점착성이 높은 경우 낮은 선호도를 나타낸다(Lamberti et al., 2004). 이러한 조직감 특성은 유변학적 특성과 밀접한 연관이 있으며 감자 제품의 구성 성분에 의하여 결정된다. 건조 감자 분말을 이용한 즉석 매쉬드 포테이토는 취식 시 감자 분말에 물 혹은 우유, 그리고 기호에 따라 당도와 염도를 조절하는 성분 및 시즈닝을 혼합하는 복합시스템으로서 그 구성비에 따라 유변학적 특성

*Corresponding author: Won Byong Yoon, Department of Food Science and Biotechnology, College of Agriculture and Life Sciences, Kangwon National University, Kangwondaehak-gil, Chuncheon, Gangwon 24341, Korea

Tel: +82-33-250-6459; Fax: +82-33-250-5565

E-mail: wbyoon@kangwon.ac.kr

Received March 23, 2017; revised March 21, 2017; accepted April 26, 2017

이 크게 변화한다.

혼합물 실험계획법은 여러 성분이 혼합되는 식품의 개발 및 최적화를 위한 방법으로, 어떠한 성분이 특정 종속 변수에 유의한 영향을 미쳐 목표하는 특성의 최대화 혹은 최소화하는 최적 혼합 비율을 설정할 때 이용된다(Jang & Park, 2006; Jung et al., 2008). 혼합물 실험계획법을 이용하여 최적화를 수행한 예로, Lee et al. (2016)은 돼지감자 분말을 첨가하는 쿠키의 조직감을 최적화하였으며, Yoo et al. (2016)은 해삼추출액을 이용한 면의 최적의 조직감 및 향산화능을 나타내는 배합비를 도출하였다. Depypere et al. (2003)와 Karaman et al. (2011)은 각각 우유 디저트와 살렘(salep)-꿀 음료의 유변학적 특성을 최적화한 바 있다.

따라서 본 연구의 목적은 즉석 섭취가 가능한 매쉬드 포테이토 분말의 제조를 위하여 유색감자 자영 분말(PFPF)을 전지분유, 텍스트린과 혼합하였을 때의 물리적, 화학적 특성의 변화를 확인하고, 또한 이를 혼합물 실험계획법을 통하여 최적 혼합 비율을 찾고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 이용된 유색감자 자영은 강원도 대관령 일대의 농장에서 구입하였다. 전지분유(Seoul Milk, Seoul, Korea)와 텍스트린(Hyunjin Green Meal Co. Ltd., Seoul, Korea)은 시장에서 구매하였다.

매쉬드 포테이토의 제조

유색감자 자영의 건조 형태 분말 제조를 위하여 자영의 증숙, 건조가 이루어졌다. 우선, 자영을 가로, 세로, 높이의 길이가 1 cm인 정육면체로 절단하여 14.60 min 동안 증숙기(W-457, Living World, Seoul, Korea)에서 증숙하였다. 증숙시간은 10 min에서 20 min 동안 진행하여 증숙시간 동안 무작위로 10개의 증숙시간을 선정하여 관능검사를 실행하여 가장 적합한 관능(덜익은 상태, 적절히 익은 상태, 과하게 익은상태)을 나타내는 시간으로 선정하였다. 증숙 이후 감자의 잔열 제거를 위하여 얼음물에서 10 min 동안 냉각하였다. 증숙된 감자는 핸드 믹서(Masha 2X, DASH™, New York, NY, USA)를 이용하여 5 min 동안 푸레 혹은 샐러드와 같은 형태가 되도록 균질화하였다. 균질화시킨 감자는 30 g씩 소분하여 지름 63.33 mm의 원형 틀을 이용하여 균일한 형상으로 제조하고, 이를 60°C에서 평형 수분 함량인 13%에 도달할 때까지 10 h 동안 건조하였다. 건조가 완료된 감자 시료는 최종적으로 건조 분말의 형태를 가지도록 분쇄기(HMF-3260S, Hanil electric, Seoul, Korea)로 분쇄한 후 150 µm 미만의 분말을 체를 이용하여 통과시키고, 통과한 분말을 수집하여 전지분유, 텍스트린과 혼합하였다. 이후 혼합 분말과 증류수를 1:1.5의 비율로 하여

취식 가능한 형태의 매쉬드 포테이토를 제조하였다.

