

난백분말을 첨가한 마카롱의 품질특성과 항산화 활성

김민지·심기현[†]

숙명여자대학교 전통문화예술대학원 전통식생활문화전공

Quality Characteristics and Antioxidative Activities of Macaron with the Addition of Egg White Powder

Minzy Kim and Ki Hyeon Sim[†]

Dept. of Traditional Dietary Life, Graduate School of Traditional Culture and Arts, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea

Abstract

In this study, quality characteristics and antioxidative activities were comparatively evaluated between the macaron with egg white powder added at the ratios of 2, 4, 6 and 8% and the macaron with added liquid egg white, in order to determine the applicability of the macaron with added egg white powder. The analysis of amino acids indicated that the group with 8% of egg white powder added showed the highest total amino acid content of 7,584.20 mg/100 g. The group with 4% of egg white powder added showed the highest sweetness ($p<0.01$); whereas, and the group with 2% of egg white powder added showed the highest pH ($p<0.001$). In terms of the chromaticity, L ($p<0.01$) and a values ($p<0.05$) were increased with the increasing percentage of added egg white powder. With the increasing percentage of added egg white powder, textures such as hardness ($p<0.01$), chewiness ($p<0.05$), gumminess ($p<0.001$), and cohesiveness ($p<0.001$) decreased; whereas, adhesiveness ($p<0.001$) and springiness ($p<0.01$) increased. The results of the sensory evaluation indicated the highest preference for the macaron containing 6% white egg powder, in all items. DPPH free radical scavenging activity, SOD-like activity, and reducing power were increased with increasing amounts of added egg white powder ($p<0.001$). Collectively, the results indicated that the production of macaron with the addition of 6% of egg white powder is the most suitable mixing ratio for enhancing the preference and quality level.

Key words: egg white powder, macaron, quality characteristic, sensory evaluation, antioxidative activity

서론

서양의 고급 디저트인 마카롱은 여러 가지 색깔의 작고 동그란 모양, 바삭하면서도 촉촉한 식감, 달콤한 맛의 필링이 특징이다(Koo SH 2014). 이탈리아에서 처음 시작된 마카롱은 프랑스를 거쳐 오늘날 전 세계에서 사랑받는 고급 디저트로 주목받고 있다(Kim JI 2015). 최근 서구화된 식생활과 소득 수준의 향상으로 다양한 먹거리들이 증가하면서 밀가루를 이용한 과자와 빵의 판매가 꾸준히 증가하고 있다(Choi 등 2015). 국내에서는 자신의 만족을 최우선으로 여겨 자신을 위

한 소비에 아낌없이 투자하는 '포미(For me)족'이 늘면서 마카롱과 같은 고급 디저트 시장도 호황을 누리고 있다(Segyeilbo 2016). 특히 해외여행의 증가와 식생활 수준의 향상으로 대형마트와 편의점에서도 프리미엄 마카롱 제품들이 판매되면서 출시 3개월 만에 1만 2000개의 판매량을 기록할 만큼 빠르게 대중화되고 있다(Lee 등 2015; Segyeilbo 2016). 이러한 지속적인 소비 증가로 마카롱은 고가의 프리미엄 제품과 저가의 대형마트·편의점 PB 제품 외에도 'DIY(Do It Yourself)' 디저트 영역으로 제품이 확대되어, 저렴한 가격으로도 집에서 손쉽게 만들 수 있는 홈베이킹 제품들도 속속

[†] Corresponding author: Ki Hyeon Sim, Dept. of Traditional Dietary Life, Graduate School of Traditional Culture and Arts, Sookmyung Women's University, Seoul 04310, Korea. Tel: +82-2-2077-7475, Fax: +82-2-2077-7140, E-mail: santaro@sm.ac.kr

출시되고 있다(Segyeilbo 2016). 그러나 마카롱은 달걀 흰자의 거품인 머랭(meringue)을 만드는 어려운 제조과정 때문에 일반인이 홈 베이킹으로 만들 경우, 간편하게 만들 수는 있으나 실패율이 높다.

머랭은 케이크나 쿠키와 같은 디저트를 만들 때에 가벼운 질감과 부피를 주기 위해 사용하는 베이킹의 기본 제조과정으로 마카롱을 잘 만들기 위해서는 머랭의 역할이 매우 중요하다(Kim MJ 2013). 난백액을 일정한 속도로 빠르게 휘핑하면 난백 단백질의 기포 형성에 의해 거품이 일어나는데, 이때 설탕과 함께 휘핑하면 수분을 흡수해서 촉촉하고 윤기있는 머랭이 만들어지게 된다(Jeong SI 2006). 특히 난백의 신선도와 휘핑 기술에 따라서 거품의 점도와 지속시간이 달라지기 때문에 숙련된 전문가가 아니고서는 품질 좋은 머랭을 만들기 매우 어렵다(Kim MS 2005). 그러나 머랭을 만들 때에 난백액 대신 난백분말을 소량 첨가하면 단단하고 균일하면서 안정적인 거품을 만들 수 있어 숙련된 전문가가 아니라도 손쉽게 머랭을 만들 수 있다.

난백액의 단점을 개선하기 위해 난백액을 분말의 형태로 살균건조 가공한 것이 난백분말이다. 수분함량이 높은 난백액을 가열 건조하여 난백분말로 만들게 되면 살균효과와 더불어 난백 단백질의 기능성이 향상될 수 있는 장점이 있다(Kato 등 1989; Kim 등 2014). 난백분말에 대한 선행연구로는 난백분말의 이화학적 특성(Lee KJ 2005), 난백분말 유제품을 이용한 요구르트 제조(Ko & Lee 1996; Ko YT 1997), 우유 또는 난백분말로 만든 젓산균발효식품을 동결건조한 제품의 저장성(Ko & Kang 1999), 난백분말 제조 조건에 따른 엔젤푸드 케이크 특성(Yang 등 2009), 난백가수분해물 유래 유용물질의 기능성(Cho DY 2014) 등이 있으나, 난백분말의 기포성을 쿠키에 응용한 연구들은 보고된 바가 없다. 특히 높은 수준의 제과기술이 필요한 마카롱을 대중화시키기 위해 간편하면서도 손쉽게 만들 수 있도록 재료나 제조법에 대해 연구한 논문(Peom JW 2013; Choi 등 2015; Lee 등 2015; Yoo KM 2015; Moon YL 2016)들은 매우 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서 마카롱의 영양과 품질을 높이면서 간편하고 쉽게 만들 수 있도록 난백분말을 첨가한 마카롱을 제조하여 영양성분, 품질특성, 항산화 활성 등을 평가하고, 난백분말의 난백액 대체 가능성 및 최적의 배합비를 산출하여 이를 프리믹스 제품으로 개발하고자 실험하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에 사용된 난백분말(이든타운, 미국), 아몬드 가루(이든타운, 미국), 슈가 파우더(삼양사, 한국)는 2016년 1월에 인터넷 쇼핑몰에서 구입하여 실험에 사용하였다. 이 외에 마카롱 제조에 사용된 재료로 설탕(제일제당, 한국)과 달걀은 서울 시내 마트에서 구입하여 사용하였다.

