

검은깨를 첨가한 마카롱의 품질특성 및 항산화 활성

김수진 · 김다희 · 백승연 · 박영미 · 김미리

충남대학교 식품영양학과

Quality Characteristics and Antioxidant Activities of Macaron Added with Black Sesame

Su Jin Kim, Da Hee Kim, Seong Yeon Baek, Young Mi Park, and Mee Ree Kim

Department of Food & Nutrition, Chungnam National University

ABSTRACT The aim of the study was to assess the benefits of fortifying macarons with black sesame powder, which is high in biological activity. Macarons were fortified by adding varying amounts of black sesame powder, and the physicochemical properties and antioxidant activities of the end products were evaluated. The moisture content and weight of macarons were higher in the black sesame additive group than in the control group, whereas the volume and spread ratio were lower. The soluble solid content and reducing sugar content were the lowest in the control group and increased with the addition of the black sesame. The pH was observed to be 6.89~7.16 in both the control and the black sesame additive groups. The L, a, and b values on the Hunter color system significantly varied from the control group with the addition of black sesame. The texture of the macarons in the black sesame additive group showed a decreased hardness, gumminess, and chewiness. Macarons in the black sesame additive group were observed to have higher total phenol and flavonoid content as compared to the control group. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity and superoxide dismutase (SOD)-like activity increased due to the addition of black sesame, thus resulting in higher antioxidant activity. The overall acceptability for the 30% black sesame additive group was the best in the sensory properties test. We conclude that the addition of black sesame powder has a positive effect on the antioxidant activities and sensory properties of macarons.

Key words: macaron, black sesame, quality characteristics, antioxidant activities

서 론

참깨과에 속하는 검은깨(*Sesamum indicum* L.)는 흑임자, 검정깨, 흑지마라고도 불린다. 이외에도 참깨 종자는 백색, 황색, 갈색 등 종피의 색이 다양하며 이러한 품종에 따라 유효성분 함량에 차이가 보고되었다(Kim 등, 2014). 탄수화물, 단백질, 지방질, 리그난 등 구성성분도 차이가 있는데, 그중 검은깨는 흰깨에 비해 유지 함유량은 적으나 방향성이 풍부하고 맛이 좋아 우리나라에서는 예로부터 조미료뿐 아니라 강정과 다식에 독특한 맛과 색을 내기 위해 식용 및 약용으로 이용되어왔다(Ahn 등, 1992). 또한, 흰깨에 비해 철분이 더 많아 약효가 높으며 안토시아닌과 탄닌이 풍부하게 들어있다고 알려져 있다(Nam과 Chung, 2008). 안토시아닌은 가장 강력한 항산화 활성을 가진 플라보노이드계 피토

케미컬로 노화억제, 항암작용, 항균작용, 돌연변이성 억제 작용, 시력 향상 등 여러 가지 생리 활성이 있다(Ramarathnam 등, 1995; Shyu와 Hwang, 2002). 이전에는 검은색 색소의 경우 상품 가치 하락 등의 이유로 기피하였으나 검은색 성분의 강력한 항산화 활성이 밝혀지면서 흑미, 검은콩, 흑마늘 등이 식품 이용에서 볼 수 있듯이 오히려 색소가 풍부한 식재료들은 색소의 항산화 활성과 기능성 물질의 함량이 높아 건강식품으로 소비자들 사이에서 인기를 끌고 있다(Chung과 Lee, 2003).

검은깨의 주성분은 지방질과 단백질이며 식물성 지방은 리놀레산, 리놀렌산, 올레인산 등의 불포화 지방산으로 콜레스테롤 수치를 떨어뜨리고 동맥경화 방지에도 효과적이다(Lee, 2004). 검은깨는 식물성 지방 이외에 지질대사에 관련된 물질이 들어있고, 혈액과 세포막 등의 지방 산화를 억제하는 토코페놀, 리그난, 셀레늄 등이 함유되어 있다(Seo와 Lee, 2013). Fukuda 등(1985)의 연구에 의하면 참깨 아세톤 추출물에서 얻은 세사몰, 세사민, 토코페놀과 세사몰의 결합 형태인 세사몰린 등의 리그난 성분은 *in vitro*에서 높은 항산화 활성을 나타내는 것으로 보고되었다. 이외에도 검은깨는 비타민 A, B1, B2, C, E 및 칼슘, 철이 풍부하다

Received 12 August 2020; Accepted 23 November 2020

Corresponding author: Mee Ree Kim, Department of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea, E-mail: mrkim@cnu.ac.kr

Author information: Su Jin Kim (Graduate student), Da Hee Kim (Graduate student), Seung Yeon Baek (Graduate student), Young Mi Park (Graduate student), Mee Ree Kim (Professor)

(Hosseinian 등, 2006).

본래 식품은 1차적 기능인 단순히 생명 유지에 필요한 영양을 공급해 주는 것이 주된 목적이었으나, 산업의 발달에 따라 2차적으로 영양, 맛, 색 등의 기호를 만족시켜주는 식품의 기호성에 대한 관심이 집중되었다. 그러나 최근에는 현대 산업 사회의 급속한 발전과 함께 식품에 대한 연구가 발전됨에 따라 식품의 영양이나 맛 이외에도 신체에 생리적 활성을 부여하고 항산화, 면역, 항노화 등 생리적 조절 기능을 갖춘 3차적인 기능을 요구하고 있다(Moon, 2016). 디저트 시장은 디저트에 대한 소비자들의 관심과 외식문화의 발달로 빠르게 발달하고 있다. 건강을 지향하는 추세에 따라 이에 생리활성을 가진 다양한 천연 소재를 접목시킨 식품개발과 상품화에 대한 관심이 지속되면서 이를 이용한 빵, 쿠키 같은 디저트 개발이 활발히 진행되고 있다(Park 등, 2018).

