

유청 분말을 첨가한 브라우니의 품질 및 관능 특성

신장호¹ · 채민주¹ · 한정아^{2,*}

¹상명대학교 일반대학원 외식영양학과, ²상명대학교 식품영양학과

Physical and sensory characteristics of brownies containing whey powder

Jang-Ho Shin¹, Min Joo Chae¹, and Jung-Ah Han^{2,*}

¹Department of Foodservice Management and Nutrition, Sangmyung University

²Department of Food and Nutrition, Sangmyung University

Abstract Brownies containing whey powder (WP) with different levels of substitutions for wheat flour (0, 10, 20, 30, and 40% substitution for WP 0, WP 10, WP 20, WP 30, and WP 40, respectively) were prepared, and their properties were compared. Regarding appearance, the collapse of the sample surface noticeably started from WP 30. The moisture content was higher in samples containing WP than in the control (WP 0), and the weight of the brownie increased with WP content. As the WP amount increased, both the total and specific volumes of the brownies decreased. Regarding texture, a higher amount of WP resulted in a decrease in hardness, whereas adhesiveness increased significantly. The antioxidant activity also increased with increasing WP amount (from 35.28 to 51.47%). Regarding sensory characteristics, 20 or 30% WP in brownies increased mouth-feel properties, taste, and overall preference. Based on the above results, WP could improve the quality of brownies, and a substitution level of 20% could be the most appropriate.

Keywords: whey powder, brownies, texture, sensory test

서 론

최근 한국인의 식생활에서 구입과 섭취가 용이하고 다양성을 앞세운 제과제빵 제품의 소비가 계속 증가하고 있다(Park, 2014). 하지만 제과제빵류는 대부분 많은 양의 설탕과 버터가 첨가되므로 고탄수화물, 고지방이라는 영양적인 측면에서 바람직하지 못한 단점이 있다. 식사 대용품으로써 제과제빵류의 섭취 비율 증가(Jung 등, 2017)와 소비자들의 건강에 좋은 식품에 대한 수요 증가(Luccaa와 Tepper, 1994)로 인해, 간편함과 건강기능성이라는 두 요소를 동시에 충족시킬 수 있는 제과제빵 제품 개발의 필요성이 점차 커지고 있다(Kim 등, 2018).

브라우니는 초콜릿, 버터, 달걀, 설탕 등을 넣어 만드는 영국의 전통 과자로, 달걀이나 우유 등으로 거품을 내 가벼운 질감을 지닌 케이크와, 버터와 초콜릿 등을 끓여 굳혀 만드는 퍼지의 중간 정도의 질감을 갖는 제품이다(Dorie, 1996). 브라우니의 주원료인 초콜릿은 세계적으로 여러 연령층에서 선호하는 기호식품 중 하나(Miller 등, 2006), 카카오 매스의 함량에 따라 다크, 밀크 및 화이트 초콜릿으로 분류되는데, 브라우니에 사용되는 초콜릿은 카카오 함량이 50% 이상인 다크 초콜릿으로 우유가 첨가되지 않아 카카오 특유의 강한 쓴맛이 나는 것이 특징이다(Fernandes 등, 2013). 초콜릿의 원료인 카카오에는 flavonoid, resveratrol 등의 폴리페놀이 함유되어 있는데(Counet 등, 2006), 이 성분들이 활성산소의 생성을 억제해 노화를 방지하고(Lee 등, 2003), 심혈관 질환 예방 및 혈압강하 효과가 있으며(Vlachopoulou 등, 2005), 면역력을 강화한다는 연구결과(Lee 등, 2012) 등이 보고되면서 초콜릿 및 초콜릿 첨가 식품의 기능성이 점차 재인식되고 있다(Counet 등, 2006). 이에 초코칩 분말(Kim과 Han, 2019), 루바브 분말 및 추출물(Lee 등, 2019), 초석잠 분말(Choi와 Hwang, 2018) 등 부재료를 첨가하여 기능성 초콜릿을 개발하고자 하는 다양한 시도가 보고되었으나, 초콜릿을 주원료로 하는 브라우니에 기능성을 첨가한 연구는 많지 않다. 예로, 다크 초콜릿의 일부를 현미 식이섬유로 대체 시 현미 식이섬유의 첨가량이 증가할수록 씹힘성은 증가하였으나, 향미와 전반적인 기호도가 감소하였다는 연구(Yeom 등, 2016), 버터를 첨가하지 않고 밀가루의 약 35%를 유류 단백질 분말로 대체 시 브라우니의 단백질 함량은 증가하였고 그 외 색도, 물성, 기호도 특성은 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았다는 연구(Chae, 2020) 등이 보고된 정도이다.

유청(whey)은 치즈를 제조할 때 생산되는 부산물로, 카제인을 제외한 우유의 액체 성분이며, 치즈 1 kg 제조 시 약 10 kg의 유청이 생산되는 것으로 보고되어 있다(Ronsivalli와 Vici, 1990). 과거에는 유청에 함유된 유당이 유당불내증을 유발하여 식품소재로서의 활용이 제한적이었기 때문에 유청은 폐기되거나 가축 사료로 이용되었다. 그러나 유청이 필수 아미노산과 α -lactalbumin, β -lactoglobulin, immunoglobulin 등의 수용성 단백질질을 포함, 여러 영양성분을 함유하고 있어(Walzem 등, 2002), 간세포 보호 및 혈중 콜레스테롤 강하(Abubakar 등, 1998), 면역력 강화(Bounous, 2000), 혈당 강하(Jakubowicz, 2014) 등의 기능성을 지니고 있으며, 유청 내 단백질이 근육의 손실을 줄이고 골격근의 성능을 강화하는 leucine, valine, isoleucine 등의 분지아미노산(branched-

*Corresponding author: Jung-Ah Han, Department of Food and Nutrition, Sangmyung University, Seoul 03016, Korea
Tel: +82-2-2287-5357

Fax: 82-2-2287-0104

E-mail: vividew@smu.ac.kr

Received February 18, 2021; revised April 10, 2021;

accepted April 29, 2021

chain amino acids, BCAA) 함량이 높다고 알려지면서 단백질 보충제의 주요소재로 사용되고 있다(Kalman, 2014). 그 외에도 유청의 우수한 유효작용, 기포 및 거품 형성 능력 및 젤화 등의 여러 기능적인 특성이 보고됨에 따라 기능성 식품소재 및 첨가물로서의 가치가 높게 평가되고 있어(Clemente, 2000), 점차 유제품, 제과제빵, 식음료 등의 식품 산업에서 널리 활용되고 있다(Gallardo-Escamilla 등, 2005). 국내에서 생산되는 유청 가공품은 유청 분말을 이용한 것이 대부분이며, 주로 소규모의 목장형 유가공업으로 운영되는 국내 치즈 제조업체의 경우 가공 시설의 미비, 낮은 사업성 등을 이유로 유청을 폐기해왔기 때문에 일반적으로 저렴한 수입 유청 분말을 사용해왔다(Park 등, 2018). 최근 국내에서도 치즈의 생산량이 증가함에 따라 유청의 생산량도 증가하고 있어 소규모 농가의 수익성 증대를 위해 유청을 식품소재로 활용함과 동시에 기능성 소재로 전환시키기 위한 연구가 필요한 상황이다.