유변학적 특성 측정

매쉬드 포테이토의 유변학적 특성은 레오미터(Discovery HR-2, TA Instruments, New Castle, DE, USA)를 이용한 동적 점탄성 측정 방법으로 측정되었다. 동적 점탄성 특성은 25°C에서 직경 40 mm의 cone-plate 장치를 이용하여 측정되었다. Cone과 plate 사이의 gap은 1 mm이며, 매쉬드 포테이토의 변형에 대한 구조적 변화 특성을 확인하기 위하여 샘플의 변형률에 대한 저항을 측정하는 frequency sweep을 수행하였다. 선형 점탄성 구간은 각 샘플에서의 stress sweep을 통하여 결정하였으며, 선형 점탄성 구간 내의 변형률을 frequency sweep에 이용하였다. 측정 시 변형률은 0.03%, frequency (ω)의 범위는 0.1 rad/s에서 100 rad/s로 하여 저장 탄성계수인 storage modulus (G')와 손실 탄성계수인 loss modulus (G'')를 측정하였다.

탄성계수 G' 과 G'' 의 ω 에 대한 특성은 비선형 회귀 분석을 통하여 정량하였다. $\ln \omega$ 의 변화에 따른 $\ln G'$ 과 $\ln G''$ 의 데이터는 power law 모델(Eq. (1) & Eq. (2))로 분석하였다(Bayod et al., 2008).

$$G' = K' (\omega)^{n'} \quad (1)$$

$$G'' = K'' (\omega)^{n''} \quad (2)$$

ω 는 진동의 주파수(oscillation frequency), n' 와 n'' 은 기울기, K' 와 K'' 은 절편을 의미하며, Matlab R2017a (Mathworks, The MathWorks Inc., Natick, MA, USA) 소프트웨어를 이용하여 데이터의 회귀 분석을 수행하였다.

안토시아닌 함량 측정

매쉬드 포테이토의 안토시아닌 함량은 각 혼합비로 제조한 샘플 20 g과 증류수 200 ml를 혼합하여 균질화한 후, 현탁액을 8,000 rpm에서 10 min 동안 원심분리하여 얻은 상층액의 안토시아닌 함량을 확인하였다. 상층액의 흡광도를 spectrophotometer (SpectraMax i3, Molecular Devices, Sunnyvale, CA, USA)로 측정하여 Lee et al. (2005)의 pH differential method로 안토시아닌 함량을 계산하였다. 자영의 대표적 안토시아닌인 malvidin의 최대 흡광도 ($A_{\lambda_{max}}$)는 535 nm로 측정되었다.

$$\text{Total anthocyanins} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{A \times \text{MW} \times \text{DF} \times 1,000}{\epsilon \times l} \quad (3)$$

$$A = (A_{\lambda_{max}} - A_{700})_{\text{pH } 10} - (A_{\lambda_{max}} - A_{700})_{\text{pH } 4.5} \quad (4)$$

Malvidin의 분자량(MW)은 718.5 g/mol이며, DF는 희석 배율, l은 흡광도 측정 샘플의 길이(1 cm), 몰 흡광계수(ϵ)는 30,200 L/mol/cm이다.

색도 측정

매쉬드 포테이토의 배합비에 따른 색은 색도측정기 (Minolta CR-300, Konica Minolta Inc., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. 색도는 매쉬드 포테이토를 2 mm의 높이로 편평하게 한 후 측정하여 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)로 나타내었다. 이 중 유색감자의 안토시아닌 색소와 밀접한 관련이 있는 적색도 값은 혼합물 실험계획법의 분석에 이용되었다.

혼합물 실험계획

매쉬드 포테이토의 최적 혼합비 결정을 위하여 Minitab 17 (Minitab Inc, State College, PA, USA) 소프트웨어를 이용하여 혼합물 설계를 수행하였다. PFPP (X1), 전지분유 (X2), 텍스트린(X3)의 세 가지 구성 성분을 독립변수로 하여 꼭지점 설계를 진행하였으며 설계차수는 1로 하였다. 도출된 9개의 실험 조건은 Table 1과 같다. PFPP의 범위는 80-100%, 전지분유의 범위는 0-20%, 텍스트린은 0-10%로, 최소 및 최대치는 예비 실험을 통하여 도출하였다. 종속변수로는 동적 유변학적 특성(G'과 G''), 안토시아닌 함량, 색도로 설정하였다.