따라서 현재 검은깨를 양갱(Seo와 Lee, 2013), 쿠키(Lim과 Lee, 2015), 식빵(Choi와 Chung, 2005) 등에 부재료로 첨가하여 품질 특성에 미치는 영향에 관한 연구가 보고된 바 있다. 마카롱은 밀가루가 들어가지 않는 쿠키류로 아몬드 분말, 달걀흰자, 설탕을 주재료로 하여 고소한 맛과 촉촉하고 부드러운 식감이 특징이며 서양에서는 고급 디저트로 알려져 있다(Kim과 Sim, 2017). 고급 제과류를 선호하는 소비자들 증가함에 따라 마카롱의 소비량은 꾸준히 증가하고 있으며, 우리나라와 유럽뿐 아니라 전 세계에서 고급 디저트로 주목받고 있다(Lee 등, 2015). 그러나 현재 마카롱에 관한 연구는 없는 실정이며 검은깨가 지니고 있는 고유의 맛과 향을 부여하여 기호성을 높이고, 다양한 생리활성으로 검은깨의 기능성 소재로서 충분한 가치가 보고됨에 따라 건강 및 기능성 등의 소비자들의 다양한 욕구를 충족시키고자 검은깨 분말을 마카롱에 첨가하여 더욱 기능적이면서 다양하게 활용하고자 하였다. 이를 바탕으로 품질 특성 및 항산화 활성을 측정하고 관능평가를 실시함으로써 검은깨의 다양한 영역으로의 활용과 상품적 가치를 검토한 후, 적절한 검은깨 분말 첨가 비율을 제시하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 검은깨 분말(Kumho Food Co., Ltd., Okcheon, Korea)은 대상베스트코 오정점에서 구입하여 사용하였고, 아몬드 분말(G&M Food System, Gyeongsan, Korea), 슈가파우더(Saerom Food, Icheon, Korea), 달걀(Happiness Egg, Daejeon, Korea), 설탕(CJ CheilJedang, Incheon, Korea)을 사용하여 제조하였다.

마카롱 코크의 제조

마카롱은 검은깨 분말을 아몬드 분말의 15%, 30%, 45%씩 각각 다른 비율로 첨가하여 이탈리아 머랭법으로 제조했으며 재료 배합비는 Table 1과 같다. 동량의 아몬드 분말과

Table 1. Formulas for the macaron added with different ratio of black sesame powder

Ingredients (g)		Black sesame powder (%)			
		0	15	30	45
Syrup	Sugar	60	60	60	60
	Water	18.5	18.5	18.5	18.5
Meringue	White egg	24	24	24	24
	Sugar	6	6	6	6
Paste	Almond powder	60	51	42	33
	Black sesame powder	0	9	18	27
	Sugar powder	60	60	60	60
	White egg	24	24	24	24
Total		252.5	252.5	252.5	252.5

슈가파우더를 섞은 후, 달걀흰자와 혼합하여 아몬드 페이스트를 만들었다. 달걀흰자를 믹서기(KMC510, De'Longhi-Kenwood Appliance Co., Ltd., Treviso, Italy)로 1단에서 30초간 섞은 후 설탕을 넣고 다시 3단에서 2분간 섞었다. 70%정도 거품에 도달하면 머랭에 물과 설탕을 넣고 118°C에서 만든 시럽을 천천히 부어 이탈리아 머랭을 완성시켰다. 아몬드 페이스트에 이탈리아 머랭을 3회에 걸쳐 섞은 후 마카로나주를 50회 반복을 통해 완성하였다. 찰주머니에 담아 일정한 무게로 짜서 실온에서 30분간 표면을 건조한 다음 150°C로 예열한 오븐(Briox Facile, Gierre, Milano, Italy)에서 7분 구운 후 위치를 180도 돌려 8분간 구웠다. 완성된 마카롱 코크는 실온에서 1시간 냉각하여 시료로 사용하였다.

수분함량

수분함량은 마카롱 내부를 약 1.0 g 칭량하여 적외선 수분 측정기(FD-660, Kett Electric Laboratory, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정했다.

무게, 부피, 퍼짐성

일정한 마카롱 반죽의 무게로 마카롱 코크를 제조하여 실온에서 완전히 식힌 후 무게는 전자저울(KS-514PK, Drettec Co., Ltd., Koshigaya, Japan)로 소수 둘째 자리까지 측정하였다. 부피는 종자 치환법(AACC, 1995b)에 의해 비커에 시료를 담아 떨어진 좁쌀을 눈금 실린더로 3회 반복 측정하여 평균값을 내었다. 퍼짐성은 마카롱의 직경과 높이를 측정하여 아래와 같은 공식을 통해 계산하였다(AACC, 1995a).

$$\text{퍼짐성 지수 (spread factor)} = \frac{\text{쿠키 6개의 평균 너비 (mm)}}{\text{쿠키 6개의 평균 두께 (mm)}}$$

당도, 환원당, pH

분쇄한 마카롱 시료 5 g과 증류수 45 mL를 혼합하여 sonication(Powersonic 420, Hwashin Technology, Gwangju, Korea)에서 교반시킨 후(40°C, 30 min) 원심분리 하여

다(Combi-514R, Hanil, Hwaseong, Korea)(3,000 rpm, 4°C, 20 min). 상등액을 취하여 당도계(SCM-1000, Hando Co., Ltd., Daegu, Korea)로 가용성 고형분 함량을 측정하였다. 환원당은 당도와 동일한 시료를 dinitrosalicylic acid (DNS)에 의한 비색법에 의해 550 nm에서 흡광도를 측정하였다(Epoch Microplate Spectrophotometer, BioTek Instruments, Winooski, VT, USA). 표준곡선은 포도당(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 농도별로 반응시켜 사용하였다. pH는 당도와 동일한 시료를 meter(420 Benchtop, Orion Research Inc., Beverly, MA, USA)로 상등액을 측정하였다.

색도

분쇄한 마카롱 시료 10 g을 취해 페트리디쉬(50×12 mm)에 평평하게 담아 색차계(CM-600, Konica Minolta Sensing, Inc., Tokyo, Japan)로 측정했다. Standard color value는 L(lightness)값 99.37, a(redness)값 -0.14, b(yellowness)값 -0.08인 calibration plate를 표준으로 사용하여 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

기계적 조직감

Texture analyser(TA/XT2, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK)를 사용하여 마카롱의 중앙부를 연속 2회 압축 시험했을 때 얻어지는 힘-시간 곡선으로부터 경도, 탄력성, 응집성, 검성, 씹힘성, 회복력을 측정하였다. 지름이 5 mm인 plunger(SMS P/5)를 사용하여 측정조건은 pre-test speed, post-test speed 및 test speed를 2.0 mm/s로 통일하고 압축 시 변형률은 20%로 하였다.