본 연구에서는 유청 분말의 활용도를 높이고 소비자들의 건강과 맛에 대한 요구를 충족시키기 위해 밀가루의 일부를 유청분말로 대체한 브라우니를 제조하고, 그 특성 평가를 통해 영양과 건강기능성이 향상된 브라우니를 개발하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

브라우니 제조에는 다크 초콜릿(Cacao Barry Co. Ltd., Meulan, France), 코코아 분말(Cacao Barry Co. Ltd.), 생크림(Seoulmilk, Yangju, Korea), 버터(Seoulmilk), 백설탕(CJ Cheiljedang Co., Ltd, Seoul, Korea), 박력분(CJ Cheiljedang Co., Ltd.), 유청 분말(단백질 함량 94%, Coreone Co., Daejeon, Korea)을 사용하였다.

브라우니 제조

브라우니 제조를 위해 밀가루 중량의 각각 0, 10, 20, 30, 40%를 유청분말로 대체하였으며, 대체 비율에 따른 브라우니의 배합은 Table 1에 나타내었다. 브라우니는 1단계 변형 반죽법을 이용, 다음과 같이 제조하였다. 먼저, 다크 초콜릿과 생크림을 80°C에서 중탕하여 가나슈를 준비하였다. 반죽기(KSM150PS, Kitchen Aid, Benton Harbor, MI, USA)에 버터를 넣고 2단에서 1분간 풀어준 후, 설탕을 넣어 1단에서 1분, 4단에서 1분간 혼합한 다음, 계란을 넣고 4단에서 1분, 6단에서 1분 동안 혼합하였으며, 가나

슈를 넣어 2단에서 2분간 혼합하고, 체에 친 박력분과 유청 분말, 코코아 파우더를 넣어 1단에서 2분간 혼합하였다. 완성된 반죽은 지름 7 cm, 높이 4.5 cm의 원형틀에 50 g씩 분할하여 170°C로 예열된 오븐(D-1, Darang Co., Stockholm, Sweden)에서 15분 동안 구워 실온에서 30분 동안 방냉한 후 -18°C에서 보관하며 시료로 사용하였다.

수분함량

수분함량은 Association of Official Analytical Chemists에 명시된 방법(AOAC, 2019)에 준하여 상압가열건조법을 이용해 시료 3 g을 취해 105°C의 드라이오븐(VS-1202-D0, Vision Co., Daejeon, Korea)에서 함량이 될 때까지 건조하여 측정하였다.

무게, 부피, 비용적 및 굽기손실률

무게는 전자정밀저울(E12140, Ohaus Co., Pine Brook, NJ, USA)을 이용해 측정하였고, 부피는 동일한 시료를 좁쌀을 사용한 종자치환법(AACC, 2000)으로 측정해 mL로 나타내었다. 비용적은 브라우니의 중량에 대한 부피비로 산출하여 mL/g으로 나타내었으며, 굽기손실률은 반죽의 무게와 구운 후 브라우니의 무게의 차이로 산출하였다.

pH와 색도

제조한 브라우니 시료 5 g에 10배의 증류수를 가하여 균질화한 후 원심분리하여 상등액을 취해 pH meter (Testo 206, Testo SE & Co., KGaA, Lenzkirch, Germany)를 이용해 측정하였다. 색도는 색차계(CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용해 L* (lightness), a* (redness) 및 b* (yellowness)로 나타내었다. 표면(crust) 색도는 브라우니의 상부 표면을 측정하였고, 내부(crumb) 색도는 브라우니의 높이를 기준으로 중간을 절단하여 중심부를 측정하였다. 이때 사용한 표준 백색판의 L*, a*, b* 값은 각각 96.79, -0.16, 2.86이었다.

조직감

구운 후 1시간 실온에서 방냉한 브라우니의 중심부를 20×20×20 mm로 절단하고 Texture Analyzer (TA-XT2, Stable Micro System Ltd., Surrey, UK)를 이용해 TPA (texture profile analysis) 모드로 조직감을 측정하였다. 측정 시 50 mm cylinder probe를 이용하였고, pre/test/post speed는 각각 3.0, 1.0, 1.0 mm/s, strain은 80%로

Table 1. Formula for brownie with whey powder substitution for wheat flour

Ingredient (g)	Samples ¹⁾				
	Control ¹⁾	WP 10	WP 20	WP 30	WP 40
Soft wheat flour	200	180	160	140	120
Whey powder	0	20	40	60	80
Butter	240	240	240	240	240
Dark chocolate	90	90	90	90	90
Cocoa powder	80	80	80	80	80
Fresh cream	90	90	90	90	90
Sugar	230	230	230	230	230
Egg	290	290	290	290	290
Total (g)	1220	1220	1220	1220	1220

¹⁾Control means brownie made of 100% wheat flour, WP 10, 20, 30, 40 mean the brownies containing whey powder amount (%) substituted for wheat flour, respectively.

설정하고, 측정해 얻어진 force-distance curve로부터 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness)을 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거능

DPPH 라디칼 소거능은 Blois (1958)의 방법을 변형하여 다음과 같이 측정하였다. 시료 5 g에 10배의 70% 에탄올을 가하여 진탕항온수조(BF-45SBR, Bio free, Seoul, Korea)를 이용해 60°C, 100 rpm에서 60분간 추출한 후, 3000 rpm에서 15분간 원심분리하여 얻은 상등액 1 mL에 0.1 mM DPPH 용액 1.5 mL를 가하여 암소에서 20분간 반응시켜 분광광도계(DU 730, Beckman Coulter, Inc. Krefeld, Germany)를 이용해 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 시료 첨가구(A_{sample})와 시료를 첨가하지 않고 70% 에탄올 1 mL를 첨가한 공시험의 흡광도($A_{control}$)를 아래의 식을 통해 백분율로 나타내었다.

$$DPPH \text{ scavenging activity } (\%) = \left(1 - \frac{A_{sample}}{A_{control}}\right) \times 100$$

관능검사

만 20세에서 60세까지의 성인 30명을 대상으로 관능검사를 실시하였다. 세 자리 난수표를 이용해 시료번호를 표시한 일회용 접시에 구운 후 1시간 방냉한 브라우니를 4등분하여 한 조각씩 담고 생수와 함께 제공하였다. 브라우니의 평가항목은 외관(appearance), 향(flavor), 고소함(milk savory), 질감(mouth-feel properties), 맛(taste) 및 전반적인 기호도(overall preference)의 6가지 항목으로 설정하였고, 7점 척도법(1점: 매우 싫어한다, 4점: 좋지도 싫지도 않다, 7점: 매우 좋아한다)을 이용하여 평가하였다. 본 검사는 소속기관의 생명윤리위원회의 승인을 받아 수행하였다(승인번호: SMUIRB-C-2019-009).