통계적 분석

본 연구의 모든 결과는 3회 반복 수행되었으며, 평균과 표준편차로 나타내었다. 통계분석 프로그램 SPSS Statistics 21 (IBM, Armonk, NY, USA)을 이용하여 결과의 유의적인 차이의 계산을 일원분산분석(one-way ANOVA)으로 실시하였다(p<0.05). 혼합물 실험계획법을 통하여 도출한 데이터는 선형, 1차(linear), 2차(quadratic), 3차(cubic) 모델 (Eq. (5)-(7))에 회귀 분석하여 나타내었다.

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 \tag{5}$$

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 \tag{6}$$

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{123} X_1 X_2 X_3 \tag{7}$$

Y는 모델로부터 도출된 반응값의 예측값, β는 회귀 계수, X1은 PFPP의 비, X2는 전지분유의 비, X3은 텍스트린의 비를 나타낸다.

결과 및 고찰

PFPP를 Table 1과 같이 전지분유, 텍스트린과 함께 다양한 혼합비로 배합하여 제조한 매쉬드 포테이토의 구조적 특성을 확인하기 위하여 frequency sweep을 수행하였다 (Fig. 1). 선형 점탄성 구간에서 G'은 G''보다 항상 높은 값을 나타내었으며, 이는 매쉬드 포테이토가 젤(gel)의 특성을 가짐을 의미한다. 모든 샘플의 G'과 G'' 값은 ω에 따라 유사한 경향을 보였으나 각 구성 성분의 함량 변화에 따라 다른 경향을 나타내었다. 특히, PFPP의 함량이 높을수록 G'과 G''의 값이 크게 증가하였다. 같은 양의 PFPP를 함유 하면서 전지분유와 텍스트린을 모두 포함하는 배합비 1 및 4의 매쉬드 포테이토의 경우 전지분유의 함량이 낮고 텍스트린의 함량이 높을 때 G' 및 G''의 값이 높은 것을 확인하였다(Fig. 1).

다양한 배합비의 매쉬드 포테이토의 G' 값은 ω의 증가에 따라 증가하였으며, G'' 값은 낮은 ω값에서 감소하는 경향을 보이다 증가하였다. Ross-Murphy (1992)에 따르면, 희석 용액의 mechanical spectra는 일반적인 power-law 모델에 적합하나, 젤의 mechanical spectra는 ω에 비의존적인 경향을 나타내었다. 본 연구에서는 ω가 1 Hz 미만일 때 G''이 ω에 의존적이지 않은 경향을 나타내었으며, 이는 견고한 구조를 가진 샘플에서 나타난다(Bayod et al., 2008). 자영을 이용한 매쉬드 포테이토의 경우 ω에 따른 G'과 G'' 값은 1 Hz 이상에서 power-law 모델(Eq. (1) & Eq. (2))에 적합한 결과를 나타내었다(R² > 0.98). Power-law model의 변수 K'과 K''은 PFPP의 함량이 높을수록 증가하였으며, n'과 n''은 전지분유 분말의 함량이 높을수록 증가하는 경향을 나타내었다.

높은 ω값에서 다양한 배합비를 가지는 매쉬드 포테이토의 n'과 n''은 0.1에서 0.3 사이의 수치를 나타내었다. 이는

Table 1. Mixture compositions of mashed potatoes formulated in a constrained mixture design

Mixture	Coded values			Ingredient Proportion		
	X1	X2	X3	Potato flour (%)	Milk (%)	Dextrin (%)
1	0.838	0.138	0.025	83.8	13.8	2.5
2	0.800	0.100	0.100	80.0	10.0	10.0
3	0.875	0.075	0.050	87.5	7.5	5.0
4	0.838	0.088	0.075	83.8	8.8	7.5
5	0.800	0.200	0.000	80.0	20.0	0.0
6	0.900	0.000	0.100	90.0	0.0	10.0
7	1.000	0.000	0.000	100.0	0.0	0.0
8	0.938	0.038	0.025	93.8	3.8	2.5
9	0.888	0.038	0.075	88.8	3.8	7.5