총 페놀성 화합물 함량

분쇄한 마카롱 시료 5 g과 메탄올 50 mL를 4시간 동안 교반(Hwashin Technology)하여 24시간 동안 추출하였다. 이를 감압농축기(EYELA SB-1000, Tokyo Rikakikai Co., Ltd., Tokyo, Japan)로 용매를 휘발하여 농축된 추출물만 얻었다. 시료 용액은 각각의 추출물 200 mg에 1 mL의 메탄올을 넣어 200 mg/mL 농도로 제조하였다. 시료 50 µL에 증류수 50 µL와 0.2 N Folin-Ciocalteu reagent 500 µL를 넣고 5분간 반응시킨 후, 7.5% Na₂CO₃ 400 µL를 넣고 암실에서 30분간 반응시키고 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 포화 tannic acid(Yakuri Pure Chemicals Co., Ltd., Kyoto, Japan)를 사용하였다.

플라보노이드 함량

총 페놀 함량 실험에서 제조한 200 mg/mL 농도의 추출물 용액을 시료 용액으로 동일하게 사용하여 측정하였다. 시료 100 µL에 90% diethylene glycol 0.9 mL, 1 N NaOH 20 µL를 넣고 37°C water bath(VS-1205W, Vision Scientific Co., Ltd., Daejeon, Korea)에서 1시간 동안 반응시킨 뒤

420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준곡선은 tannic acid (Yakuri Pure Chemicals Co., Ltd.)를 사용하였다.

DPPH 라디칼 소거능

총 페놀 함량 실험에서 제조한 200 mg/mL 농도의 추출물 용액을 시료 용액으로 동일하게 사용하였다. 시료 용액을 농도별로 희석하여 희석용액 50 µL에 1.5×10^{-4} mM DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 용액 150 µL를 넣고 암실에서 30분 동안 반응시킨 후 515 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능 식을 통해 DPPH 라디칼 소거능(%)을 계산하고 농도별 라디칼 소거능에 대한 검량선에서 DPPH 라디칼 소거능이 50%가 되는 농도인 IC₅₀값을 구하였다(Goldstein 등, 1979).

SOD 유사 활성

총 페놀 함량 실험에서 제조한 200 mg/mL 농도의 추출물 용액을 시료 용액으로 동일하게 사용하여 측정하였다. 시료 용액을 농도별로 희석하여 희석용액 40 µL에 Tris-HCl의 완충용액(50 mM Tris+10 mM EDTA, pH 8.5) 260 µL와 7.2 mM pyrogallol 20 µL를 넣고 25°C에서 10분간 반응시켰다. 1 N HCl 0.1 mL를 가하여 반응을 정지시키고 산화된 pyrogallol의 양을 420 nm에서 흡광도로 측정하였다. 시료 첨가구와 무첨가구 사이의 흡광도 차이를 백분율로 나타내어 SOD 유사 활성을 계산하였다(Marklund와 Marklund, 1974).

관능평가

검은깨 분말을 첨가한 마카롱의 관능적 특성을 알아보고 적절한 첨가 비율과 제조조건을 제시하기 위해 마카롱의 특성 강도를 평가하였다(충남대학교 생명윤리위원회 생명윤리 면제심의 윤리면제 승인번호: 202006-SB-075-01). 실험의 취지를 이해하고 이에 동의한 충남대학교 식품영양학과 학생 중 검사 방법 및 관능적 품질 특성에 대한 교육과 예비검사를 통해 8명을 관능검사 요원으로 선발하였다. 모든 시료마다 무작위로 조합된 3자리 숫자의 난수표를 제시했으며 시료는 동일 크기로 자른 후에 일회용 접시에 담아서 제공되었다. 7점 척도법으로 평가(1점: 매우 약함, 7점: 매우 강함)했으며 평가항목은 시료의 외관[색(color), 매끄러운 정도(smooth)], 향[고소한 향(nutty aroma), 단향(sweet aroma)], 맛[고소한 맛(nutty taste), 단맛(sweetness)], 조직감[촉촉한 정도(moisture), 경도(hardness), 씹힘성(chewiness), 텁텁함(Dull)], 전반적인 수용도(overall acceptability)로 나누어 실시하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복하여 측정하였고 실험결과는 SPSS 24.0(Statistical Package for Social Science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) software package 프로그램 중에서 기

숯통계를 실시하여 평균과 표준편차를 구하여 나타냈다. 분산분석(ANOVA)을 수행하여 유의적인 차이가 있는 경우, Duncan's multiple range test를 이용하여 사후검정하였다 ($P < 0.05$).

결과 및 고찰

수분함량

검은깨를 첨가한 마카롱의 수분함량 결과는 Table 2와 같다. 대조군이 10.22%로 가장 낮았으며 검은깨 15% 첨가군은 10.31%, 30% 첨가군은 10.39%, 45% 첨가군은 11.35%로 검은깨 분말의 첨가량이 많아짐에 따라 수분함량이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 아몬드(14.5%)에 비해 상대적으로 높은 검은깨의 식이섬유(19.3%)로 인해 식이섬유가 수분 보유력을 가져 검은깨를 첨가한 마카롱에서 수분이 더 높게 측정되는 것으로 생각된다. 또한, 검은깨 분말의 첨가량이 증가함에 따라 퍼짐성의 감소로 인해 표면적이 감소하여 오븐 내 마카롱 반죽으로부터 수분증발이 저하되었기 때문으로 판단된다(Lim과 Lee, 2015). 호박씨 가루를 대체한 마카롱(Hong과 Yoon, 2020)과 흑삼 분말을 첨가한 마카롱에서도 부재료의 특성으로 인해 수분함량이 증가하는 것으로 나타났다(Peom, 2013).

무게, 부피, 퍼짐성

검은깨를 첨가한 마카롱의 무게 및 부피 결과는 Table 2와 같다. 무게는 대조군이 9.73 g, 15% 첨가군이 9.90 g, 30% 첨가군이 10.27 g, 45% 첨가군이 11.03 g으로 검은깨 첨가 비율에 따라 증가하였고, 이는 마카롱 내부의 수분 보유력의 증가로 인해 수분함량에 영향을 받은 것으로 나타났

다. 부피는 무게와 반대의 경향을 보여 대조군이 27.33 mL로 가장 컸으며, 첨가군은 15% 첨가군이 25.93 mL, 30% 첨가군이 23.17 mL, 45% 첨가군이 21.00 mL로 검은깨 분말을 첨가할수록 감소하는 것으로 나타나 검은깨 분말의 첨가가 무게의 증가와 부피의 감소에 영향을 주는 것으로 사료된다. 퍼짐성은 대조군 4.26, 15% 첨가군 4.06, 30% 첨가군 3.90, 45% 첨가군 3.67로 검은깨의 첨가 비율에 따라 낮게 측정되었다. 퍼짐성은 반죽을 성형 후에 오븐에서 굽는 과정을 통해 반죽의 두께가 감소하고 직경이 커지는 것이다(Curley와 Hosene, 1984). 퍼짐성은 반죽의 점성, 수분함량, 부재료의 이화학적 특성 및 첨가량에 영향을 받는데 반죽에 들어가는 부재료의 식이섬유소 함량이 높으면 수분함량은 증가하나 식이섬유소가 수분을 흡착하여 반죽이 유동성에 필요한 일정한 점도를 유지할 수 있는 유효수분의 양이 감소하므로 퍼짐성이 감소한다(Miller 등, 1997; Peom, 2013).