통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복 측정하였으며, 측정 결과는 SPSS (Statistics Package for Social Science, Version 26.0, IBM-SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였으며, 각 시료 간의 유의적 차이는 Duncan test로 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

굽기 손실률

유청 분말 첨가량을 달리한 브라우니의 굽기 손실률은 Table 2와 같다. 굽기 손실률은 유청 분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 보여, 대조군이 12.99%로 가장 높았으며, 40% 대체군이 3.46%로 가장 낮은 결과를 보였다($p < 0.05$). 굽기 손실률이 발생하는 주요 원인은 굽는 과정에서 고열로 인해 반죽 내부의 수분이 수증기로 변하면서 기공을 형성해 반죽의 부피가 팽창함과 동시에 기공이 열릴 때 수분이 증발하면서 발생하는 것으로 알려져 있다(Lee와 Oh, 2010). 밀가루 일부를 새작인삼 분말로 대체한 카스텔라(Kim 등, 2016)나, 오디 분말로 대체한 파운드 케이크(Yoo와 Jeong, 2012)의 경우, 밀가루 대체 소재에 의해 반죽 내 글루텐의 양이 감소하여 반죽의 수분 보유력이 감소하고, 최종적으로 굽기 손실률도 증가하였다고 보고되었다. 그러나, Kim (2010)은 버터의 일부를 유청단백으로 대체하여 제조한 스폰지케익에서 유청단백함량이 증가할수록 굽기손실률

은 감소하였고, 이는 유청단백의 수분보유력이 높기 때문으로 설명하였다. Serdaroglu와 Özsümer (2003)도 지방 첨가량을 5, 10, 20%로 달리한 소고기 소시지에 4%의 유청 분말을 첨가하였을 경우 소시지의 보수력이 유청을 첨가하지 않은 대조군과 비교 시 증가하였다고 보고하였다. 가열에 의한 유청 단백질의 변성은 보수력을 증가시킨다고 알려져 있어(Alais, 1975). 본 연구에서 첨가된 유청 분말 내 유청단백이 브라우니 반죽의 보수력을 높여 굽는 과정에서 내부의 수분 증발을 억제하여 굽기 손실률이 낮아진 것으로 보인다.

무게, 부피 및 비용적

유청 분말 첨가량을 달리한 브라우니의 무게와 부피, 비용적은 Table 2에 나타내었다. 브라우니의 무게는 43.51-46.21 g의 범위로 유청 분말의 대체 비율이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였는데($p < 0.05$), 이는 굽기 손실률과 마찬가지로 유청 분말 첨가량에 따라 수분 증발량이 감소하였기 때문으로 보인다.

브라우니의 부피는 61.33-75.83 mL의 범위로 측정되었다. 10% 대체군이 75.93 mL로 가장 높은 결과를 보였는데, 이는 유청 분말을 4% 첨가 시 빵의 부피가 증가하였다는 Erdogdu-Amoczky 등(1996)의 연구와 유사한 결과로, 시료에 일정 함량 첨가된 유청 분말이 hydrocolloids로 작용해 반죽의 안정성을 높여 굽는 과정에서 수증기로 인해 형성된 기포를 유지하기 때문으로 볼 수 있다(Ronda 등, 2009). 그러나, 유청 분말의 첨가량이 30% 이상 증가할 경우, 브라우니의 부피는 유의적으로 감소하였는데, 이는 밀가루를 유류단백질 분말로 대체 시 글루텐이 희석되어 브라우니의 부피가 감소한다는 결과(Chac, 2020)와, 밀가루를 다른 성분으로 대체 시 글루텐의 함량과 형성이 감소하고 전분의 호화가 지연되어 단백질 구조가 약화된다는 보고(Ko와 Hong, 2011)로 미루어볼 때, 유청 단백질은 밀가루의 30% 이상 대체할 경우 오히려 반죽의 안정성이 저하되어 굽는 과정 중 형성된 기포를 유지하지 못해 반죽이 가라앉았기 때문으로 보여진다.

유청 분말 첨가량을 달리한 브라우니의 비용적은 10% 대체군이 1.73 mL/g으로 가장 높게 나타났으며, 40% 대체군이 1.33 mg/g으로 가장 낮게 나타나 유청 분말 첨가량이 증가할수록 낮아지는 경향을 보여 부피와 일치하는 결과를 보였다($p < 0.05$). 10% 대체군의 경우 무게는 대조군과 유의적인 차이가 없었으나, 부피가 증가하였기 때문에 대조군과 비교해 비용적이 증가한 것으로 보이며, 유청 분말을 30% 이상 대체하였을 경우, 유청 분말 첨가량이 증가할수록 무게는 증가하고 부피는 감소하였으므로 비용적이 감소한 것으로 보인다. 밀가루를 대체하여 첨가한 유청 분말이 브라우니 반죽의 글루텐 함량, 단백질 변성 속도, 전분의 호화 속도 및 반죽의 점성 등에 영향을 미칠 수 있으며 유청 분말을 10-20% 첨가 시 제품의 비용적에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.