2. 난백분말을 첨가한 마카롱 제조

난백분말을 첨가한 마카롱의 제조와 배합비는 Lee 등(2015), Choi 등(2015), Yoo KM(2015)의 연구를 참고로 하여 예비실험을 통해 결정하였다. 머랭용 달걀흰자에 대하여 난백분말을 2, 4, 6, 8% 첨가하여 제조하였으며, 대조군으로는 난백액 100%로 만든 것을 제조하였다. 마카롱의 배합비는 Table 1에 나타내었다. 마카롱 제조에 앞서 분량의 Tant Pour Tant(TPT) 재료를 계량하였으며, 아몬드 가루와 슈가 파우더를 30 mesh 체에 3번 내린 후, 달걀흰자를 섞어 200회 반죽하여 반죽을 만들었다. 한편, 머랭은 분량의 달걀흰자와 난백분말을 반죽기(5K45SS, KitchenAid, St. Joseph, MI, USA)의 낮은 단에서 2분간 혼합한 뒤, 분량의 설탕과 물을 끓여 121℃까지 온도를 올려 시럽을 만들어 혼합한 달걀흰자와 난백분말에 천천히 부어가며 반죽기의 가장 높은 단에서 2분간 빠르게 회전시켜 머랭을 제조하였다. 완성된 머랭에 미리 반죽해둔 TPT를 5회로 나누어 섞어 덩어리가 발생하지 않도록 작업하였다. 완성된 반죽은 짚주머니에 넣어 일정한 무게(2 g)로 반죽 트레이에 짜서, 실온에서 30분간 방치하여 표면의 수분

Table 1. Recipes of macaron added with egg white powder

Concentration of egg white powder (%)	Tant pour tant (TPT)			Meringue				Total (g)
	Almond powder (g)	Sugar powder (g)	Egg white (g)	Egg white (g)	Egg white powder (g)	Sugar (g)	Water (g)	
0	250	250	90	90	0.0	250	62.5	992.5
2	250	250	90	88.2	1.8	250	62.5	992.5
4	250	250	90	86.4	3.6	250	62.5	992.5
6	250	250	90	84.6	5.4	250	62.5	992.5
8	250	250	90	82.8	7.2	250	62.5	992.5

을 제거하였다. 방치된 마카롱 반죽은 140℃로 예열한 오븐(HS-B422CB, Samsung Electronics Co., Ltd., Korea)에서 12분간 구워 냉각고에서 1시간 동안 식힌 후 실험에 사용하였다.

3. 아미노산 함량 분석과 품질특성

1) 아미노산 함량

난백분말을 첨가한 마카롱의 아미노산 분석은 식품공전(Ministry of Food and Drug Safety 2012)의 방법에 따라 아미노산 분석기(L-8500A, Hitachi, Japan)를 이용하여 분석하였다. 시료 약 0.3 g에 6 N HCl 15 mL를 첨가한 다음 N₂ 가스로 치환하여 신속하게 밀봉한 상태로 105℃에서 24시간 가수분해하였다. 가수분해한 시료를 방냉하여 탈이온수로 50 mL로 정용한 후에 0.2 µm membrane filter(Millipore Co., USA)로 여과하였다. 여액 2 mL를 취해 25 mL로 정용한 후에 Waters AccQ-Tag method(Waters AccQ-Tag Amino Acid Analysis System 1993)으로 유도체화한 다음 아미노산 분석기에 주입하여 아미노산을 분석하였다. 이때 칼럼은 Nova-Pak C₁₈(3.9×50 mm, Waters Co., USA)을 사용하였으며, 주입량은 10 µL, 칼럼 온도는 30℃, 검출기는 fluorescence(Ex: 250 nm, Em: 395 nm), 이동상은 0.14 M sodium acetate(A), 60% acetonitrile(B)를 사용하여 농도구배법으로 분석하였다(Lee 등 2011).

2) 부피 및 중량

난백분말을 첨가한 마카롱의 부피는 좁쌀을 이용한 종자치환법에 준하여 측정하였다(Moon YL 2016). 비이커(500 mL)에 종자를 가득 담아 윗면이 수평이 되게 한 후, 그 종자를 다른 그릇에 담았다. 비이커에 마카롱을 넣고 그 위에 떨어진 종자를 가득 채워 남은 종자의 부피를 반복하여 측정하고, 평균값을 나타내었다. 중량은 전자저울(LF224R, Shinko Denshi Co., Japan)을 사용하여 마카롱 1개의 무게를 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

3) 퍼짐성

난백분말을 첨가한 마카롱의 퍼짐성 지수는 마카롱 직경(mm)을 두께(mm)로 나누어 계산하였다(AACC 2000). 마카롱의 직경은 마카롱 6개를 가로로 정렬해 직경을 측정한 다음 90도로 회전시켜 다시 측정해 얻은 수치를 각각 6으로 나누어 구하였다. 두께는 Digimatic Caliper(CD-15CPX, Mitutoyo Corporation, Japan)를 사용하여 6개의 마카롱을 쌓아 올려 높이를 측정한 후, 쌓아 올린 순서를 바꾸어 다시 높이를 측정해 얻은 수치를 각각 6으로 나누어 평균값을 구하였다.

$$\text{Spread ratio(\%)} = \frac{\text{마카롱 6개에 대한 평균 직경(mm)}}{\text{마카롱 6개에 대한 평균 두께(mm)}}$$

4) 당도와 pH

난백분말을 첨가한 마카롱 시료 10 g을 취하여 10배의 증류수를 넣고 homogenizer(PT-2100, Kinematica AG, Switzerland)로 1,500 rpm에서 3분간 균질화한 다음 상등액을 여과지(Whatman No. 2)로 여과하여 얻은 여액의 1 mL는 디지털 당도계(Pocket Pal-1, Atago, Japan)를 사용하여 당도를 측정하였고, 나머지는 pH meter(F-51, HORIBA, Japan)를 사용하여 pH를 측정하였다. 모든 실험은 3회 반복 측정 후, 평균값을 구하였다.

5) 색도

난백분말을 첨가한 마카롱의 색도는 색차계(Colorimeter CR-300, Minolta Co., Japan)를 사용하여 Hunter L값(명도), a값(적색도), b값(황색도)을 5회 반복하여 측정하였다. 이 때 기기의 보정을 위해 사용한 standard plate의 L, a, b 값은 각각 97.18, -0.83, +2.76이었다.

6) 텍스처

난백분말을 첨가한 마카롱의 텍스처는 Texture analyzer(TA-XT2 express, Stable Micro System Ltd., UK)를 사용하여 견고성(hardness), 부서짐성(fracturability), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 점착성(gumminess), 응집성(cohesiveness) 등을 10회 반복 측정하였다. 측정 조건은 pre-test speed 10.0 mm/sec, test speed 1.0 mm/sec, post-test speed 1.0 mm/sec, test distance 10.0 mm, trigger force 5.0 g 이었다.

7) 관능평가

난백분말을 첨가한 마카롱의 관능평가는 7점 척도법으로 외관, 향, 맛, 조직감, 전반적인 기호도 등에 대한 기호성 평가를 하였으며, 숙명여자대학교 대학원의 식품영양학과 조리학을 전공한 대학원생 15명을 대상으로 관능평가에 필요한 평가 방법과 평가 특성에 대하여 충분히 훈련을 한 후, 오후 3시에 실시하였다. 마카롱을 1회용 플라스틱 용기(직경 10 cm)에 하나씩 담아 제공하였다. 이때 시료에 대한 편견이 없도록 난수표에서 추출한 세 자리 숫자를 시료가 담겨있는 용기에 표기하였고, 평가 시 입안을 헹글 수 있도록 물과 빨는 컵을 제공하였다. 관능검사 패널은 각 시료의 특성이 서로 영향을 미치지 않도록 한 개의 시료를 평가하고, 반드시 물로 입안을 헹군 후, 다음 시료를 평가하게 하였다. 기호도 평가에서는 기호도가 높을수록 높은 점수를 부여하도록 하였다.

4. 향산화 활성

1) 추출액의 제조

난백분말을 첨가한 마카롱을 10 g씩 취하여 20배 분량의 70% ethanol 100 mL를 가하여 호모지나이저로 1,500 rpm에서 3분간 균질화한 다음, 저온 진탕배양기(SI-900R, JELO Tech., Korea)에서 25°C, 100 rpm으로 24시간 추출한 후, 상등액을 Whatman No. 2 여과지로 여과하였다. 여액을 5°C 냉장고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

2) DPPH 라디칼 소거활성 측정

DPPH 라디칼 소거활성은 Blois MS(1958) 방법을 응용한 Ko & Sim(2014)의 방법으로 측정하였다. 각각의 시료 추출액 4 mL에 DPPH 용액(4×10^{-4} M) 1 mL를 가하여 교반하고, 실온에서 30분간 암소에서 방치한 후, UV/VIS 분광광도계(V-530, Jasco, Japan)로 517 nm에서 흡광도를 측정하여 시료 첨가군과 무첨가군과의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다.

3) SOD 유사활성 측정

SOD 유사활성은 Marklund & Gudrun(1974)의 방법을 응용한 Ko & Sim(2014)의 방법으로 측정하였다. 시료 추출액 0.2 mL에 Tris-HCl buffer(pH 8.5) 3 mL, 3 mL와 7.2 mM Pyrogallol 0.2 mL를 가하여 25°C에서 10분간 반응시켰다. 여기에 1 N HCl 1 mL를 가하여 반응을 정지시킨 다음 420 nm에서 흡광도를 측정하여 시료 첨가군과 무첨가군과의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다.