당도, 환원당, pH

검은깨를 첨가한 마카롱의 당도, 환원당, pH 결과는 Table 3과 같다. 당도는 대조군이 6.40°Brix, 15% 첨가군이 6.60°Brix, 30% 첨가군이 6.80°Brix, 45% 첨가군이 6.90°Brix로 검은깨 첨가 비율이 높아질수록 당도가 증가했다. 환원당은 대조군이 1.61%로 당도와 마찬가지로 가장 낮은 값을 보였으며 15% 첨가군은 1.78%, 30% 첨가군은 2.49%, 45% 첨가군은 2.90%로 검은깨 첨가량에 따라 유의적으로 증가하였다($P < 0.05$). 환원당은 탄수화물을 함유한 제품의 제조과정 중 고분자의 탄수화물이 이당류나 단당류로 분해된 것으로 지속적인 열분해가 진행된다면 환원당 함량이 증가한다(Lee 등, 2003). 따라서 검은깨의 당과 탄수화

Table 2. Moisture content, weight, volume, and spread ratio of macaron added with black sesame powder

	Black sesame powder (%)			
	0	15	30	45
Moisture content (%)	10.22±0.40 ^{b1)2)}	10.31±0.03 ^b	10.39±0.21 ^b	11.35±0.39 ^a
Weight (g)	9.73±0.06 ^d	9.90±0.10 ^c	10.27±0.06 ^b	11.03±0.06 ^a
Volume (mL)	27.33±0.58 ^a	25.93±1.79 ^a	23.17±0.58 ^b	21.00±1.00 ^c
Spread ratio	4.26±0.10 ^a	4.06±0.31 ^{ab}	3.90±0.16 ^{bc}	3.67±0.17 ^c

¹⁾All values are mean±SD.

²⁾Different letters (a-d) in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

Table 3. Soluble solid content, reducing sugar content, pH, and color value of macaron added with black sesame powder

	Black sesame powder (%)			
	0	15	30	45
Soluble solid content (°Brix)	6.40±0.00 ^{d1)2)}	6.60±0.00 ^c	6.80±0.00 ^b	6.90±0.00 ^a
Reducing sugar content (%)	1.61±0.02 ^d	1.78±0.04 ^c	2.49±0.04 ^b	2.90±0.02 ^a
pH	7.16±0.04 ^a	7.08±0.02 ^b	6.97±0.07 ^b	6.89±0.01 ^c
Color value				
L (lightness)	86.51±0.06 ^a	84.88±0.08 ^b	82.32±0.08 ^c	79.46±0.04 ^d
a (redness)	2.55±0.03 ^a	0.49±0.00 ^b	0.46±0.03 ^b	0.34±0.01 ^c
b (yellowness)	16.43±0.04 ^a	8.79±0.05 ^b	7.22±0.20 ^c	5.74±0.02 ^d

¹⁾All values are mean±SD.

²⁾Different letters (a-d) in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

물의 함량이 27.42%로 아몬드 24.77%에 비해 높았기 때문에 당도와 환원당 함량이 검은깨를 첨가한 마카롱에서 증가하는 것으로 생각된다(NAAS, 2016). 이러한 환원당의 함유는 식품의 품질 및 갈변화에 많은 영향을 줄 수 있는데, 환원당에 의한 메일라드 반응은 단백질을 중합시킬 뿐 아니라 가공 중 향미 생성에도 영향을 미치며 식품의 품질 및 갈변화에 많은 영향을 줄 수 있다(Kim, 2004). 마카롱 제조 시 설탕은 난백의 기포성과 안정성에 영향을 미쳐 머랭의 점도를 높이고 거품이 형성되는 시간을 증가시키므로써 난백의 기포 형성력을 저하시키는데, 이는 부피의 감소와도 관련 있는 것으로 사료된다(Kim과 Sim, 2017).

pH는 검은깨를 첨가하지 않은 대조군이 7.16으로 가장 높았으나, 15% 첨가군이 7.08, 30% 첨가군이 6.97, 45% 첨가군이 6.89로 검은깨 분말의 첨가량이 증가할수록 낮게 측정되었다. 이는 가시과래를 첨가한 마카롱에서 가시과래를 1~5% 수준으로 첨가한 것과 유사한 수치였다(Baek 등, 2019). 앞서 언급한 바와 같이 숙성이나 발효 등의 작용으로 고분자의 탄수화물이 이당류나 단당류로 분해되며, 고온의 열처리 시 최종적으로 단당류가 유기산으로 분해된다(Aida 등, 2007). 따라서 이는 검은깨 첨가 비율이 증가할수록 당 함량이 증가함에 따라 이들이 열분해되어 pH와 산도에 영향을 준 것으로 사료된다. 제과 제품에서 반죽의 pH는 난백의 기포형성과 안정성에 영향을 주는데 pH가 낮아질수록 부피와 퍼짐성이 저하되는 것으로 나타났다(Park 등, 2020).