수분함량

유청 분말 첨가량을 달리한 브라우니의 수분함량은 Table 2에 나타내었다. 수분함량은 11.87-13.62%의 범위로, 대조군이 11.87%로 가장 낮게 나타났고, 40% 대체군이 13.62%로 가장 높은 수분함량을 보여, 유청 분말 첨가량이 증가할수록 수분함량이 증가하는 경향을 보였으나($p < 0.05$), 10-30% 첨가군의 수분함량은 시료간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 본 연구에서 사용한 유청 분말의 수분함량(5.21%)은 밀가루의 수분함량(13.75%)보다 낮았으나, 제품의 수분함량은 첨가하는 재료의 수분함량 뿐 아니라 수분 보유력의 차이에 기인한다는 Serdaroglu와 Özsümer (2003)의 보고로

Table 2. Basic properties of the brownies prepared with different whey powder amount

Samples ¹⁾	Loss rate (%) ²⁾	Weight (g)	Volume (mL)	Specific volume (mL/g)	Moisture content (%)	pH
Control	12.99±0.39 ^a	43.51±0.19 ^c	72.33±0.58 ^b	1.66±0.01 ^b	11.87±0.14 ^c	7.78±0.02 ^a
WP 10	12.10±0.73 ^a	43.95±0.36 ^c	75.83±0.76 ^a	1.73±0.01 ^a	12.60±0.05 ^b	7.38±0.03 ^b
WP 20	10.69±0.65 ^b	44.66±0.33 ^b	73.17±0.76 ^b	1.64±0.03 ^b	12.61±0.48 ^b	7.27±0.02 ^c
WP 30	8.36±0.35 ^c	45.82±0.17 ^a	68.17±0.76 ^c	1.49±0.02 ^c	12.85±0.07 ^b	7.15±0.03 ^d
WP 40	3.46±0.59 ^d	46.21±0.22 ^a	61.33±0.29 ^d	1.33±0.01 ^d	13.62±0.04 ^a	7.00±0.05 ^e

¹⁾Control means brownie made of 100% wheat flour, WP 10, 20, 30, 40 mean the brownies containing whey powder amount (%) substituted for wheat flour, respectively.

²⁾All values are mean±SD of triplicate. Within a column not followed by the same letter are significantly different ($p<0.05$).

Table 3. Color values of the brownies prepared with different whey powder amount

Color value	Samples ^{1,2)}					
	Control	WP 10	WP 20	WP 30	WP 40	
Crust	L*	35.26±0.35 ^a	34.13±0.55 ^a	28.46±0.70 ^b	27.07±0.51 ^c	26.30±1.10 ^c
	a*	9.78±0.16 ^c	10.94±0.05 ^{ab}	10.54±0.07 ^b	11.11±0.48 ^a	9.11±0.21 ^d
	b*	12.70±0.35 ^b	14.90±0.09 ^a	14.50±0.36 ^b	14.31±0.68 ^a	10.71±0.13 ^c
Crumb	L*	19.66±0.25 ^a	18.48±0.30 ^{ab}	19.10±0.15 ^a	18.94±0.22 ^a	17.34±1.36 ^b
	a*	9.53±0.34 ^a	8.31±0.14 ^{ab}	7.20±0.20 ^{bc}	6.54±1.29 ^c	7.27±0.67 ^{bc}
	b*	8.27±0.29 ^a	6.87±0.19 ^b	5.64±0.18 ^c	5.52±0.62 ^c	5.91±0.19 ^c

¹⁾Control means brownie made of 100% wheat flour, WP 10, 20, 30, 40 mean the brownies containing whey powder amount (%) substituted for wheat flour, respectively.

²⁾All values are mean±SD of triplicate. Within a column not followed by the same letter are significantly different ($p<0.05$).

미루어볼 때, 유청 분말의 첨가량에 따른 브라우니 수분함량의 증가는 유청 분말의 수분 보유력에 의한 것으로 볼 수 있다.

pH

유청 분말의 대체량을 달리한 브라우니의 pH는 Table 2에 제시하였다. 대조군이 7.78로 가장 높았으며, 유청 분말의 대체량이 증가할수록 유의적으로 감소하여 40% 대체군이 7.00으로 가장 낮게 나타났다. 이러한 결과는 유청 발효물을 첨가한 빵 반죽의 pH가 5.36으로 대조군의 5.63보다 낮았다는 연구(Lee와 Lee, 2009)와 유사하였다. 유청 분말의 pH (6.10)는 밀가루의 pH (5.93)보다 높았으나, 유청 분말의 첨가량이 증가할수록 브라우니의 pH가 감소한 것은 Maillard 반응 모델에서 유리 아미노산이 환원당과 결합하여 Maillard 반응을 거치며 소비되고, 유기산을 생성하기 때문에 반응 이후 pH가 낮아진다는 Liu 등(2008)의 보고로 미루어볼 때, 유청 분말에 의한 Maillard 반응이 브라우니의 pH에 영향을 미친 것으로 보인다.

색도

유청 분말을 첨가한 브라우니의 겹질 및 속질의 색도는 Table 3과 같다. 겹질의 명도는 대조군과 10% 대체군이 가장 높았고, 30 및 40% 대체군이 가장 낮아 유청 분말 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다($p<0.05$). 적색도의 경우 유청 분말 첨가량에 따라 증가하는 경향을 보여, 30% 대체군이 11.11로 가장 높았으나 40% 대체군에서는 다시 감소하였다. 황색도는 10.71-15.50의 범위로 30% 대체군이 가장 높았고, 40% 대체군이 가장 낮았으나, 유청 분말의 첨가량에 따른 일정한 경향은 나타나지 않았다.

In과 Jung (2001)은 원유의 가열 살균 과정에서 유청에 포함되어 있는 단백질과 탄수화물이 Maillard 반응에 의해 우유의 색과

맛, 향 등을 변화시킨다고 보고하였으며, Ramirez-Jimenez 등(2000)은 쿠키의 색이 환원당과 아미노산에 의한 Maillard 반응, 그리고 열에 의한 당의 카라멜 반응에 의해 가장 큰 영향을 받는다고 보고하였다. 브라우니에서도 유청 분말과 밀가루, 초콜릿 등에 함유된 단백질 및 탄수화물에 의한 Maillard 반응과 카라멜 반응에 의해 겹질과 속질의 명도가 감소하고 겹질의 적색도와 황색도가 증가한 것으로 보인다. 속질의 명도는 겹질과 유사하게 유청 첨가량에 따라 감소하는 경향을 보였으나($p<0.05$), 겹질과 비교해 볼 때 유청 분말 첨가량에 따른 명도의 감소폭이 적었는데, 이는 표면과 비교해 상대적으로 Maillard 반응이 적게 일어났기 때문으로 볼 수 있다(Chung, 2006). 또한 속질의 명도(17.34-19.66)도 겹질의 명도(26.30-35.26)보다 낮았는데, 이는 브라우니의 특성상 굽는 과정 중 내부조직이 조밀해져 재료로 사용된 초콜릿과 코코아 파우더의 색이 영향을 미친 것으로 보인다. 속질의 적색도와 황색도는 유청 분말 첨가량이 증가함에 따라 감소하여 겹질과 상반된 결과를 보였으며, 이는 굽는 과정에서 직접적으로 열을 받는 겹질과 비교해 Maillard 반응이 상대적으로 적었기 때문으로 보여진다.