4) 환원력 측정

환원력(reducing power)은 Oyaizu M(1986)의 방법을 응용한 Ko & Sim(2014)의 방법으로 측정하였다. 시료 추출액 2.5 mL에 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 6.6) 2.5 mL와 1% potassium ferricyanide($K_3Fe(CN)_6$) 2.5 mL를 가하여 혼합하고, 50°C water bath에서 20분간 반응시킨 다음 10% trichloroacetic acid 2.5 mL를 가하여 반응을 중지시켰다. 반응액을 3000 rpm에서 10분간 원심분리하고, 상등액 5 mL를 취하여 증류수 5 mL와 혼합한 다음 0.1% ferric chloride 1 mL를 첨가하였다. 700 nm에서 흡광도를 측정하여 그 값을 환원력으로 나타내었다.

5. 통계분석

모든 실험 분석은 3회 반복 실험하여 일원분산분석법으로 분석하였으며, 모든 통계 자료는 SPSS for Window 20.0(SPSS Inc., USA) 프로그램을 이용하여 평균값±표준편차로 나타내었다. 유의성이 있는 경우에 Duncan의 다중 범위 검정(Duncan's multiple range test)으로 시료간의 유의성($p < 0.05$)을 검증하였다.

1. 아미노산 함량

난백분말을 첨가한 마카롱의 아미노산을 분석한 결과는 Table 2와 같다. 아미노산 총량은 난백액 첨가군 6,590.72 mg/100 g, 난백분말 2% 첨가군 6,791.80 mg/100 g, 4% 첨가군 6,947.84 mg/100 g, 6% 첨가군 7,147.91 mg/100 g, 8% 첨가군 7,584.20 mg/100 g으로서 난백분말 8% 첨가군의 아미노산 총량이 가장 높게 나타났으나, 난백액 첨가군과 난백분말 첨가군의 뚜렷한 아미노산 총량 차이는 없었다.

난백분말을 첨가한 마카롱에 가장 많이 들어있는 아미노산은 glutamic acid로서 난백액 첨가군이 1,540.46 mg/100 g으로 가장 적게 들어 있었고, 난백분말 2% 첨가군이 1,566.78 mg/100 g, 4% 첨가군이 1,588.24 mg/100 g, 6% 첨가군이 1,637.93 mg/100 g, 8% 첨가군이 1,695.08 mg/100 g 순으로 난백분말 첨가량이 증가할수록 glutamic acid가 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). Glutamic acid 다음으로 난백분말에 많이 들어있는 아미노산은 aspartic acid로서 난백분말 난백액 첨가군 685.59 mg/100 g으로 가장 낮았고, 난백분말 8% 첨가군이 762.34 mg/100 g으로 가장 많았으나, 난백분말 첨가량에 비례해서 증가하지는 않았다. 난백분말 첨가 마카롱에 세 번째로 많이 들어있는 아미노산은 arginine으로, 난백액 첨가군이 523.41 mg/100 g, 난백분말 2% 첨가군이 537.94 mg/100 g, 4% 첨가군이 556.39 mg/100 g, 6% 첨가군이 571.25 mg/100 g, 8% 첨가군이 595.92 mg/100 g 순으로 난백분말의 첨가량이 증가할수록 arginine 함량도 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 이 외에 난백에 많이 들어있는 것으로 알려진 cystine($p < 0.05$)과 lysine($p < 0.001$), tryptophan($p < 0.05$), histidine($p < 0.01$), proline($p < 0.05$) 등이 난백분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다.

난백의 아미노산 함량은 100 g 기준으로 alanine 5.49 g, isoleucine 5.00 g, serine 6.07 g, arginine 4.54 g, leucine 6.80 g, threonine 3.41 g, aspartic acid 6.09 g, lysine 4.64 g, tryptophan 1.18 g, cystine 1.88 g, methionine 3.01 g, tyrosine 3.21 g, glutamic acid 10.89 g, phenylalanine 4.94 g, valine 6.02 g, histidine 1.67 g, proline 2.92 g, glycine 2.89 g으로 보고되었다(FAO 1970). 따라서 난백분말 첨가량이 증가할수록 glutamic acid, aspartic acid 등의 아미노산뿐만 아니라, 아미노산의 총량도 증가하여야 하지만, 본 연구에서 아미노산 총량은 증가하지만, 통계적으로 유의하지 않는 것으로 나타났다. 다만, 난백에 풍부하게 들어있는 황함유 아미노산 중에 밀에 부족한 methionine은 난백분말 첨가량이 증가할수록 통계적으로 유의하게 증가하지 않지만, 난백액을 첨가한 마카롱과 비교했을 때에 함량이 증가하였고, 황산화 활성이 있는 cystine($p < 0.05$)도 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 난백 첨가가 두부에 미치는 영향에 대해 연구한 Kim 등(1991)은 난백분말을 첨가할수록 곡류의

결과 및 고찰

Table 2. Amino acid contents of macaron added with egg white powder

Amino acid (mg/100 g)	Concentration of egg white powder (%)					F-value (p)
	0	2	4	6	8	
Asp ¹⁾	685.59±17.55	707.41±27.66	713.09±26.44	727.74±36.65	762.34±34.92	3.307(0.057)
Thr	238.90±44.91	242.27±44.07	247.74±41.80	251.46±46.24	267.46±41.94	0.193(0.937)
Ser	392.81±22.92	397.27±21.91	406.64±20.95	413.96±20.76	439.00±20.46	2.167(0.147)
Glu	1,540.46±41.77 ^a	1,566.78±41.63 ^{ab}	1,588.24±16.55 ^{ab}	1,637.93±53.61 ^{bc}	1,695.08±69.43 ^c	4.918(0.019)*
Gly	375.93±11.89	385.20±13.08	388.29±15.24	395.44±16.37	410.43±20.24	2.040(0.164)
Ala	459.46±39.27	475.92±39.14	482.88±37.23	504.97±42.80	537.32±45.20	1.630(0.242)
Cys	92.46±2.46 ^a	93.57±4.00 ^a	96.60±1.17 ^a	95.72±6.85 ^a	104.89±3.28 ^b	4.432(0.026)*
Val	211.17±18.67	218.54±25.21	223.92±23.95	230.67±24.18	243.95±17.39	0.956(0.472)
Met	37.96±11.27	39.94±9.77	41.03±9.13	47.55±12.62	56.43±16.86	1.137(0.393)
Ile	148.62±4.31	155.81±11.04	156.85±9.00	161.86±14.05	174.20±10.53	2.553(0.105)
Leu	437.11±12.71	461.96±26.54	492.41±31.10	511.23±56.95	582.32±98.94	3.107(0.066)
Tyr	141.70±36.55	150.91±30.45	159.56±29.37	174.50±22.47	208.51±14.89	2.66(0.095)
Phe	339.78±19.48	374.16±24.35	388.91±27.19	398.25±35.33	417.27±32.11	3.182(0.063)
Lys	252.99±2.26 ^a	256.12±1.72 ^a	266.53±6.70 ^b	268.46±5.73 ^b	290.16±2.11 ^c	35.448(0.000)***
Trp	186.02±2.39 ^a	188.00±1.88 ^{ab}	191.53±2.11 ^{ab}	198.84±9.41 ^{bc}	203.09±7.84 ^c	4.828(0.020)*
His	148.33±0.91 ^a	154.07±4.45 ^{ab}	156.31±4.53 ^{ab}	158.77±7.29 ^{bc}	166.34±3.25 ^c	6.222(0.009)**
Arg	523.05±0.92 ^a	537.94±16.55 ^a	556.39±27.44 ^{ab}	571.25±29.10 ^{ab}	595.92±33.28 ^b	3.944(0.036)*
Pro	378.41±4.28 ^a	385.93±11.98 ^a	390.93±9.45 ^a	399.32±18.07 ^{ab}	429.79±28.57 ^b	4.212(0.030)*
Total	6,590.72±261.16	6,791.80±326.45	6,947.84±309.60	7,147.91±427.54	7,584.20±435.03	3.361(0.055)