색도

검은깨를 첨가한 마카롱의 색도 결과는 Table 3과 같다. 명도를 나타내는 L값은 대조군이 86.51이었으며 첨가군은 검은깨 분말이 증가할수록 각각 84.88, 82.32, 79.46으로 명도가 유의적으로 낮아졌다($P < 0.05$). a값은 대조군이 2.55로 가장 높은 적색도 값을 보였으며 첨가군은 0.49, 0.46, 0.34로 감소하는 경향을 나타냈다. b값은 대조군이 16.43으로 가장 높은 황색도 값을 보였으며 첨가군은 각각 8.79, 7.22, 5.74로 검은깨 분말의 첨가량에 비례하여 감소하는 경향을 보였다. 본 실험의 결과는 명도, 적색도, 황색도 모두 감소하였으며, 이는 흑임자 분말을 첨가한 쿠키(Lim과 Lee, 2015), 식빵(Choi와 Chung, 2005)과 부재료에 따른 색도의

결과가 일치하였다. 이는 안토시아닌과 탄닌계 색소가 풍부하게 들어있는 흑색의 검은깨 분말에 기인한 것으로(Nam과 Chung, 2008) 다양한 연구 결과를 통해 안토시아닌 및 탄닌계 색소들이 DNA 손상 및 발암 억제, 항산화 활성 등의 생리활성효과를 보이는 것으로 밝혀져 최근 산업적 및 학술적으로 주목받고 있다(Esdribano-Bailon 등, 2004). 이전에는 검은색 색소의 경우 상품 가치 하락 등의 이유로 기피하였으나, 검은색 성분의 강력한 항산화 활성이 밝혀지면서 흑미, 검은콩, 흑마늘 등이 식품 이용에서 볼 수 있듯이 오히려 색소가 풍부한 식재료들은 색소의 항산화 활성과 기능성 물질의 함량이 높아 건강식품으로 소비자들 사이에서 인기를 끌고 있다(Chung과 Lee, 2003).

기계적 조직감

검은깨를 첨가한 마카롱의 기계적 조직감 결과는 Table 4와 같다. 경도는 검은깨를 첨가하지 않은 대조군에서 680.77 g으로 가장 높게 나타났으며, 검은깨 첨가량에 따라 유의적으로 감소하여 15%, 30%, 45% 첨가군이 각각 476.11 g, 426.81 g, 311.74 g으로 나타났다($P < 0.05$). 검은깨 분말의 높은 지질 함량으로 머랭의 부피 유지력이 감소하고 마카롱의 조직 형성에 방해가 받아 조직의 결합이 잘 이루어지지 않은 것으로 사료된다(Lee 등, 2015). 흑임자 분말을 첨가한 쿠키에서도 이와 같은 경향을 보였으며(Lim과 Lee, 2015), 다른 부재료를 첨가한 마카롱에서는 호박씨 가루(Hong과 Yoon, 2020)와 땅콩 분말(Park 등, 2020)을 첨가한 마카롱에서 유사한 양상을 보였다. 동일한 조건으로 측정된 땅콩분말 첨가 마카롱의 30% 첨가군에 비해 검은깨 분말 30% 첨가군의 경도가 약간 낮은 수준이었다. 탄력성은 대조군이 0.45, 첨가군이 0.33~0.40으로 검은깨 첨가량에 따른 시료간의 유의적인 차이는 없었다($P > 0.05$). 응집성은 대조군이 0.17, 검은깨 첨가군이 0.15로 모두 동일한 값을 보여 통계적으로 대조군과 첨가군 사이에 유의적인 차이는 없었다($P > 0.05$). 겹침성은 대조군이 113.62로 가장 높았고, 15% 첨가군이 71.26, 30% 첨가군이 61.74, 45% 첨가군이 44.63으로 검은깨 첨가량에 따라 감소하였다. 씹힘성은 15~45% 첨가군이 14.95~28.44로 나타나 대조군의 53.42에 비해 낮게 측정되었다. 회복력은 대조군이 0.04였고 15~45% 첨

Table 4. Texture analysis of macaron added with black sesame powder

	Black sesame powder (%)			
	0	15	30	45
Hardness (g)	680.77±15.67 ^{a1)2)}	476.11±20.16 ^b	426.81±18.20 ^c	311.74±47.25 ^d
Springiness	0.45±0.10 ^{NS3)}	0.40±0.03	0.37±0.08	0.33±0.03
Cohesiveness	0.17±0.04 ^{NS}	0.15±0.03	0.15±0.02	0.15±0.03
Gumminess	113.62±26.85 ^a	71.26±15.25 ^b	61.74±4.96 ^b	44.63±1.07 ^b
Chewiness	53.42±23.93 ^a	28.44±7.14 ^b	22.64±4.57 ^b	14.95±1.52 ^b
Resilience	0.04±0.01 ^{NS}	0.03±0.01	0.03±0.00	0.03±0.01

¹⁾All values are mean±SD.

²⁾Different letters (a-d) in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test at $P < 0.05$.

³⁾NS: not significant.

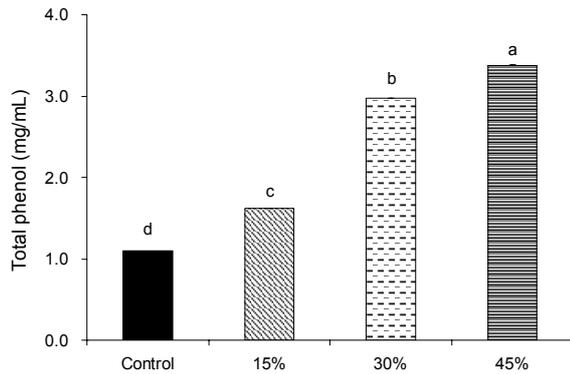


Fig. 1. Total phenol content of macaron added with black sesame powder. All values are mean±SD. Different letters (a-d) above the bars are significantly different by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

가군은 0.03으로 모두 동일하였으며, 검은깨 첨가가 회복력에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료되었다. 결론적으로 검은깨 분말로 대체하여 마카롱을 제조하였을 때, 마카롱의 조직감 특성에서 탄력성, 응집성, 회복력에는 검은깨 분말이 영향을 미치지 않으나, 경도, 검성, 씹힘성은 검은깨 분말의 첨가량에 따라 감소하여 검은깨 분말을 첨가하지 않은 대조군보다 부드러운 식감의 마카롱을 보일 것으로 나타났다.

총 페놀성 화합물 함량

검은깨를 첨가한 마카롱의 총 페놀 함량 결과는 Fig. 1과 같다. 대조군은 1.10 mg/mL, 15% 첨가군은 1.62 mg/mL, 30% 첨가군은 2.97 mg/mL, 45% 첨가군은 3.37 mg/mL로 검은깨 첨가량에 비례하여 증가하였다. 검은깨에는 기능성 물질인 페놀성 및 리그난 화합물 등의 생리활성물질이 다양하게 존재하며 안토시아닌계와 탄닌계 색소를 포함한 총 페놀류 화합물의 함량이 시료의 항산화 활성에 영향을 미치는 것으로 사료되었다(Nam과 Chung, 2008). Shahidi 등(2006)의 연구에서 흰깨 종피에는 29.7 ± 0.9 mg catechin eq/g인 반면, 검은깨 종피에는 146.6 ± 0.6 mg catechin eq/g의 총 페놀류 성분이 검출되었으며, DPPH 라디칼 소거능과 마찬가지로 총 항산화 활성도 가장 높게 측정되었다.