조직감

유청 분말의 첨가량을 달리한 브라우니의 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 점착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness) 등 5가지 항목의 조직감 측정 결과는 Table 4에 제시하였다. 대조군과 10% 대체군의 경도는 각각 12853.08 및 12757.35 g/cm²로 가장 높았으며, 유청 분말의 첨가량에 따라 경도가 유의적으로 감소하여, 40% 대체군은 대조군의 약 54%인 6986.07 g/cm²로 가장 낮은 수치를 보였다($p<0.05$). 이는 유청 분말의 대체량이 증가할수록 밀가루의 비율이 감소해 총 글루텐의

Table 4. Texture properties of the brownies prepared with different whey powder amount

Sample ¹⁾	Texture properties ²⁾				
	Hardness (g/cm ²)	Cohesiveness	Adhesiveness	Springiness	Chewiness
Control	12853.08±115.13 ^a	0.28±0.01 ^a	35.66±2.29 ^c	0.35±0.01 ^{NS}	989.93±26.70 ^a
WP 10	12757.35±304.81 ^a	0.27±0.01 ^{ab}	49.66±2.09 ^c	0.37±0.02 ^{NS}	939.61±73.44 ^{ab}
WP 20	10249.15±867.22 ^b	0.26±0.01 ^{bc}	87.51±3.57 ^b	0.37±0.01 ^{NS}	848.19±97.83 ^b
WP 30	9053.03±155.06 ^c	0.23±0.01 ^d	218.92±2.40 ^a	0.36±0.04 ^{NS}	464.44±17.51 ^c
WP 40	6986.07±435.97 ^d	0.24±0.02 ^{cd}	224.13±28.76 ^a	0.35±0.04 ^{NS}	477.26±40.84 ^c

¹⁾Control means brownie made of 100% wheat flour, WP 10, 20, 30, 40 mean the brownies containing whey powder amount (%) substituted for wheat flour, respectively.

²⁾All values are mean±SD (n=5). Within a column not followed by the same letter are significantly different ($p<0.05$).

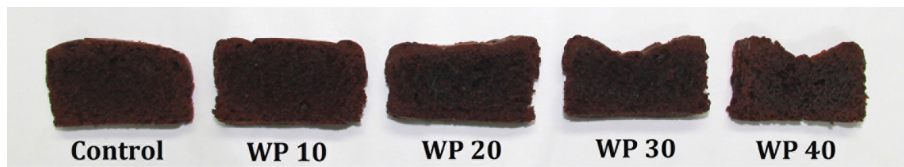


Fig. 1. Photograph of the brownies prepared with different whey powder amount. Control means brownie made of 100% wheat flour, WP 10, 20, 30, 40 mean the brownies containing whey powder amount (%) substituted for wheat flour, respectively.

함량이 감소하여 연속적인 구조를 이루지 못함과 동시에 단백질 구조가 약화되었기 때문에 보이며(Giuberti 등, 2017; Ko와 Hong, 2011), 나아가 유청 분말 첨가군의 높은 수분함량도 브라우니의 경도에 영향을 미친 것으로 생각된다. Main (1991)은 유청 단백질 첨가 시 빵의 부피가 감소하고, 경도는 증가해 열에 의한 유청 단백질이 변성이 빵의 품질을 저하시킨다고 보고하였고, Chung (2006)은 유청농축분말 첨가량에 따라 머핀의 부피가 감소하고, 경도는 증가하였다고 보고하여, 브라우니의 부피와 경도가 모두 감소한 본 연구결과와 일부 상반된 결과를 보였다, 이는 브라우니의 경우 전체재료에서 밀가루가 차지하는 비율이 일반 빵이나 머핀보다 적기 때문에 밀가루를 대체하여 첨가한 유청분말의 영향이 다를 수 있으며 또한 본 연구에서는 유청분말을 사용하였으므로 사용한 재료의 단백질 성분 함량의 차이 때문으로 생각할 수 있다.

응집성은 대조군이 0.28로 가장 높았고, 유청 분말 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 이는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 브라우니의 중심 부분의 꺼짐현상과 경도의 감소로 미루어 볼 때 유청 분말 첨가량에 따라 브라우니 중 글루텐이 감소하여 형태를 유지하는데 필요한 내부 결합력이 감소하였기 때문으로 보인다.

점착성은 유청 분말 첨가에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보여, 대조군과 10% 대체군이 35.66-49.66의 범위로 가장 낮았으며, 30 및 40% 대체군은 대조군의 약 7배 정도인 218.92-224.13의 범위로 가장 높은 결과를 나타냈다. 탄력성은 0.35-0.37의 범위로 모든 시료간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 수분함량은 빵이나 케이크의 점착성과 탄력성에 영향을 미치는데, 수분함량이 높을 경우 밀가루의 글루텐과 전분 구조가 약화되어 제품에 끈적임이 발생하고 탄력성은 낮아지는 것으로 알려져 있다(Kim 등, 2012) 본 연구에서 유청 분말 첨가군이 대조군과 비교해 높은 수분 함량 결과를 보였으므로 수분함량 차이에 의해 점착성이 증가한 것으로 추측된다. 시료간 탄력성에서 유의적인 차이가 나타나지 않은 것은 브라우니의 특성상 다른 제빵류보다 밀가루의 비율이 낮아(약 16.4%) 글루텐 및 전분의 망상 구조 약화에

다른 영향이 적기 때문으로 생각된다. 이와 유사하게 Bae와 Jung (2013)은 메밀가루를 첨가한 머핀 연구에서 조직감을 분석한 결과, 메밀가루의 첨가량에 따른 머핀의 조직감 특성의 변화가 일정하지 않았다고 보고함과 동시에, 이러한 결과가 머핀은 빵과 다르게 부피가 작고 글루텐의 형성이 적어 밀가루를 대체한 부재료의 영향이 상대적으로 적기 때문이라고 보고하였다.

씹힘성은 고체 물질을 씹을 수 있는 상태로 만드는 성질로 경도를 기반으로 계산되는 값이기 때문에 경도와 유사한 결과를 보여, 유청 분말 대체량에 따라 유의적으로 감소하였으며($p<0.05$), 40% 대체군은 대조군과 비교해 1/2 수준으로 낮은 수치를 나타냈다.