¹⁾ Asp: Aspartic acid, Thr: Threonine, Ser: Serine, Glu: Glutamic acid, Gly: Glycine, Ala: Alanine, Cys: Cysteine, Val: Valine, Met: Methionine, Ile: Isoleucine, Leu: Leucine, Tyr: Tyrosine, Phe: Phenylalanine, Lys: Lysine, Trp: Tryptophan, His: Histidine, Arg: Arginine, Pro: Proline

제한 아미노산인 lysine의 함량이 증가하는 것으로 보고하였는데, 본 연구에서도 난백분말에 비례하여 lysine이 증가하는 것으로 나타났다($p<0.001$). 따라서 곡류와 두류에 부족한 아미노산인 lysine과 methionine을 합산할 경우, 난백액 첨가군의 290.95 mg/ 100g에 비해 8% 첨가군이 346.59 mg/ 100 g으로 증가하기 때문에 이들 제한 아미노산뿐만 아니라, 항산화 활성이 있는 cysteine도 강화할 수 있는 장점이 있다(Cho 등 2013). 따라서 마카롱 제조시에 난백분말을 첨가하게 되면 밀에서 부족한 필수 아미노산인 methionine을 비롯해서 항산화 활성이 우수한 cysteine 등의 황함유 아미노산을 강화할 수 있어서 단백질의 질뿐만 아니라, 기호도나 품질도 향상될 수 있어서 마카롱의 영양과 품질개선에 도움이 될 것으로 사료된다.

2. 부피, 중량, 퍼짐성

난백분말을 첨가한 마카롱의 부피, 중량, 퍼짐성 등을 측정된 결과는 Table 3과 Fig. 1과 같다. 부피는 난백분말 난백액 첨가군이 10.67 mL로 가장 낮은 것으로 나타났고, 난백분

Table 3. Volume, weight and spread ratio of macaron added with egg white powder

Concentration of egg white powder (%)	Volume (mL)	Weight (g)	Spread ratio (%)
0	10.67±1.53 ^a	5.13±0.07 ^a	52.76±1.32 ^d
2	16.00±1.00 ^b	5.39±0.07 ^b	49.53±0.71 ^c
4	17.33±1.04 ^{bc}	5.78±0.11 ^c	47.06±0.74 ^b
6	19.17±1.04 ^c	6.14±0.10 ^d	42.06±1.13 ^a
8	21.67±1.53 ^d	6.38±0.08 ^c	40.73±1.15 ^a
F-value (p)	32.404(0.000)***	104.458(0.000)***	70.893(0.000)***

^{a-c} Values with different small letters within a column differ significantly ($p<0.001$). Each value is mean±S.D. (n=3).

말 2% 첨가군이 16.00 mL, 4% 첨가군이 17.33 mL, 6% 첨가군이 19.17 mL, 8% 첨가군이 21.67 mL 순으로 난백분말 첨가량이 증가할수록 부피가 증가하는 것으로 나타났다($p<0.001$).



Fig. 1. Photographs of macaron added with egg white powder. a) Liquid egg white, b) 2% egg white powder, c) 4% egg white powder, d) 6% egg white powder, e) 8% egg white powder.

중량은 난백액 첨가량이 5.13 g으로 가장 낮은 것으로 나타났고, 난백분말 2% 첨가량이 5.39 g, 4% 첨가량이 5.78 g, 6% 첨가량이 6.14 g, 8% 첨가량이 6.38g 순으로 난백분말 첨가량이 증가할수록 중량도 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.001$). 퍼짐성은 난백액 첨가량이 52.76%로 가장 높았고, 난백분말 8% 첨가량이 40.73%로서 난백분말 첨가량이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다($p < 0.001$).

난백분말 첨가량이 증가할수록 마카롱의 부피와 중량이 증가하는 것은 난백분말의 기포성 때문으로 난백을 거품 내면 교반 전보다 부피가 약 7배로 증가하여 마카롱의 부피뿐만 아니라, 중량도 함께 증가시켜 외관과 텍스처에 대한 품질을 향상시킨다(Okmoto S 1990). 난백의 기포 형성은 마카롱에 부피 팽창제로서 작용하여 부피와 중량을 높일 뿐만 아니라, 가볍고 부드러운 조직감을 유지하는 데에도 도움이 된다(Song 등 2003; Yang 등 2009). 그러나 여러 단계의 조리과정을 거치면 여러 가지 요인들에 의해 난백 단백질이 변성되어 기포가 금방 꺼져버려 난백액은 더 이상 부피 팽창제로서 작용하지 못하게 된다(Oldham 등 2000, Song 등 2003; Liang & Kristinsson 2005; Yang 등 2009). 이러한 난백액의 단점을 개선한 것이 난백분말로서 수분함량이 높은 난백액을 분말의 형태로 가열·건조하여 난백 단백질의 기능성을 향상시킨다(Kato 등 1989; Kim 등 2014). 난백분말을 첨가한 엔젤 푸드 케이크에 대해 연구한 Yang 등(2009)은 pH는 7.72이고 온도는 76°C 조건으로 만든 난백분말과 상업용 난백분말로 만든 엔젤 푸드 케이크의 비중과 부피를 비교하였는데, 상업용 난백분말은 주어진 조건으로 만든 난백분말(pH 7.72, 76°C)에 비해 거품과 반죽의 비중이 높으나, 부피는 낮아서 기포 형성력이 낮은 것으로 보고하였다. 이러한 결과는 상업용 난백분말이 기포가 불안정하고 약하여 반죽과정에서 쉽게 기포가 꺼져버려 부피가 감소하기 때문이다(Yang 등 2009). 본 연구에서 난백분말 첨가 마카롱의 pH는 7.30~7.38로서 Yang 등(2009)의 연구에서 특정 조건(pH 7.72, 76°C)으로 만든 난백분말과 비슷한 pH 조건을 가지고 있는 것으로 나타났는데, 난백액만으로 만든 마카롱에 비해 기포 형성력이 향상되어 부피와 중량이 증가하고 퍼짐성이 감소하여 외관도 향상되고,

기포의 안전성도 우수한 것으로 나타났다. 다만, 난백의 기포 형성력과 안전성이 난백의 신선도와 pH, 교반 시의 온도와 속도, 난백 단백질의 종류, 희석 시 농도, 당 첨가량 등의 여러 조건의 영향을 받기 때문에 마카롱에 난백분말 첨가 시 기포 형성력과 안전성의 최적조건을 맞추어 주는 것이 반드시 필요할 것으로 사료된다(Oldham 등 2000; Liang & Kristinsson 2005; Yang 등 2009). 특히 본 연구의 식품 모델인 마카롱은 엔젤 푸드 케이크에 비해 교반시간이 짧고 난백분말을 100% 사용하기 보다는 난백액과 혼합하여 2~8%의 비율로 소량 사용하였기 때문에 난백의 기포 형성력이 저하되지 않으면서도 오히려 부피와 중량이 증가되는 등의 외관 품질이 향상된 것으로 판단된다. 난백의 기포 형성력은 난백 단백질 중의 ovoglobulin과 ovoalbumin에 영향을 받고, 기포 안정성은 열에 의한 안정성에 기여하는 ovomucin의 영향이 크다(Yang & Oh 1999; Yang 등 2009). 따라서 난백의 기포 형성력과 안전성에 영향을 주는 난백 단백질인 ovoglobulin, ovoalbumin, ovomucin 등의 첨가량이 증가할수록 부피, 중량, 퍼짐성 등에 영향을 주어 외관과 텍스처의 품질 수준을 향상시킨다고 볼 수 있다. 이중 난백액에 가장 높은 비중을 차지하고 있는 ovoalbumin은 열이나 pH의 변화에 따라서 쉽게 변할 수 있기 때문에, 난백분말 첨가 마카롱 제조 시 기포 안전성을 높이기 위해서 등전점 부근으로 pH를 저하시킬 수 있도록 소량의 산을 첨가하여 제조하는 것(Song 등 2014)도 마카롱의 부피와 중량을 높여 품질을 높이는데 도움이 될 수 있는 것으로 사료된다.