플라보노이드 함량

검은깨를 첨가한 마카롱의 총 페놀 함량 결과는 Fig. 2와 같다. 대조군은 0.47 mg/mL, 15% 첨가군은 0.49 mg/mL, 30% 첨가군은 0.60 mg/mL, 45% 첨가군은 0.69 mg/mL로 검은깨 첨가량에 따라 증가하는 경향을 보였다. Zhou 등(2016)의 연구에서 참깨의 품종에 따라 5.80~8.04 g CE/kg의 플라보노이드가 검출되어 검은깨 첨가량의 증가에 따른 결과로 사료된다. 참깨 종피의 색은 피토케미컬과 생물학적 활동에 영향을 미치는데, Wang 등(2008)은 참깨 종피의 색상이 플라보노이드 함량에도 어느 정도 영향을 미칠 수 있다고 보고하여 검은깨 종피의 색상에 의한 영향이 큰 것으로

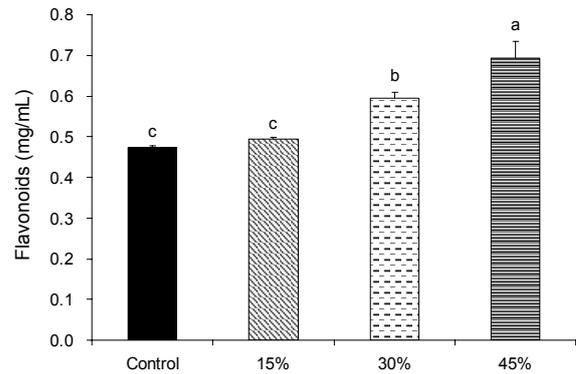


Fig. 2. Flavonoid content of macaron added with black sesame powder. All values are mean±SD. Different letters (a-c) above the bars are significantly different by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

판단된다.

DPPH 라디칼 소거능

검은깨를 첨가한 마카롱의 DPPH 라디칼 소거능 IC_{50} 값 결과는 Fig. 3과 같다. IC_{50} 값은 DPPH 라디칼을 50% 소거하는데 필요한 농도로 대조군이 1,593.20 mg/mL, 검은깨 15% 첨가군은 914.53 mg/mL, 30% 첨가군은 804.85 mg/mL, 45% 첨가군은 461.50 mg/mL로 나타나 검은깨의 첨가량에 따라 유의적으로 낮아졌다($P<0.05$). 총 페놀 함량 및 플라보노이드 함량 또한 뚜렷한 증가를 보였으며 이와 DPPH 라디칼 소거능은 밀접한 상관관계를 갖는 것으로 사료된다. Shahidi 등(2006)에 따르면 검은깨 추출물은 흰깨보다 DPPH 라디칼 소거능이 높았으며, 세사민 및 세사몰린과 같은 리그난류 뿐만 아니라 흰깨에는 들어있지 않은 안토시아닌계 및 탄닌계 색소 성분이 존재하기 때문에 검은깨의 색소가 높은 DPPH 라디칼 소거능에 중요한 역할을 하는 것으로 보고하였다(Kim 등, 2009).

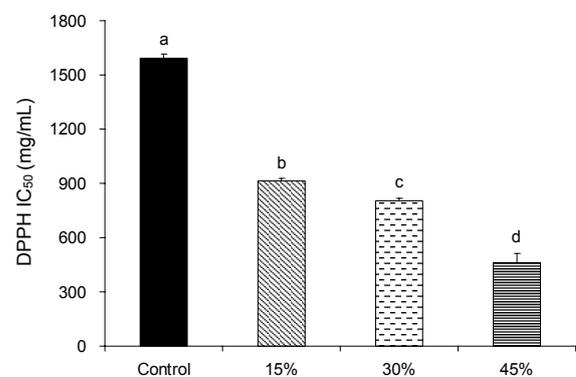


Fig. 3. IC_{50} value to scavenge DPPH radicals of macaron added with black sesame powder. All values are mean±SD. Different letters (a-d) above the bars are significantly different by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

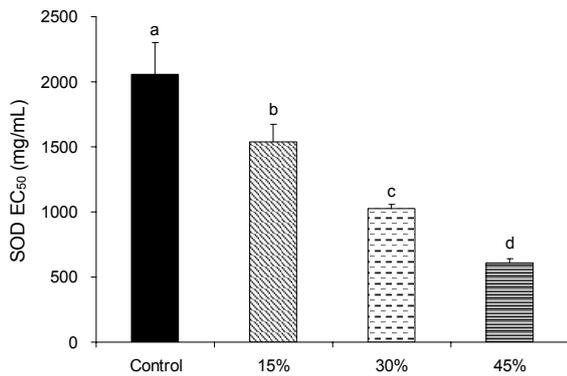


Fig. 4. EC₅₀ value to SOD-like activity of macaron added with black sesame powder. All values are mean±SD. Different letters (a-d) above the bars are significantly different by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

SOD 유사 활성

검은깨를 첨가한 마카롱의 SOD 유사 활성의 EC₅₀값 결과는 Fig. 4와 같다. 대조군은 2,055.55 mg/mL, 15% 첨가군은 1,622.88 mg/mL, 30% 첨가군은 1,114.24 mg/mL, 45% 첨가군은 708.35 mg/mL로 검은깨 첨가량에 따라 유의적으로 EC₅₀값이 감소하여 항산화 활성이 증가하는 것으로 나타났다($P<0.05$). 폴리페놀 성분이 SOD 유사 활성을 나타내는 것으로 보고하였으며, 본 연구에서도 SOD 유사 활성 결과와 총 페놀성 화합물이 유사한 경향을 보여 서로 영향이 있는 것으로 사료된다(Na 등, 2004). 이는 참깨에 함유된 토코페롤과 페놀성 리그난 성분에 의한 결과로 사료되는데(Fukuda 등, 1985), 그중 세사민은 참깨에 가장 많이 함유된 리그난 성분으로 생체 내 대사물질이 간에서 우수한 항산화 효과를 나타내고, 이에 대한 항산화기작이 보고되어 항산화 활성을 지닌 참깨에 함유된 리그난 성분으로 부각되고 있다. 리그난 화합물 중 세사미놀은 세사물, 세사미놀의 전구체로 섭취 후에 배당체가 생체막의 산화를 저해하여 *in vivo*에서 항산

화 효과가 있다고 알려져 검은깨를 첨가한 마카롱의 SOD 유사 활성에 기여한 것으로 생각된다(Kim 등, 2004).