이상의 결과로부터 유청 분말을 첨가해 브라우니를 제조하였을 경우 경도, 응집성, 씹힘성은 감소하여, 더 부드러운 제품을 개발할 수 있을 것으로 예상되나, 동시에 점착성이 증가하여 섭취 시 끈적임을 유발할 수 있으므로 유청 단백질의 첨가량을 적절히 조절할 필요가 있다.

DPPH 라디칼 소거능

유청 분말을 첨가한 브라우니의 DPPH 라디칼 소거능은 Fig. 2와 같다. 대조군의 라디칼 소거능은 35.28%로 가장 낮았으며, 유청 분말의 첨가량에 따라 각각 40.97, 43.66, 45.97 및 51.47%로 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다($p<0.05$). 유청 막걸리로 제조한 식초가 일반 막걸리로 제조한 식초와 비교해 약 2배 높은 항산화 활성을 나타내었다는 Park 등(2018)의 보고와 5-11개의 친수성 아미노산, proline, histidin, tyrosine 및 tryptophan으로 이루어진 우유 유래 단백질이 높은 항산화 활성을 띤다고 보고한 Pihlanto (2006)의 연구를 근거로 볼 때, 유청 분말에 함유된 단백질이 브라우니의 항산화 활성을 높인 것으로 생각된다. 또한 유청 분말을 첨가하지 않은 대조군 역시 35.28%의 항산화 활성을 나타내었는데 이는 원재료인 초콜릿의 주원료인 카카오 열매에 함유되어 있는 폴리페놀 성분에 기인한 것으로(Murphy와 Chronopoulos, 2003) 보여지며, 이는 버찌분말을 첨가한 초콜릿 연구(Yoon 등, 2009), 초피잎 분말을 첨가한 초콜릿 연구(Kim과

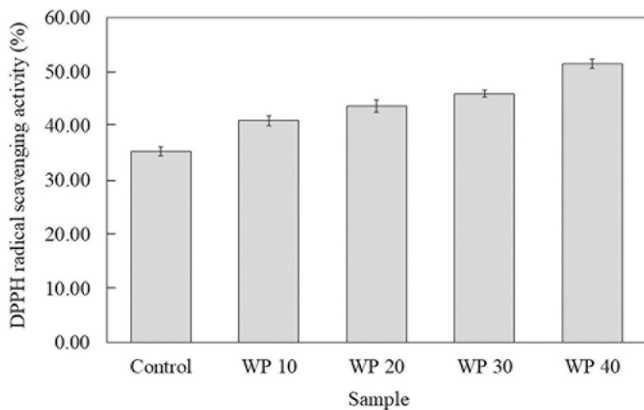


Fig. 2. DPPH radical scavenging activity of the brownies prepared with different whey powder amount. Control means brownie made of 100% wheat flour, WP 10, 20, 30, 40 mean the brownies containing whey powder amount (%) substituted for wheat flour, respectively.

Han, 2019)에서도 부재료 첨가에 따라 항산화력이 증가하였지만, 부재료를 첨가하지 않은 대조군 역시 46.19-68.07%의 높은 항산화력을 나타낸 것과 같은 결과로 볼 수 있다.

관능검사

유청 분말의 첨가량을 달리한 브라우니의 외관(appearance), 향(flavor), 맛(taste), 고소함(milk savory), 질감(mouth-feel properties) 및 전반적인 기호도(overall preference) 등 6가지 항목에 대한 기호도 검사 결과는 Table 5에 제시하였다. 식품의 외관은 관능특성에서 중요한 변수 중의 하나로 제품의 형태와 색을 포함한 육안으로 확인되는 모습을 통해 평가되는데(Kim 등, 2020), 본 연구에서 모든 시료군은 5.29-5.71의 범위로 유청 분말의 첨가량에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았다($p < 0.05$). 이는 브라우니의 주원료인 초콜릿의 색이 강해, 유청 분말로 인한 브라우니의 색 변화가 선호도에 영향을 미치지 않았으며, 일반 빵류와는 달리 부피가 브라우니의 선호도에 큰 영향을 미치는 변수가 아니라는 것을 의미한다.

향과 고소함은 각각 5.48-6.14 및 4.67-5.19으로 대조군과 실험군 간에 유의적인 차이를 보이지 않았는데($p < 0.05$), 이는 비교적 향이 강한 초콜릿의 첨가로 인해 유청 분말 자체의 향이 브라우니의 향에 미치는 영향이 크지 않은 것으로 판단된다. 또한, 고소함도 브라우니 자체의 높은 버터 함량으로 인해 유청 분말이 미치는 영향이 적기 때문으로 생각된다. 질감은 유청 분말 첨가

군이 대조군보다 높은 평가를 받았으며 30% 첨가까지는 시료간 차이가 없었으나, 40% 대체군에서 다시 대조군 수준으로 감소하였다. 이는 유청 분말 첨가량이 증가할수록 경도는 감소하고 점착성은 증가한 것과 관련이 있는 것으로 보인다(Table 4). 브라우니의 경도와 응집성, 썩힘성이 감소하여 섭취 시 부드러운 질감으로 선호도가 증가한 것으로 추측되며, 유청 분말을 30% 이상 대체하였을 경우에는 점착성이 크게 증가하면서 선호도가 감소한 것으로 보인다.

맛은 유청 분말의 첨가량이 증가할수록 선호도가 증가하였으나($p < 0.05$), 20-40% 첨가군간에는 유의적 차이가 없었다. 전반적인 기호도는 질감 및 맛의 평가결과와 유사하게 20% 및 30% 대체군이 다른 시료군에 비해 좋게 평가되었다($p < 0.05$). 이상의 결과를 바탕으로 브라우니 개발 시 기호도를 높이고 부드러운 질감과 맛의 향상을 위해 밀가루의 20-30%를 유청 분말로 대체하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