마카롱에서는 지나치게 퍼짐성이 높으면 마카롱 고유의 작고 동그란 외관이 흐트러질 수 있다(Doescher 등 1987; Kim 등 2016). 특히 마카롱뿐만 아니라, 같은 제과 제품인 쿠키의 퍼짐성도 수분함량과 밀접한 관련이 있는데, 반죽 내 수분이 자유수로 존재하면 점성이 낮아 퍼짐성이 높아지고, 결합수로 존재하면 퍼짐성이 낮아진다(Yu HH 2014; Kim 등 2016). 수분함량이 높은 난백액 대신 수분함량이 낮은 난백분말로 대체하여 마카롱을 제조한 결과, 수분함량이 감소하면서 반죽의 점도가 낮아지고 퍼짐성이 감소되어, 마카롱 고유의 작고 동그란 모양이 흐트러지지 않고 일정하게 형성되어 외관 기호도가 향상되는 것으로 나타났다. 따라서 마카롱 제조 시 난백액 대신 난백분말을 첨가하는 것이 마카롱의 퍼짐성을 저하시키지 않고 품질을 높이는데 기여하는 것으로 판단된다.

3. 당도와 pH

난백분말을 첨가한 마카롱의 당도와 pH를 측정할 결과는 Table 4와 같다. 당도는 난백액 첨가량이 6.10 °Brix, 난백분말 6% 첨가량이 6.23 °Brix, 2% 첨가량이 6.40 °Brix, 8% 첨가량이 6.40 °Brix 순으로 당도가 높은 것으로 나타났다($p < 0.01$).

Table 4. Sweetness and pH of macaron added with egg white powder

Concentration of egg white powder (%)	Sweetness (°Brix)	pH
0	6.10±0.10 ^a	7.36±0.02 ^c
2	6.40±0.10 ^b	7.38±0.01 ^d
4	6.47±0.06 ^b	7.34±0.01 ^{bc}
6	6.23±0.06 ^a	7.33±0.01 ^b
8	6.40±0.10 ^b	7.30±0.02 ^a
<i>F</i> -value (<i>p</i>)	9.227(0.002)**	15.458(0.000)***

^{a-c} Values with different small letters within a column differ significantly ($p < 0.001$). Each value is mean±S.D. (n=3).

난백분말 4% 첨가군이 6.47 °Brix로 당도가 가장 높은 것으로 나타났으나, 난백분말 6% 첨가군을 제외하고는 2%, 4%, 8% 첨가군은 난백액 첨가군과 당도가 차이가 나는 것으로 나타났다. pH는 난백분말 8% 첨가군이 7.30으로 가장 낮았고, 난백분말 2% 첨가군이 7.38로 pH가 가장 높은 것으로 나타났다($p < 0.001$). 따라서 난백액 첨가군에 비해 난백분말 첨가군의 당도는 증가하고, pH는 감소하는 것을 알 수 있었다.

마카롱에 있어서 난백분말의 당도와 pH는 기포 형성력과 안전성에 미치는 영향이 크다. 난백의 기포 형성력과 안전성은 난백의 신선도와 pH, 교반 시의 온도와 속도, 난백 단백질의 종류, 희석 농도, 당 첨가량 등의 여러 조건의 영향을 받기 때문에 마카롱의 pH와 당도에 따라서 마카롱의 품질특성도 변화할 수 있다(Oldham 등 2000; Liang & Kristinsson 2005; Yang 등 2009). Kim 등(2016)은 토마토 분말을 첨가한 머랭 쿠키에서 토마토 분말을 첨가할수록 반죽의 pH가 저하되고, 퍼짐성과 손실률, 팽창률은 감소하는 것으로 보고하였다. 또한 Yang 등(2009)은 pH 7.72와 76°C 조건으로 만든 난백분말로 엔젤 푸드 케이크를 제조했을 때 반죽의 pH가 5.89로서 상업용 난백분말로 만든 엔젤 푸드 케이크의 pH인 4.36보다 알칼리에 가까운 것으로 보고하였는데, 엔젤 푸드 케이크 제조에 적합한 pH는 5.2~6.0인 약산성 조건으로 케이크의 특성을 잘 살릴 수 있다고 분석하였다. 이와 같이 난백의 pH가 엔젤 케이크나 마카롱 쿠키와 같이 난백분말의 기포 형성력을 이용한 제과 제품에 중요한 이유는 난백이 알칼리(pH 9) 일 때에는 기포 형성력은 증가하지만, 안정성은 저하되는 반면에 난백이 등전점이 약산성(pH 5~7)일 때에는 기포의 형성력과 안전성이 높아지기 때문이다(Oldham 등 2000; Bae 등 2003; Yang 등 2009). 따라서 마카롱과 같이 난백의 기포성을 이용한 제과 제품을 제조할 때에는 소량의 산을 첨가하여 pH를 등전점 부근으로 낮추면 기포가 쉽게 형성되면서도 안전성도 높아지게 되므로 등전점 부근의 낮은 pH를 유지하는 것

이 좋다(Bae 등 2003; Song 등 2014). 본 연구에서도 난백분말 첨가 마카롱의 pH는 난백분말 첨가량이 증가할수록 감소하는 것으로 나타나서 마카롱 제조 시 난백분말을 첨가하면 기포 형성력과 안전성이 향상되어 부피나 중량이 증가하고 퍼짐성은 감소하는 등의 품질특성과 외관이나 조직감 등의 관능적인 특성도 함께 좋아져서 품질이 전반적으로 향상되는 것으로 사료된다.

설탕은 머랭 반죽의 점도를 높이고, 거품이 형성되는 시간을 증가시켜 난백의 기포 형성력을 저하시키는 것으로 알려져 있지만, 기포막을 부드럽고 섬세하게 만들기 때문에 어느 정도 거품을 만든 후에 조금씩 천천히 첨가하면 거품의 안전성을 높이는데 도움이 된다(Bae 등 2003; Song 등 2014). 특히 설탕은 머랭의 구조를 단단하게 지탱하여 기포를 안전적으로 유지하는데 도움이 된다(Choi 등 2015). 본 연구에서도 난백분말의 첨가량이 증가할수록 당도가 높아지는 것으로 나타났다. 따라서 마카롱 제조 시 머랭의 기포가 어느 정도 형성된 후에 설탕을 첨가하여 안전성을 향상시키는 것이 마카롱의 중량, 부피, 퍼짐성, 텍스처 등의 품질특성과 관능적인 기호도를 높이는데 도움이 될 것으로 판단된다.

4. 색도

난백분말을 첨가한 마카롱의 색도 측정 결과는 Table 5와 같다. 명도를 나타내는 L값은 난백분말 2% 첨가군이 86.45, 4% 첨가군이 86.53, 난백액 첨가군이 86.56, 6% 첨가군이 87.38, 8% 첨가군이 87.68로 난백분말 첨가량이 증가할수록 L값이 약간 증가하는 경향이 있었다($p < 0.01$). 적색도를 나타내는 a값은 난백액 첨가군이 -1.87로 가장 낮았고, 난백분말 4% 첨가군이 -1.59로 가장 높게 나타났다($p < 0.05$). 황색도를 나타내는 b값은 난백액 첨가군이 10.89, 난백분말 8% 첨가군이 11.08, 6% 첨가군이 11.17, 4% 첨가군이 11.17, 2% 첨가군

Table 5. L, a and b values of macaron added with egg white powder

Concentration of egg white powder (%)	Hunter color values		
	L	a	b
0	86.56±0.22 ^a	-1.87±0.02 ^a	10.89±0.10
2	86.45±0.40 ^a	-1.65±0.06 ^b	11.82±0.60
4	86.53±0.36 ^a	-1.59±0.12 ^b	11.17±0.22
6	87.38±0.33 ^b	-1.86±0.10 ^a	11.17±0.63
8	87.68±0.15 ^b	-1.66±0.17 ^b	11.08±0.33
<i>F</i> -value (<i>p</i>)	10.341(0.001)**	4.287(0.028)*	2.018(0.168)

^{a-b} Values with different small letters within a column differ significantly ($p < 0.001$). Each value is mean±S.D. (n=3).

이 11.82 순으로 높은 것으로 나타났으며, 난백분말 첨가량에 따라서 황색도에 차이가 없는 것으로 나타났다.