관능평가

검은깨를 첨가한 마카롱의 관능평가 결과는 Table 5와 같다. 색은 대조군이 가장 낮았으며 검은깨 첨가군에서는 2.8~6.0으로 검은깨 분말을 첨가할수록 증가하여 색이 유의적으로 진해지는 것으로 나타났다($P<0.05$). 마카롱의 매끄러운 정도는 대조군이 5.4로 가장 매끄러웠으나 검은깨 첨가 비율이 높아질수록 낮게 평가되었다. 고소한 향과 맛은 대조군이 가장 낮은 반면, 검은깨 고유의 방향성과 맛으로 검은깨 첨가량에 따라 증가하여 45% 첨가군에서 가장 높은 값을 보였다. 단향은 대조군이 6.0으로 가장 강도가 높게 나타났으나 첨가군에서는 모두 4.0으로 보통 수준의 척도를 보였다. 단맛은 모두 4.8~5.6으로 약간 강한 수준을 보였으며 시료 간의 유의적인 차이는 보이지 않았다($P>0.05$). 마카롱은 검은깨 분말의 첨가량이 증가할수록 더 촉촉하다고 평가되었으며, 대조군이 2.8로 가장 낮았고 대조군과 첨가군 사이에 유의적인 차이를 보였다($P<0.05$). 경도는 4.0~5.4로 전반적으로 모두 보통 수준의 경도를 보였으며 기계적 조직감의 측정 결과와 동일하게 검은깨 분말의 첨가로 인해 경도가 감소하는 것으로 평가되었다. 이는 쿠키의 경도가 높아지면 기호도가 감소하고 쉽게 부서져 상품성이 하락한다는 결과와 반대의 결과였다(Moon과 Jang, 2011). 씹힘성은 검은깨 첨가로 인해 감소하였지만 텁텁한 정도는 강해지는 것으로 나타났다. 전반적인 수용도는 검은깨 30% 첨가군이 6.3점으로 가장 높은 평가를 받았고 15% 첨가군, 45% 첨가군 순이었으며 아무것도 첨가하지 않은 대조군이 4.0으로 보통 수준으로 가장 낮은 값이었다. 따라서 이는 외관, 향, 맛, 조직감을 모두 고려했을 때, 검은깨 분말의 첨가가 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보이며 검은깨 분말을 30%로 첨가하는 것이 가장 적합한 비율로 판단된다.

Table 5. Score of intensity test of macaron added with black sesame powder

	Black sesame powder (%)			
	0	15	30	45
Color	1.0±0.0 ^{d1)2)}	2.8±0.5 ^c	4.3±0.5 ^b	6.0±0.8 ^a
Smooth	5.4±2.2 ^a	4.5±1.2 ^{ab}	4.3±0.5 ^{ab}	3.5±2.2 ^b
Nutty aroma	2.0±0.8 ^c	3.3±1.4 ^b	4.5±1.2 ^a	5.5±1.2 ^a
Sweet aroma	6.0±1.1 ^a	4.0±0.8 ^b	4.0±0.8 ^b	4.0±1.7 ^b
Nutty taste	2.4±0.7 ^c	3.3±1.4 ^c	4.8±1.2 ^b	6.5±0.9 ^a
Sweetness	5.6±1.1 ^{NS3)}	5.3±0.9	4.8±0.5	4.8±0.9
Moisture	2.8±0.5 ^b	4.3±1.9 ^a	4.5±0.9 ^a	5.3±1.6 ^a
Hardness	5.4±1.1 ^a	4.5±1.2 ^{ab}	4.0±0.8 ^b	4.0±1.3 ^b
Chewiness	5.6±1.3 ^a	5.5±0.9 ^a	4.5±1.2 ^a	3.3±1.2 ^b
Dull	2.0±0.8 ^b	2.3±0.9 ^b	3.0±1.1 ^{ab}	4.0±1.7 ^a
Overall acceptability	4.0±0.9 ^b	6.0±0.8 ^a	6.3±0.9 ^a	5.3±1.6 ^a

¹⁾All values are mean±SD.

²⁾Different letters (a-d) in the same row are significantly different by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

³⁾NS: not significant.