요 약

유청 분말의 밀가루 대체가 브라우니의 품질특성에 미치는 영향을 알아보기 위해 밀가루의 0-40%를 유청 분말로 대체하여 브라우니를 제조하고 그 특성을 평가하였다. 먼저 외관에서 20% 첨가군까지는 대조군과 차이가 없었으나 30% 첨가군부터 표면의 붕괴현상이 관찰되었다. 브라우니의 굽기손실률은 유청 분말을 대체할수록 유의적으로 감소하였고($p < 0.05$), 구운 후 무게는 증가하였으나($p < 0.05$), 부피는 10% 대체군을 제외하면 감소하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$). 이에 비용적은 대조군이 1.66 mL/g이었으나 첨가량에 따라 40% 대체군이 1.33 mL/g까지 감소하여 유의적인 차이를 보였으며($p < 0.05$), 10% 대체군은 1.73 mL/g으로 가장 높은 결과를 보였었다($p < 0.05$). 수분함량은 11.87-13.62%의 범위로 유청 분말의 대체량이 증가할수록 증가하였으며($p < 0.05$), pH는 대조군이 7.78로 가장 높고, 유청분말의 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다($p < 0.05$). 색도 측정에서 겉질의 명도는 유청 분말을 첨가할수록 낮아졌으나, 적색도와 황색도는 30% 대체군까지는 증가하다가 40% 대체군은 감소하여 대조군보다 낮은 결과를 보였었다($p < 0.05$). 속질의 명도와 적색도, 황색도는 첨가량에 따라 감소하는 경향을 보였었다($p < 0.05$). 브라우니의 경도와 응집성은 대조군과 10% 대체군간에는 유의적인 차이가 없었으나($p < 0.05$), 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였고($p < 0.05$), 점착성은 30% 첨가군부터 크게 증가하였으나($p < 0.05$), 탄력성은 대조군과 대체군간 유의적인 차이가 없었다($p < 0.05$). 썩힘성은 유청 분말을 첨가할수록 유의적으로 낮아지는 결과를 보였었다($p < 0.05$). DPPH 라디칼 소거능은 대조군이 35.28%로 가장 낮았으며, 유청

Table 5. Sensory properties of brownies prepared with different whey powder amount

Samples ¹⁾	Appearance	Flavor	Milk savory	Mouth-feel properties	Taste	Overall preference
Control	5.57±1.25 ^{ns2)}	5.95±1.02 ^{ns}	4.67±1.06 ^{ns}	5.10±1.18 ^b	5.00±1.14 ^b	5.33±1.02 ^b
WP 10	5.62±1.20 ^{ns}	5.90±1.18 ^{ns}	4.86±1.15 ^{ns}	5.24±1.37 ^{ab}	5.29±1.31 ^b	5.24±1.67 ^b
WP 20	5.71±1.19 ^{ns}	6.14±0.79 ^{ns}	5.19±1.08 ^{ns}	5.95±0.80 ^a	6.10±0.89 ^a	6.14±0.73 ^a
WP 30	5.33±1.15 ^{ns}	5.48±1.21 ^{ns}	5.10±1.04 ^{ns}	5.19±1.36 ^{ab}	5.52±1.17 ^{ab}	5.57±1.21 ^{ab}
WP 40	5.29±1.42 ^{ns}	5.76±0.94 ^{ns}	4.86±1.01 ^{ns}	4.62±1.47 ^b	5.43±1.21 ^{ab}	5.38±0.97 ^b

¹⁾Control means brownie made of 100% wheat flour, WP 10, 20, 30, 40 mean the brownies containing whey powder amount (%) substituted for wheat flour, respectively.

²⁾All values are mean±SD (n=21). Within a column not followed by the same letter are significantly different ($p < 0.05$). ns means no significance.

첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하여 40% 대체군이 51.47%로 가장 높은 것으로 확인되었다($p<0.05$). 기호도 검사 결과 외관, 향, 고소함은 대조군과 대체군 간에 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 20-30% 대체군이 질감, 맛, 전반적인 기호도에서 가장 높은 선호도를 보였다.

이상의 결과로 유청 분말의 첨가가 브라우니의 향산화 특성을 향상시키면서 물성을 개선하는 것을 확인할 수 있었으며, 외관의 유지와 선호도를 고려하면 밀가루 함량의 20% 수준에서 대체하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

감사의 글

본 연구는 2020년도 상명대학교 교내연구비를 지원받아 수행하였습니다.