난백분말 첨가량에 따라서 L값이 차이가 나는 것은 난백분말 첨가량이 증가함에 따라서 백색의 난백분말에 의해 기포 형성력이 향상되어 명도가 증가하는 것으로 사료된다. Choi 등(2015)은 단백질 함량이 높은 가바쌀과 대체 감미료인 자일로스를 마카롱에 첨가할수록 설탕보다 갈색화가 빠르게 일어나는 자일로스와 아미노산 함량이 높은 가바쌀로 인해 명도는 감소하고, 적색도와 황색도는 증가하는 것으로 보고하여 본 연구와 상반된 결과를 나타내었다. 마카롱의 색도는 식품 성분 중에 당에 의한 반응인 카라멜 반응과 단백질의 아미노기와 당의 알데히드가 반응하여 마이알 반응에 의해 갈색화가 진행되어 어두워지게 된다(Fennema OR 1996; Choi 등 2015). 그러나 본 연구에서 난백분말 첨가량이 증가할수록 당도는 증가하지만, 카라멜 반응으로 갈색화가 증가할 정도로 당도가 높지 않아서 명도를 저하시키지는 않는 것으로 나타났다. 또한 난백분말 첨가량이 증가하여도 마카롱의 단백질 함량과 당도는 증가하지만, 단백질의 아미노기와 당의 알데히드가 간 마이알 반응은 촉진될 정도로 높지 않아서 명도가 저하되지는 않는 것으로 나타났다. Yang 등(2009)도 난백분말 첨가 엔젤 푸드 케이크는 난백분말의 pH가 낮을수록 명도가 높다고 본 연구와 유사한 결과를 보고하였다. 그러나 난백분말의 pH는 착색에만 영향을 주어 pH가 높을수록 명도는 감소하지만, 적색도와 황색도가 높아져서 갈색화 반응이 증가하는 것으로 분석하였다. 본 연구에서도 난백분말 첨가량이 증가할수록 pH는 감소하여 명도는 증가하지만, 적색도는 난백분말 첨가량에 따라서 증가와 감소를 반복하는 것으로 나타났고, 황색도는 거의 변화하지 않았다. 따라서 이러한 연구결과를 보건데, 난백분말 첨가 마카롱은 난백액 첨가 마카롱에 비해 낮은 pH로 기포 형성력이 향상되어 명도는 증가하는 반면에, 카라멜 반응과 메일라드 반응에 의한 갈색화가 일어날 정도로 당도와 단백질 함량이 높지 않아 황색도와 적색

도가 난백분말을 첨가하지 않은 마카롱과 뚜렷하게 차이가 나지 않았던 것으로 사료된다.

5. 텍스처

난백분말을 첨가한 마카롱의 텍스처 측정 결과는 Table 6과 같다. 견고성은 난백분말 난백액 첨가군이 475,878.93 N으로 가장 높게 나타났고, 난백분말 2% 첨가군 449,127.83 N, 4% 첨가군 374,148.63 N, 6% 첨가군 309,996.33 N, 8% 첨가군 284,993.90 N 순으로 난백분말 첨가량이 증가할수록 견고성이 감소하는 것으로 나타났다($p<0.01$). 부서짐성은 난백액 첨가군이 8.53 N으로 가장 높게 나타났고, 난백분말 8% 첨가군 4.90 N으로 가장 낮은 것으로 나타났으나, 난백분말 첨가량이 증가할수록 부서짐성이 통계적으로 유의적으로 감소하지 않는 것으로 나타났다. 부착성은 난백액 첨가군이 -3,315.73으로 가장 낮게 나타났고, 난백분말 2% 첨가군 -5,811.23, 4% 첨가군 -8,312.17, 6% 첨가군 -25,761.37, 8% 첨가군 -36,240.23 순으로 난백분말 첨가량에 따라서 부착성이 증가하는 것으로 나타났다($p<0.001$). 탄력성은 난백분말 8% 첨가군이 0.57 mm로 가장 높게 나타났고, 6% 첨가군 0.53 mm, 4% 첨가군 0.43 mm, 2% 첨가군 0.39 mm 순으로 난백액 첨가군이 0.32 mm으로 가장 낮게 나타나서 난백분말 첨가량이 증가할수록 탄력성은 증가하는 것으로 나타났다($p<0.01$). 씹힘성은 난백액 첨가군이 45,793.86 N·mm으로 가장 높게 나타났고, 난백분말 8% 첨가군이 23,066.20 N·mm으로 가장 낮게 나타나서 난백분말을 첨가할수록 씹힘성이 감소하는 것으로 나타났다($p<0.05$). 검성은 난백액 첨가군이 91,223.41 N으로 가장 높게 나타났고, 난백분말 8% 첨가군 50,147.69 N으로 가장 낮게 나타나서 난백분말 첨가량이 증가할수록 검성이 감소하는 것으로 나타났다($p<0.001$). 응집성은 난백액 첨가군이 0.25로 가장 높게 나타났고, 난백분말 2% 첨가군 0.19, 4% 첨가군 0.17, 6% 첨가군 0.16, 8% 첨가군 0.16 순으로 난백분말 첨가량이 증가할수록 씹힘성이나 검성과 같이

Table 6. Texture properties of macaron added with egg white powder

Concentration of egg white powder (%)	Texture properties						
	Hardness (N)	Fracturability (N)	Adhesiveness	Springiness (mm)	Chewiness (N·mm)	Gumminess (N)	Cohesiveness
0	475,878.93±23,394.22 ^c	8.53±3.80	-3,315.73±1,933.39 ^b	0.32±0.02 ^a	45,793.86±9,573.22 ^c	91,223.41±9,475.39 ^b	0.25±0.02 ^c
2	449,127.83±25,684.45 ^{bc}	6.10±1.04	-5,811.23±153.53 ^b	0.39±0.12 ^a	38,975.60±7,982.98 ^{bc}	83,903.10±11,484.35 ^b	0.19±0.01 ^b
4	374,148.63±104,829.57 ^{ab}	4.90±1.04	-8,312.17±1,137.22 ^b	0.43±0.02 ^{ab}	28,183.33±6,742.56 ^{ab}	51,954.83±1,127.37 ^a	0.17±0.01 ^{ab}
6	309,996.33±36,260.17 ^a	4.90±1.04	-25,761.37±11,708.99 ^a	0.53±0.06 ^{bc}	24,508.38±9,750.26 ^{ab}	51,831.58±7,616.83 ^a	0.16±0.02 ^a
8	284,993.90±6,719.43 ^a	4.90±2.08	-36,240.23±5,106.56 ^a	0.57±0.05 ^c	23,066.20±1,151.19 ^a	50,147.69±5,774.55 ^a	0.16±0.01 ^a
F-value (p)	7.725(0.004)**	1.697(0.227)	18.472(0.000)***	7.118(0.006)**	4.913(0.019)*	19.160(0.000)***	18.878(0.000)***

a-c Values with different small letters within a column differ significantly ($p<0.001$). Each value is mean±S.D. (n=3).

응집성도 감소하는 것으로 나타났다($p<0.001$).

난백분말 첨가한 엔젤 푸드 케이크의 텍스처에 대해 연구한 Yang 등(2009)은 난백분말의 pH가 상승하면서 견고성이 증가한다고 하였다. 특히 마카롱에 부재료 첨가 시 낮은 수분함량은 반죽이 가열되는 동안에 표면 경화를 촉진하여 내부보다 외부 구조가 단단해져 견고성을 높일 수 있다(Choi 등 2015). 본 연구에서는 부재료 첨가량이 증가할수록 수분함량이 감소하여 견고성이 증가한다는 선행연구들의 결과와 일치하지는 않았으나(Kim & Park 2006; Lee 등 2007; Kang 등 2009), 난백분말 첨가량이 증가할수록 pH와 수분함량은 감소하여 견고성과 씹힘성, 겉성, 응집성 등은 감소하고, 탄력성과 부착성은 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 통해 마카롱에 난백분말의 첨가량이 증가할수록 pH와 수분함량은 저하되어 부피와 중량은 증가하고 견고성은 감소하지만, 탄력성과 부착성은 증가하여 마카롱 특유의 작고 동그란 외관과 촉촉하면서도 바삭하고 탄력이 있으며, 씹었을 때에 끈적 끈적한 텍스처가 형성되는 것으로 추정된다. 특히 기포가 잘 형성되어 기호도가 높은 케이크일수록 부피가 크고 견고성이 낮다는 연구결과(Chabot JF 1979; Yang 등 2009)로 보아 난백분말의 첨가량이 늘어날수록 기포 형성력과 안전성 향상으로 마카롱의 부피와 중량이 증가되고 견고성이 낮아져서 외관과 텍스처에 대한 특성을 향상시킬 뿐만 아니라, 관능적인 특성도 향상시킬 것으로 기대된다.