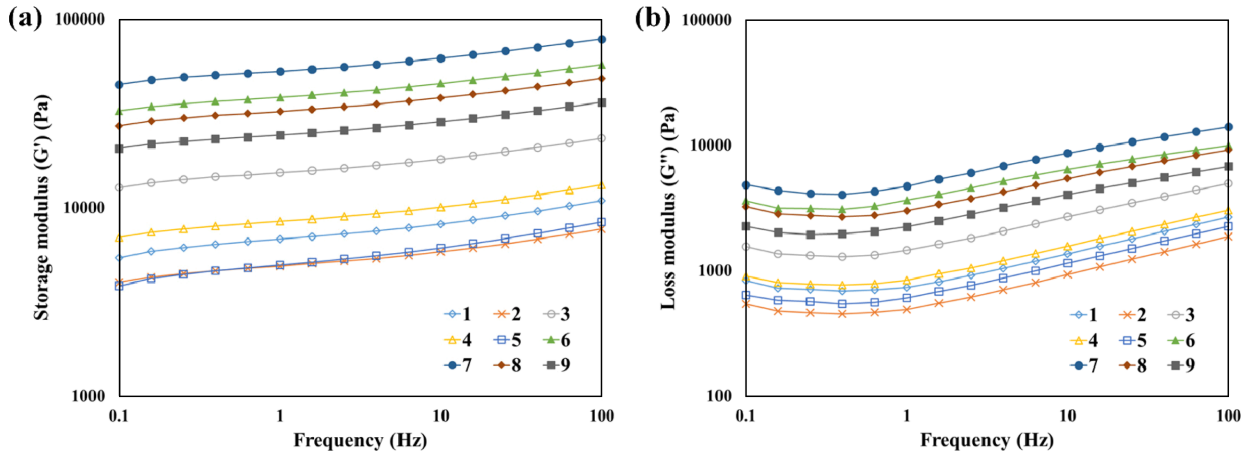


Fig. 1. Mechanical spectra of storage and loss modulus for mashed potatoes by different formulations in Table 1.

Table 2. Power-law parameters of the storage and loss moduli (G' and G'') according to Eq. (1) and (2)

Formulation	K' (Pa s $^{n'}$)	n'	R^2	K'' (Pa s $^{n''}$)	n''	R^2
1	6549	0.1057	0.986	707	0.2889	0.999
2	4723	0.1006	0.985	470	0.2995	0.999
3	14810	0.0941	0.986	1446	0.2684	0.999
4	8166	0.0991	0.986	819	0.2849	0.999
5	4755	0.1182	0.988	589	0.2908	0.999
6	37550	0.0892	0.993	3845	0.2112	0.995
7	51510	0.0877	0.991	4997	0.2284	0.996
8	31520	0.0900	0.990	3076	0.2406	0.999
9	23620	0.0893	0.991	2307	0.2367	0.998

매쉬드 포테이토가 physical gels 혹은 weak gels에 해당하는 특성을 나타냄을 보여주며, 공유 교차 결합에 의한 true gels와 얽힘 구조를 가진 고농도 현탁액 사이의 특성을 가짐을 의미한다(Bayod et al., 2008). Bayod et al. (2008)은 토마토 페이스트와 케첩의 가공 방법에 따른 유변학적 특성의 차이를 power-law model로 설명하였으며, Basu et al. (2011)은 망고 잼에서 sucrose를 sorbitol로 대체하였을 때의 유변학적 특성의 차이를 power-law model의 변수로 비교하였다. 매쉬드 포테이토에서는 전지분유의 함량이 높은 샘플에서 높은 n' 과 n'' 의 수치를 나타내어 gel보다 고농도 현탁액에 더 가까운 특성을 가짐을 나타내었다(Steffe, 1996; Staffolo et al., 2004)

매쉬드 포테이토의 색도

PFPP, 전지분유, 텍스트린의 함량에 따른 매쉬드 포테이토의 외관은 Fig. 2와 같았으며, 이의 색도를 측정하여 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)로 나타내었다(Table 3). 매쉬드 포테이토의 배합비에서 PFPP 함량이 높을수록 명도가 낮고 적색도가 높은 경향을 보였으며, 전지분유의 함량이 높을수록 유의적으로 높은 명도값을 나타내는 것을 확인하였다. PFPP를 88.8% 이상 함유하고 있는 6, 7, 8, 9번 샘플에서 적색도는 비교적 높은 10.78±0.27 이상의 수치를 나