References

- AACC. Approved methods of the AACC. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA (2000)
- Abubakar A, Saito T, Kitazawa H, Kawai Y, Itoh T. Structural analysis of new antihypertensive peptides derived from cheese whey protein by proteinase K digestion. *J. Dairy Sci.* 81: 3131-3138 (1998)
- AOAC. Official method of analysis of AOAC International. 21st ed. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MA, USA (2019)
- Alais, C. Dairy science: principles of dairy techniques. 3rd ed., pp. 807 (1975)
- Bae JH, Jung IC. Quality characteristics of muffins added with buckwheat powder. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 23: 430-436 (2013)
- Blois MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200 (1958)
- Bounous G. Whey protein concentrate (WPC) and glutathione modulation in cancer treatment. *Anticancer Res.* 20: 4785-4792 (2000)
- Chae YC. Quality Characteristics of meat protein brownie for senior dessert. *Culi Sci & Hos. Res.* 26: 27-35 (2020)
- Choi SH, Hwang ES. Quality characteristics and antioxidant activity of chocolate containing Chinese artichoke (*Stachys Sieboldii* Miq.) Powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 47: 39-45 (2018)
- Chung HJ. Quality characteristics of low-fat muffins containing whey protein concentrate. *Korean J. Food Cook. Sci.* 22: 890-897 (2006)
- Clemente A. Enzymatic protein hydrolysates in human nutrition. *Trends Food Sci. Technol.* 11:254-262 (2000)
- Counet C, Callemien D, Collin S. Chocolate and cocoa: New sources of trans-resveratrol and trans-piceid. *Food Chem.* 98: 649-657 (2006)
- Dorie G. Baking with julia. 1st ed., p. 331, William Morrow and Company, Inc., New York, NY, USA (1996)
- Erdogdu-Arnoczky N, Czuchajowska Z, Pomeranz Y. Functionary of whey band casein in fermentation and in bread baking by fixed and optimized procedures. *Cereal Chem.* 73: 309-316 (1996)
- Fernandes VA, Muller AJ, Sandoval AJ. Thermal, structural and rheological characteristics of dark chocolate with different compositions. *J. Food Eng.* 116: 97-108 (2013)
- Gallardo-Escamill FJ, Kelly AL, Delahunty CM. Sensory characteristics and related volatile flavor compound profiles of different types of whey. *J. Dairy Sci.* 88: 2689-2699 (2005)
- Giuberti G, Marti A, Fortunati P, Gallo A. Gluten free rice cookies with resistant starch ingredients from modified waxy rice starches: Nutritional aspects and textural characteristics. *J. Cereal Sci.* 76: 157-164 (2017)
- In YM, Jung IK. A review on the change of physicochemical quality during heating of milk. *J. Korean Dairy Technol. Sci.* 19: 13-21 (2001)
- Jakubowicz D, Froy O, Ahrén B, Boaz M, Landau Z, Bar-Dayán Y, Ganz T, Barnea M, Wainstein J. Incretin, insulinotropic and glucose-lowering effects of whey protein pre-load in type 2 diabetes: A randomised clinical trial. *Diabetologia* 57: 1807-1811 (2014)
- Jung KT, Park BG, Lee MH. Quality characteristics of sourdough bread using fermented fig. *Culi Sci. & Hos. Res.* 23:56-65 (2017)
- Kalman DS. Amino acid composition of an organic brown rice protein concentrate and isolate compared to soy and whey concentrates and isolates. *Foods.* 3: 394-402 (2014)
- Kim CH. Quality characteristics of low-fat butter sponge cakes prepared with whey protein isolate. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42: 165-174 (2010)
- Kim DS, Choi BB, Kim YS. The effect of Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) flour addition on physical properties and retarding retrogradation by shelf-life of muffin. *Culi Sci & Hos. Res.* 26: 150-163 (2020)
- Kim YM, Han YS. Antioxidant activities and quality characteristics of chocolate containing chopi (*Zanthoxylum piperitum* DC.) leaf powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 48: 64-72 (2019)
- Kim SG, Kim SY, Kang KO. Quality characteristics of yellow layer cake containing Yacon powder. *J. East Asian Soc. Diet. Life* 22: 378-385 (2012)
- Kim KP, Kim KH, Yook HS. Quality characteristics of castella with panax ginseng sprout powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45: 711-716 (2016)
- Kim YA, Ko JY, Yoo SR, Jang SG, Kang SH, Han DW, Seo JH. Quality characteristics of white pan bread with different water type. *Culi Sci. & Hos. Res.* 24: 104-112 (2018)
- Kim BG, Park NY, Lee SH. Quality characteristics and antioxidative activity of muffins added with coffee ground residue water extract and powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 45: 76-83 (2016)
- Ko DY, Hong HY. Quality characteristics of muffins containing Bokbunja (*Rubus coreus* Miquel) powder. *J. East Asian Soc. Diet. Life* 21: 863-870 (2011)
- Lee KW, Kim YJ, Lee HJ, Lee CY. Cocoa has more phenolic phytochemicals and a higher antioxidant capacity than teas and red wine. *J. Agric. Food Chem.* 51: 7292-7295 (2003)
- Lee ES, Kum JY, Hwang YO, Tu OJ, Jo HB, Kim JH, Chae YZ. Comparative study on antioxidant capacities and polyphenolic contents of commercially available cocoa-containing products. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 1356-1362 (2012)
- Lee JH, Lee SK. Effect of whey ferment cultured by *L. acidophilus* KCCM 32820 and *P. freudenreichii* KCCM 31227 on rheological properties of bread dough. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 38: 795-800 (2009)
- Lee PR, O HB, Kim SY, Kim YS. Quality characteristics and antioxidant activities of chocolate with rhubarb (*Rheum palmatum* L.) powder and extract. *Culi. Sci. & Hos. Res.* 25: 13-24 (2019)
- Lee JK, Oh MS. Quality characteristics of sponge cakes with various sugar acohols. *J. Korean Soc. Food Cult.* 25: 615-624 (2010)
- Liu SC, Yang DJ, Jin SY, Hsu CH, Chen SL. Kinetics of color development, pH decreasing, and anti-oxidative activity reduction of Maillard reaction in galactose/glycine model systems. *Food Chem.* 108:533-541 (2008)
- Luccaa PA, Tepper BJ. Fat replacers and the functionality of fat in foods. *Trends Food Sci. Technol.* 5:12-19 (1994)
- Main A. Fermented dairy products as food ingredients. *Food Res.* 51: 120-125 (1991)
- Miller KB, Stuart DA, Smith NL, Lee CY, Mchale NL, Flanagan JA, Ou B, Hurst WJ. Antioxidant activity and polyphenol and procyanidin contents of selected commercially available cocoa-containing and chocolate products in the United States. *J. Agric. Food Chem.* 54: 4062-4068 (2006)
- Murphy KJ, Chronopoulos AK. Dietary flavonols and procyanidin oligomers from cocoa (*Theobroma cacao*) inhibit platelet function. *Am. J. Clin. Nutr.* 77: 1466-1471 (2003)
- Park GS. Optimization of muffin preparation upon addition of jerusalem artichoke powder and oligosaccharide by response surface methodology. *J. Korean Soc. Food Cult.* 29: 101-110 (2014)
- Park JK, Huh CK, Gim DW, Kim YJ, Kim SH, Kwon YK, Bae D, Kim YD. Quality characteristics of whey makgeolli vinegar pro-

- duced using *Acetobacter pomorum* IWV-03. Korean J. Food Sci. Technol. 50: 61-68 (2018)
- Pihlanto A. Antioxidative peptides derived from milk proteins. Int. Dairy J. 16: 1306-1314 (2006)
- Ramirez-Jimenez A, Guerra-Hernandez E, Garcia-Villanova B. Browning indicators in bread. J. Agric. Food Chem. 48: 4176-4181 (2000)
- Ronda F, Gómez M, Caballero PA, Oliete B, Blanco CA. Improvement of quality of gluten-free layer cakes. Food Sci. Technol. Int. 5: 193-202 (2009)
- Ronsivalli LJ, Vieira ER. Elementary food science, 3rd ed., pp. 226, Van Nostrand Reinhold Co., New York, NY, USA (1990)
- Serdaroğlu M, Özsümer MS. Effects of soy protein, whey powder and wheat gluten on quality characteristics of cooked beef sausages formulated with 5, 10 and 20% fat. Electron. J. Pol. Agric. Univ. 6(2): 03 (2003)
- Vlachopoulos C, Aznaouridis K, Alexopoulos N, Economou E, Andreadou I, Stefanadis C. Effect of dark chocolate on arterial function in healthy individuals. Am. J. Hypertens. 18: 785-791 (2005)
- Walzem RL, Dillard CJ, German JB. Whey components: millennia of evaluation creat functionalities for mammalian nutrition: What we know and what we may be overlooking. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 42: 353-375 (2002)
- Yeom KH, Kim JH, Lee JH, Bae YH, Chun SS. Quality characteristics and consumer acceptability of brownies with rice bran dietary fiber. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 45:1823-1829 (2016)
- Yoo SS, Jeong HC. Quality characteristics of pound cake with added mulberry fruit powder. J. East Asian Soc. Diet. Life 22: 239-245 (2012)
- Yoon MH, Kim KH, Hwang HR, Jo JE, Kim MS, Yook HS. Quality characteristics and antioxidant activity of chocolate containing flowering cherry (*Prunus serrulata* L. var. spontanea Max. wils.) fruit powder. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 38: 1600-1605 (2009)