6. 관능평가

난백분말을 첨가한 마카롱의 관능평가 결과는 Table 7과 같다. 각각의 관능평가 결과는 관능적 특성에 따라서 조금씩 다르게 나왔는데, 대체적으로 난백분말을 6% 첨가한 마카롱이 기호도가 가장 높게 나왔다. 난백분말을 6% 첨가한 마카롱의 관능적 특성은 색 4.77점, 향 4.54점, 맛 4.77점, 조직감 4.92점, 전반적인 기호도 4.77점으로 모든 관능적 특성에서 기호도가 가장 높게 나타났다.

외관은 난백분말 6% 첨가군과 8% 첨가군이 동일하게 4.77점으로 가장 높았으며, 4% 첨가군 4.54점, 2% 첨가군 4.00점, 난백액 첨가군이 3.23점 순으로 기호도가 낮게 나타났다($p<0.05$). 외관은 난백분말 첨가군과 난백액 첨가군 간의 뚜렷한 기호도 차이가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 외관 기호도에 영향을 주는 부피, 중량, 퍼짐성, 명도 등의 품질 특성에서 난백분말을 첨가군과 난백액 첨가군 간에 뚜렷한 차이가 있는 것으로 나타났기 때문이다. 특히, 난백분말을 첨가할수록 부피($p<0.001$), 중량($p<0.001$), 명도($p<0.01$)는 증가하고, 퍼짐성($p<0.001$)은 감소하는 것으로 나타나서 난백분말 첨가가 외관 기호도를 높이는 데 도움이 되는 것으로 여겨진다(Table 7).

향은 난백분말 6% 첨가군이 4.54점으로 가장 높았으며, 4% 첨가군 4.15점, 난백액 첨가군 4.00점, 8% 첨가군 3.77점, 2% 첨가군 3.31점 순으로 기호도가 높게 나타났으나, 샘플 간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다.

맛은 난백분말 6% 첨가군이 4.77점으로 가장 높았으며, 난백액 첨가군 4.46점, 4% 첨가군 4.08점, 8% 첨가군 3.85점, 2% 첨가군 3.62점 순으로 기호도가 높게 나타났으나, 샘플 간의 유의적인 차이는 없었다. 마카롱의 맛에 영향을 주는 당도와 pH에서 난백분말을 첨가할수록 당도($p<0.01$)는 증가하고, pH($p<0.001$)는 저하하는 것으로 나타났으나, 관능평가에서 난백분말 첨가가 맛에 대한 기호도를 어느 정도는 증가시키지만 난백액 첨가군에 비해서 뚜렷하게 기호도를 높이지는 않는 것으로 나타났다.

조직감은 난백분말 6% 첨가군이 4.92점으로 가장 높았으며, 8% 첨가군 4.39점, 난백액 첨가군과 2% 첨가군 4.15점, 2% 첨가군 4.15점, 4% 첨가군 3.92점 순으로 기호도가 높은 것으로 나타났으나, 난백액 첨가군과 난백분말 첨가군 간에 뚜렷한 차이는 나타나지 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 조직감 기호도에 영향을 줄 수 있는 품질특성인 부피, 중량, 퍼짐성 등이 난백분말 첨가량이 증가할수록 조직감 기호

Table 7. Preference test scores of macaron added with egg white powder

Concentration of egg white powder (%)	Preference test scores				
	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall quality
0	3.23±1.24 ^a	4.00±1.63	4.46±1.66	4.15±1.52	4.00±1.63
2	4.00±1.53 ^{ab}	3.31±1.55	3.62±1.56	4.15±0.99	3.69±1.32
4	4.54±1.20 ^b	4.15±1.28	4.08±1.26	3.92±1.12	3.92±1.26
6	4.77±1.74 ^b	4.54±1.20	4.77±1.64	4.92±1.38	4.77±1.48
8	4.77±1.48 ^b	3.77±1.17	3.85±1.52	4.39±1.50	3.85±1.21
F-value (p)	2.663(0.041) [*]	1.429(0.235)	1.193(0.323)	1.084(0.373)	1.189(0.325)

^{a,b} Values with different small letters within a column differ significantly ($p<0.001$). Each value is mean±S.D. (n=3).

도를 높이지만, 난백액 첨가군과 비교해서 기호도를 뚜렷하게 높일 정도로 큰 영향은 주지 못하는 것으로 판단된다.

전반적인 기호도는 난백분말 6% 첨가군이 4.77점으로 가장 높았으며, 난백액 첨가군 4.00점, 4% 첨가군 3.92점, 8% 첨가군 3.85점, 2% 첨가군 3.69점 순으로 전반적인 기호도가 높은 것으로 나타났으나, 샘플간의 유의적이 차이는 없었다. 따라서 외관을 제외하고는 향, 맛, 조직감, 전반적인 기호도 등의 관능적 특성은 난백분말 첨가량이 증가될수록 기호도가 높아지지만 난백액 첨가군에 비해 뚜렷하게 기호도를 높여주지는 않는 것으로 나타났다. 이러한 결과로부터, 마카롱에 난백분말 6% 첨가하는 것이 관능적인 특성을 비롯한 품질특성을 가장 높일 수 있는 최적의 배합비로 판단되었다.

7. 항산화 활성

난백분말을 첨가한 마카롱의 항산화 활성 결과는 Table 8과 같다. DPPH 라디칼 소거활성은 난백액 첨가군 30.04%이며, 난백분말 2% 첨가군 34.06%, 4% 첨가군 36.10%, 6% 첨가군 39.97%, 8% 첨가군 40.70%로 난백분말의 첨가량이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.001$). SOD 유사활성은 난백액 첨가군이 14.44%이며, 난백분말 2% 첨가군 17.73%, 4% 첨가군 19.74%, 6% 첨가군 25.90%, 8% 첨가군 27.85%로 난백분말의 첨가량이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.001$). 환원력은 난백액 첨가군은 0.13이며, 난백분말 2% 첨가군 0.14, 4% 첨가군 0.14, 6% 첨가군 0.15, 8% 첨가군 0.15로 난백분말의 첨가량이 증가할수록 흡광도 값이 증가하여 항산화 활성도 증가하는 것을 알 수 있었다($p < 0.001$).

난백 단백질은 항산화, 항균, 항암, 항바이러스, 항염, 항염 등의 다양한 기능성이 있는 것으로 알려져 있다(Miguel 등 2007; Mine Y 2007; Erdmann 등 2008; Tanzadehpanah 등 2012). 특히 난백과 난황에는 ovalbumin, ovotransferrin, phosvitin과 같은 단백질뿐만 아니라, phospholipids와 같은 지방, vitamin E, vitamin A, selenium, carotenoids 등의 항산화 활성을 가진 물질들이 많이 들어있다(Cotterill & Geiger 1977; Huopalahti 등

2007; Li-Chan & Kim 2007; Nimalaratne & Wu 2015). 이중 난백 단백질은 항산화 활성에 중요한 영향을 주는 성분으로 난백 단백질 자체가 항산화 활성을 가질 뿐 아니라, 가수분해를 통해 저분자 peptide를 생성하여 항산화 활성이 증가한다(Kato 등 1989; Matsudomi 등 1991; Cho DY 2014). 이들 난백 단백질의 가수분해물인 antioxidant peptide 외에도 난백 단백질 간의 협력작용을 통해 항산화 활성이 강화되는 것으로 보고되었고(Dávalos 등 2004), 특히 난백 단백질을 가열·건조 과정을 거쳐 가수분해하면 고분자에서 저분자로 되면서 항산화 활성이 증가되는 것으로 나타났다(Yin 등 2014). 이러한 사례들은 난백 단백질뿐만 아니라, 난황과 유청, 병아리콩의 단백질 등에서도 가수분해 시 항산화 활성이 증가되는 것으로 나타나서 가열·건조과정을 통한 단백질의 가수분해가 항산화 활성을 증가시키는데 도움이 되는 것으로 판단된다(Sakanaka 등 2004; Li 등 2008; Peng 등 2009).