타내었으며, 전지분유의 분말 함량이 비교적 높은 1, 2, 5, 6번 샘플에서 명도값은 45.32±0.03 이상의 높은 수치를 나타내었다. 이는 Jung et al. (2015)의 연구에서 유색감자 홍영을 첨가하여 면을 제조하였을 때 홍영 내의 안토시아닌에 의하여 적색도가 증가하면서 명도가 감소하는 결과와 일치하였다. 전지분유 분말의 함량에 따라서는 분말 고유의 색 및 전지분유 분말의 함량 증가에 따른 PFPP의 감소로 인한 결과로 사료된다. 이와 유사하게 버찌 추출물을 첨가한 돼지고기 패티(Choi et al., 2013) 및 블루베리 분말과 검정콩 안토시아닌을 함유하는 파운드 케이크(Lee, 2013)에서도 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

매쉬드 포테이토의 안토시아닌 함량

매쉬드 포테이토의 다양한 배합비에 따른 안토시아닌 함량을 Table 3에 나타내었다. 안토시아닌의 함량은 매쉬드 포테이토 내 PFPP의 양에 비례하는 경향을 나타내었다. PFPP만으로 제조된 매쉬드 포테이토의 경우 585.56±34.37 mg/kg의 안토시아닌을 함유하였으며, PFPP의 함량이 낮은 2와 5번 샘플의 경우 각각 363.33±20.95 mg/kg과 380.85±21.13 mg/kg으로 유의적으로 낮은 값을 보였다($p < 0.05$). Lee (2013)의 연구에서는 파운드 케이크에 안토시아닌 분말을 첨가하였을 때 특유의 색으로 인한 차별성으로 선호도가 증



Fig. 2. Visual appearance of different mashed potato formulations in Table 1.

Table 3. Experimental results of color, anthocyanin, and rheological parameters for each formulation

Formulation	Color			Anthocyanin content (mg/kg)	Storage modulus (kPa)	Loss modulus (kPa)
	L	a	b			
1	47.09 ± 0.06 ^b	9.82 ± 0.15 ^d	0.87 ± 0.09 ^a	390.07 ± 33.66 ^{bc}	10.91 ± 0.54 ^f	2.67 ± 0.03 ^{ef}
2	49.77 ± 0.06 ^a	9.43 ± 0.18 ^e	0.60 ± 0.06 ^b	363.33 ± 20.95 ^c	7.69 ± 0.71 ^f	1.87 ± 0.17 ^{ef}
3	44.97 ± 0.05 ^e	10.06 ± 0.01 ^{cd}	0.62 ± 0.05 ^b	402.98 ± 40.50 ^{bc}	23.33 ± 0.40 ^e	4.94 ± 0.09 ^d
4	45.71 ± 0.03 ^e	9.83 ± 0.14 ^d	1.01 ± 0.06 ^a	401.13 ± 26.68 ^{bc}	13.19 ± 1.31 ^f	3.04 ± 0.30 ^e
5	45.32 ± 0.03 ^d	9.31 ± 0.03 ^e	0.51 ± 0.06 ^{bc}	380.85 ± 21.13 ^c	8.40 ± 0.65 ^f	2.25 ± 0.15 ^{ef}
6	44.96 ± 0.02 ^e	10.32 ± 0.01 ^c	-0.14 ± 0.04 ^d	430.64 ± 32.30 ^{bc}	57.34 ± 5.71 ^b	9.98 ± 0.91 ^b
7	40.86 ± 0.03 ^h	11.19 ± 0.04 ^a	0.38 ± 0.08 ^c	585.56 ± 34.37 ^a	78.36 ± 2.84 ^a	14.02 ± 0.34 ^a
8	44.06 ± 0.02 ^e	10.78 ± 0.27 ^b	0.49 ± 0.04 ^{bc}	468.45 ± 30.47 ^b	48.54 ± 4.11 ^c	9.22 ± 0.46 ^b
9	44.64 ± 0.06 ^f	10.19 ± 0.04 ^c	1.05 ± 0.09 ^a	409.43 ± 12.68 ^{bc}	36.21 ± 0.55 ^d	6.77 ± 0.14 ^c

^{a-h} Indicates a significant difference within columns ($p < 0.05$).