요 약

본 연구는 방향성과 맛이 좋으며 피토케미컬과 리그난 및 페놀성 화합물 등의 함유로 다양한 생리활성 조절 작용이 확인된 검은깨 분말을 0%, 15%, 30%, 45% 첨가하여 마카롱을 제조한 후, 이화학적 품질 특성과 항산화 활성을 분석하였다. 마카롱의 수분함량은 대조군에 비해 검은깨 첨가군에서 더 높게 측정되었다. 마카롱의 무게는 검은깨 첨가량에 따라 증가하였으며 부피와 퍼짐성은 이와 반대로 감소하였다. 당도와 환원당 함량은 대조군이 가장 낮은 값이었으며 검은깨 첨가군에서는 증가하였다. pH는 검은깨 첨가군에서 대조군보다 낮았다. 색도는 검은깨의 안토시아닌계 및 탄닌계 색소로 L, a, b 값 모두 검은깨 첨가량에 따라 감소하였다. 마카롱의 조직감은 검은깨 첨가군에서 경도, 검성, 응집성이 감소하였다. 검은깨 분말을 첨가한 마카롱은 대조군보다 총 페놀 함량과 플라보노이드 함량이 높게 측정되었다. DPPH 라디칼 소거능과 SOD 유사 활성은 검은깨 첨가로 인해 증가하여 더 높은 항산화 활성을 보였다. 관능검사에서는 30% 첨가군의 전반적인 수용도가 가장 우수하였다. 이를 결과로, 검은깨 분말의 첨가는 항산화 활성과 기호도 평가에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 사료되며, 천연소재를 이용한 건강 지향적인 제품의 개발에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- AACC. Approved methods of the AACC. 9th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. 1995a. Method 10-50D.
- AACC. Approved methods of the AACC. 9th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. 1995b. Method 72-10.
- Ahn CY, Hyun KH, Park KH. Investigation of antioxidative substances in black sesame seed. *Korean J Food Sci Technol*. 1992. 24:31-36.
- Aida TM, Tajima K, Watanabe M, Saito Y, Kuroda K, Nonaka T, et al. Reactions of D-fructose in water at temperatures up to 400°C and pressures up to 100 MPa. *J Supercrit Fluids*. 2007. 42:110-119.
- Baek SY, Sha X, Hwang MH, Kim MR. Physicochemical properties and antioxidant activities of macarons added with *Enteromorpha prolifera* powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2019. 48:1373-1382.
- Choi SN, Chung NY. Quality characteristics of bread added with black sesame powder. *Korean J Food Cook Sci*. 2005. 21: 655-661.
- Chung YA, Lee JK. Antioxidative properties of phenolic compounds extracted from black rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2003. 32:948-951.
- Curley LP, Hosney RC. Effect of corn sweeteners on cookie quality. *Cereal Chem*. 1984. 61:274-278.
- Esdrubano-Bailon MT, Stos-Buelga C, Rivas-Gonzalo JC. Anthocyanins in cereals. *J Chromatogr A*. 2004. 1054:129-141.
- Fukuda Y, Osawa T, Namiki M, Ozaki T. Studies on antioxidative substances in sesame seed. *Agric Biol Chem*. 1985. 49:301-306.
- Goldstein A, Tachibana S, Lowney LI, Hunkapiller M, Hood L. Dynorphin-(1-13), an extraordinarily potent opioid peptide. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1979. 76:6666-6670.
- Hong SJ, Yoon HH. Quality characteristics of macarons made with pumpkin seed powder. *J East Asian Soc Diet Life*. 2020. 30:59-65.
- Hosseinian FS, Muir AD, Westcott ND, Krol ES. Antioxidant capacity of flaxseed lignans in two model systems. *J Am Oil Chem Soc*. 2006. 83:835-840.
- Kim EJ, Hwang SY, Son JY. Physiological activities of sesame, black sesame, perilla and olive oil extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2009. 38:280-286.
- Kim GS, Kim DH, Jeong MR, Jang IB, Shim KB, Kang SH, et al. Quantitative analysis of sesamin and sesamol in various cultivars of sesame. *Korean J Crop Sci*. 2004. 49:496-502.
- Kim M, Sim KH. Quality characteristics and antioxidative activities of macaron with the addition of egg white powder. *Korean J Food Nutr*. 2017. 30:269-281.
- Kim SL. Antioxidant activity and analysis on the components of the fruit of *Elaeagnus multiflora* Thumb. Master's thesis. Yeungnam University, Gyeongsan, Korea. 2004.
- Kim SU, Oh KW, Lee MH, Lee BK, Pae SB, Hwang CD, et al. Variation of lignan content for sesame seed across origin and growing environments. *Korean J Crop Sci*. 2014. 59:151-161.
- Lee DH. Change in physicochemical and quality characteristics during storage in sesame gruels using sesame. Master's thesis. Pukyong National University, Busan, Korea. 2004.
- Lee GC, Kim SJ, Koh BK. Effect of roasting condition on the physicochemical properties of rice flour and the quality characteristics of *Tarakjuk*. *Korean J Food Sci Technol*. 2003. 35:905-913.
- Lee MW, Choi SY, Yoo KM, Lim SY, Jung WS, Hwang IK. Development of value-added macarone with *Perilla frutescens* powders and their physiological characteristics. *Korean J Food Nutr*. 2015. 28:66-72.
- Lim JA, Lee JH. Quality and antioxidant properties of cookies supplemented with black sesame powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2015. 44:1058-1063.
- Marklund S, Marklund G. Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem*. 1974. 47:469-474.
- Miller RA, Hosney RC, Morris CF. Effect of formula water content on the spread of sugar-snap cookies. *Cereal Chem*. 1997. 74:669-671.
- Moon YJ, Jang SA. Quality characteristics of cookies containing powder of extracts from *Angelica gigas* Nakai. *Korean J Food Nutr*. 2011. 24:173-179.
- Moon YR. Quality characteristics of macaroon cookies added with *Momordica Charantia* powder. Master's thesis. Hansung University, Seoul, Korea. 2016.
- Na GM, Han HS, Ye SH, Kim HK. Extraction characteristics and antioxidative activity of *Cassia tora* L. extracts. *Korean J Food Cult*. 2004. 19:499-505.
- Nam MJ, Chung HY. Oxidative stability of sesame oil prepared from black sesame flour. *Korean J Food Sci Technol*. 2008. 40:141-145.
- NAAS. Korean Food Composition Table. 9th ed. National Academy of Agricultural Sciences, Seoul, Korea. 2016. p 86-89.
- Park OJ, Park MH, Lee SH, Lee SM. Characteristics of macarons prepared with natural materials and artificial food colorant. *Korean J Food Nutr*. 2018. 31:631-639.
- Park YM, Kim SJ, Kim DH, Kim MR. Physicochemical properties of macaron supplemented with peanut (*Arachis hypogaea*

- L.) powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2020. 49:377-384.
- Peom JW. Characteristics and manufacture of macaroon cookie prepared with black ginseng powder. Master's thesis. Hansung University, Seoul, Korea. 2013.
- Ramarathnam N, Osawa T, Ochi H, Kawakishi S. The contribution of plant food antioxidants to human health. *Trends Food Sci Technol.* 1995. 6:75-82.
- Seo HM, Lee JH. Physicochemical and antioxidant properties of yanggaeng incorporated with black sesame powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2013. 42:143-147.
- Shahidi F, Liyana-Pathirana CM, Wall DS. Antioxidant activity of white and black sesame seeds and their hull fractions. *Food Chem.* 2006. 99:478-483.
- Shyu YS, Hwang LS. Antioxidative activity of the crude extract of lignan glycosides from unroasted burma black sesame meal. *Food Res Int.* 2002. 35:357-365.
- Wang ML, Gillaspie AG, Morris JB, Pittman RN, Davis J, Pederson GA. Flavonoid content in different legume germplasm seeds quantified by HPLC. *Plant Genet Resour.* 2008. 6:62-69.
- Zhou L, Lin X, Abbasi AM, Zheng B. Phytochemical contents and antioxidant and antiproliferative activities of selected black and white sesame seeds. *Bio Med Res Int.* 2016. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/8495630>