Table 4. Regression coefficients and correlation of polynomial models to experimental data in mixtures design of the mashed potato samples

Variable	Model	Coefficients							R ²
		β_1	β_2	B_3	β_{12}	β_{13}	β_{23}	B_{123}	
L	Quadratic	40.90	45.40	112.20	54.00	-125.60	-116.50	-	0.99
a	Linear	11.24	1.98	2.44	-	-	-	-	0.96
b	Cubic	0.40	0.50	-79.80	-42.70	158.50	160.90	-105.20	0.92
Anthocyanin content (mg/kg)	Quadratic	583.20	383.90	115.50	-408.20	302.70	479.70	-	0.86
Storage modulus (kPa)	Cubic	78.00	393.00	1,803.00	-829.00	-2,149.00	4,211.00	-9782.00	0.99
Loss modulus (kPa)	Cubic	14.00	-96.00	917.00	64.00	-1,048.00	-2,535.00	1582.00	0.99

가함을 나타내었으며, 이와 함께 안토시아닌의 항산화 활성으로 인하여 기능성이 향상됨을 도출하였다.

혼합물 실험계획법 분석 및 매쉬드 포테이토 배합비의 최적화

PFPP, 전지분유, 텍스트린의 함량비를 변화시켜 제조한 매쉬드 포테이토의 특성을 단계적 회귀 방법으로 회귀 모델에 적용한 결과를 Table 4에 나타내었다. 선형, 2차, 3차

모델은 각 특성의 데이터에서 높은 R²값을 나타내었으며 배합비에 따른 특성의 변화를 적합하게 설명하였다. 각 모델의 계수를 통하여 매쉬드 포테이토의 차별성을 나타내는 적색도에는 PFPP의 함량이 가장 큰 영향을 미침을 나타내었으며, 유변학적 특성(G'과 G'')은 전지분유의 함량에 의존함을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 전지분유의 함량이 증가함에 따라 배합비에서 PFPP의 비가 감소하게 되며,

전지 분유의 수용성 성분이 매쉬드 포테이토의 제조를 위한 수분의 첨가 시 구조를 변화시켰기 때문에 판단된다 (Mimouni et al., 2010).

본 연구에서는 PFPP를 이용한 매쉬드 포테이토의 가장 중요한 특성인 적색도(a)와 안토시아닌의 함량을 최대로 하며 유변학적 특성(G'과 G'')은 매쉬드 포테이토의 제조에 이용되는 시중의 감자 가루 2종과 가공식품회사에 공급되는 B2B용 감자가루 1종의 평균치(12.81 kPa 및 2.37 kPa)를 목표치로 하여 혼합물의 최적화를 수행하였다. 모든 변수들의 가중치를 동일하게 설정하여 도출된 최적 배합비는 PFPP 90.49%, 전지분유 4.86%, 텍스트린 4.65%였다.

요 약

본 연구에서는 고유의 자색 안토시아닌을 함유하고 있는 PFPP를 이용하여 매쉬드 포테이토를 제조하고 이의 물리화학적 특성을 확인하였다. PFPP와 전지분유, 텍스트린을 혼합하여 ready-to-eat (RTE) 매쉬드 포테이토 제품을 제조하기 위하여 세 구성 성분의 최적 혼합비를 도출하고자 혼합물 실험방법을 이용하였다. 다양한 배합비에서 매쉬드 포테이토의 색도, 안토시아닌 함량, 유변학적 특성의 차이를 관찰하였으며 PFPP와 전지분유의 배합비에 따라 매쉬드 포테이토의 구조가 변화하여 다른 유변학적 gel 특성을 나타내었다. PFPP의 함량은 주로 적색도와 안토시아닌 함량에 큰 영향을 미쳤으며, 전지분유의 함량은 전지분유의 친수성 및 수용성 특성에 의하여 유변학적 특성의 변화에 영향을 미쳤다. 매쉬드 포테이토의 유변학적 특성 및 다양한 배합비에 따른 특성은 모델링을 통하여 구조적 및 성분에 따른 경향을 정량적으로 나타낼 수 있었다. 본 연구를 통하여 적색도와 안토시아닌의 함량을 최대로 함유하면서 유변학적 특성은 시판되는 매쉬드 포테이토와 유사한 고품질의 기능성 매쉬드 포테이토의 최적 배합비는 PFPP 90.49%, 전지분유 4.86%, 텍스트린 4.65%임을 도출하였다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부와 한국산업기술진흥원의 지역 특화산업육성사업(R0004761-1)으로 수행된 연구결과입니다.

References

- Basu ST, Shivhare US, Singh TV, Beniwal VS. 2011. Rheological, textural and spectral characteristics of sorbitol substituted mango jam. *J. Food Eng.* 105: 503-512.
- Bayod E, Willers EP, Tornberg E. 2008. Rheological and structural characterization of tomato paste and its influence on the quality of ketchup. *LWT-Food Sci. Technol.* 41: 1289-1300.
- Choi PS, Kim HS, Chin KB. 2013. Antioxidant activities of water or methanol extract from cherry (*Prunus yedoensis*) and its utilization to the pork patties. *Korean J. Food Sci. An.* 33: 268-275.
- Depypere F, Verbeken D, Thas O, Dewettinck K. 2003. Mixture design approach on the dynamic rheological and uniaxial compression behavior of milk desserts. *Food Hydrocolloid.* 17: 311-320.
- Jang MS, Park JE. 2006. Optimization of ingredient mixing ratio for preparation of sulgidduk with saltwort (*Salicornia herbacea L.*). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 35: 641-648.
- Jang HL, Hong JY, Kim NJ, Kim MH, Shin SR, Yoon KY. 2011. Comparison of nutrient components and physicochemical properties of general colored potato. *Korean J. Hort. Sci. Technol.* 29: 144-150.
- Jeon TW, Cho YS, Lee SH, Cho SM, Cho HM, Chang KS, Park HJ. 2005. Studies on the biological activities and physicochemical characteristics of pigments extracted from Korean purple-fleshed potato. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 247-254.
- Jung HB, Kim JA, Pan CH, Yoon WB. 2014. Antioxidant activity and quality characteristics of cookies prepared with colored potato (Ja-young) flour. *Food Eng. Prog.* 18: 325-331.
- Jung HB, Pan CH, Yoon WB. 2015. Effect of the particle size of red-fleshed potato (*Solanum tuberosum L.*) on the physical properties of dough and noodle. *Food Eng. Prog.* 19: 201-208.
- Jung SJ, Kim NY, Jang MS. 2008. Formulation optimization of salad dressing added with bokbunja (*Rubus Coreanum Miquel*) juice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 497-504.
- Karaman S, Yilmaz MT, Kayacier A. 2011. Simplex lattice mixture design approach on the rheological behavior of glucomannan based salep-honey drink mixtures: An optimization study based on the sensory properties. *Food Hydrocolloid.* 25: 1319-1326.
- Kavanagh GM, Simon BR. 1998. Rheological characterisation of polymer gels. *Prog. Polym. Sci.* 23: 533-562.
- Lamberti M, Geiselmann A, Conde-Petit B, Escher F. 2004. Starch transformation and structure development in production and reconstitution of potato flakes. *LWT- Food Sci. Technol.* 37: 417-427.
- Lee HJ. 2013. Antioxidant activity and properties characteristics of pound cakes prepared by using frozen blueberry powder & anthocyanin extracted from black beans. *Korean J. Food Nutr.* 26: 772-782.
- Lee JM, Durst RW, Wrolstad RE. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *J. AOAC Int.* 88: 1269-1278.
- Lee YJ, Kim DB, Lee OH, Yoon WB. 2016. Characterizing texture, color and sensory attributes of cookies made with jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus L.*) flour using a mixture design and browning reaction kinetics. *Int. J. Food Eng.* 12: 107-126.
- Mimouni A, Deeth HC, Whittaker AK, Gidley MJ, Bhandari BR. 2010. Rehydration of high-protein-containing dairy powder: slow-and fast-dissolving components and storage effects. *Dairy Sci. Technol.* 90: 335-344.
- Kolasa KM. 1993. The potato and human nutrition. *Am. Potato J.* 70: 375-384.
- Rhim JW, Kim SJ. 1999. Characteristics and stability of anthocyanin

- anin pigment extracted from purple-fleshed potato. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 348-355.
- Ross-Murphy SB. 1992. Structure and rheology of gelatin gels: recent progress. Polym. 33: 2622-2627.
- Staffolo MD, Bertola N, Martino M. 2004. Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. Int. Dairy J. 14: 263-268.
- Steffe JF. 1996. Rheological Methods in Food Process Engineering. Freeman Press, East Lansing, MI, USA.
- Yoo JS, Hong ES, Hong KW, Yoon WB. 2016. Optimization and quality characteristic of noodles with hydrolysate of sea cucumber (*Stichopus Japonicas*) using a mixture design. Food Eng. Prog. 20: 143-151.