이와 같이 난백 단백질은 가수분해에 의해 항산화 활성이 증가되지만, 난백 단백질 자체적으로 항산화 활성이 높아지는 장점이 있다(Moon 등 2012). 특히 여러 종류의 난백 단백질 중의 하나인 ovotransferrin은 철분을 운반하는 단백질인 트랜스페린으로 우유에서 유래한 락토펜과 기능은 유사하지만, 항균, 항산화, 항바이러스 외에도 면역력을 조절하는 기능이 추가적으로 있는 것으로 보고되었다(Schade & Caroline 1944; Valenti 등 1985; Xie 등 2002; Giansanti 등 2005; Rath 등 2009). Ovotransferrin의 항산화 활성에 대한 선행연구에 따르면(Ibrahim 등 2007; Xu 등 2007; Moon 등 2012), ovotransferrin은 DPPH 라디칼 소거활성, metal binding activity, SOD 유사활성이 있는 것으로 나타났다. 이 외에도 난백에 많이 들어있는 것으로 알려진 황함유 아미노산인 cysteine도 항산화 활성이 높은 것으로 보고되었다(Lehtinen 등 2009; Nimalaratne & Wu 2015).

요약 및 결론

Table 8. Antioxidative activities of macaron added with egg white powder

Concentration of egg white powder (%)	DPPH free radical scavenging activity (%)	SOD-like activity (%)	Reducing power (O.D)
0	30.04±1.30 ^a	14.44±0.32 ^a	0.13±0.00 ^a
2	34.06±1.30 ^b	17.73±0.14 ^b	0.14±0.00 ^b
4	36.10±0.39 ^c	19.74±1.38 ^c	0.14±0.00 ^c
6	39.97±0.25 ^d	25.90±0.97 ^d	0.15±0.00 ^d
8	40.70±0.06 ^d	27.85±0.53 ^c	0.15±0.00 ^c
<i>F</i> -value (<i>p</i>)	80.223(0.000) ^{***}	145.201(0.000) ^{***}	40.053(0.000) ^{***}

^{a-c} Values with different small letters within a column differ significantly ($p < 0.001$). Each value is mean±S.D. (n=3).

마카롱의 영양과 품질을 높이면서 편이성을 도모하기 위해 난백분말을 첨가하여 마카롱을 제조하고, 영양성분, 품질 특성, 향산화 활성 등을 비교 평가하여 난백분말의 난백액 대체 가능성 및 최적의 배합비를 산출하였다.

난백분말을 첨가한 마카롱의 아미노산을 분석한 결과, 난백분말 8% 첨가군의 아미노산 총량이 7,584.20 mg/100 g으로 가장 높은 것으로 나타났다. 또한 난백분말의 첨가량이 증가할수록 glutamic acid($p<0.05$), arginine($p<0.05$), cystine($p<0.05$), lysine($p<0.001$), tryptophan($p<0.05$), histidine($p<0.01$), proline($p<0.05$) 등의 아미노산들이 증가하는 것으로 나타났다. 부피와 중량은 난백분말의 첨가량이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났다($p<0.001$). 퍼짐성은 난백분말의 첨가량이 증가할수록 감소하였다($p<0.001$). 당도는 난백분말 4% 첨가군이 가장 높았으며($p<0.01$), pH는 난백분말 2% 첨가군이 가장 높았다($p<0.001$). 색도 측정에서 L값은 난백분말 8% 첨가군이 가장 높았고($p<0.01$), a값은 난백분말 4% 첨가군이 가장 높았다($p<0.05$). 텍스처에서 난백분말의 첨가량이 증가할수록 견고성($p<0.01$), 씹힘성($p<0.05$), 검성($p<0.001$), 응집성($p<0.001$) 등이 감소하였고, 탄력성($p<0.01$)과 부착성($p<0.001$)은 증가하였다. 관능평가에서 난백분말을 6% 첨가한 마카롱이 외관, 맛, 향, 조직감, 전반적인 기호도 등의 모든 관능적 특성에서 가장 좋은 결과를 나타냈다. 향산화 활성에서 마카롱의 난백분말 첨가량이 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능, SOD 유사 활성, 환원력 등에서 모두 증가하는 것으로 나타났다($p<0.001$).

이상의 연구결과, 난백분말을 6% 첨가하였을 때에 품질이 높으면서 기호도가 우수한 마카롱을 제조할 수 있을 것으로 사료된다.

References

- AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 10th ed. Method 10-50D
- Bae YH, Park HW, Park HO, Jeong HS, Choi EJ, Chae IS. 2003. Food and Cookery Science. pp.80-104. Kyomunsa
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by use of a stable free radical. *Nature* 81:1199-1200
- Chabot JF. 1979. Preparation of food science sample for SEM. *Scan Electron Micros* 3:279-286
- Cho DY. 2014. *In vitro* and *in vivo* test of radical scavenging activity and functional properties of hydrolysates derived from egg-white protein. Ph.D. Thesis, Chonnam National Univ. Gwangju. Korea
- Cho KR, Kim MR, Kim OS, Son JW, Song MR, Choi Hs, Choi HY. 2013. Food Materials Science. pp.216-217. Powerbook
- Choi SY, Lim SY, Jung WS, Yoo KM, Hwang IK. 2015. Studies on quality characteristics and biological activities of macaroons supplemented with GABA (γ -aminobutyric acid) rice powder and xylose. *J East Asian Soc Dietary Life* 25:822-829
- Cotterill OJ, Geiger GS. 1977. Egg product yield trends from shell eggs. *Poult Sci* 56:1027-1031
- Dávalos A, Miguel M, Bartolomé B, López-Fandiño R. 2004. Antioxidant activity of peptides derived from egg white proteins by enzymatic hydrolysis. *J Food Prot* 67:1939-1944
- Doescher LC, Hoseney RC, Millken GA, Rubenthaler GI. 1987. Effect of sugar and flours on cookie spread evaluated by time-lapse photography. *Cereal Chem* 64:163-167
- Erdmann K, Cheung BWY, Schröder H. 2008. The possible roles of food-derived bioactive peptides in reducing the risk of cardiovascular disease. *J Nutr Biochem* 19:643-654
- Fennema OR. 1996. Food Chemistry. 3rd ed. pp.171-758. Marcel Dekker Inc
- FAO. 1970. Nutritional studies: amino-acid content of foods and biological data on proteins. *FAO Nutr Stud*. 24:1-285
- Giansanti F, Massucci MT, Giardi MF, Nozza F, Pulsinelli E, Nicolini C. 2005. Antiviral activity of ovotransferrin derived peptides. *Biochem Biophys Res Commun* 331:69-73
- Huopalahti R, Lopez-Fandino R, Anton M, Schade R. 2007. Bioactive Egg Compounds. pp.117-144. Springer Science & Business Media
- Ibrahim HR, Hoq MI, Aoki T. 2007. Ovotransferrin possesses SOD-like superoxide anion scavenging activity that is promoted by copper and manganese binding. *Int J Biol Macromol* 41:631-640
- Jeong SI. 2006. Meringue, powerful combination of sugar and egg white powder. *Bakery* 3:139
- Kang HJ, Choi HJ, Lim JK. 2009. Quality characteristics of cookies with ginseng powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:1595-1599
- Kato A, Ibrahim HR, Watanabe H, Honma K, Kobayashi K. 1989. New approach to improve the gelling and surface functional properties of dried egg white by heating in dry state. *J Agr Food Chem* 37:433-437
- Kim HS, Oh MS, Hwang IK. 2014. Food and Cookery Science. pp.293-301. Soo Hak Publishers
- Kim HY, Park JH. 2006. Physicochemical and sensory characteristics of pumpkin cookies using ginseng powder. *Korean J Food Cookery Sci* 22:855-863

- Kim JI. 2015. Physicochemical properties of macaroon prepared with *Eclipta alba*. MS Thesis, Hansung Univ. Gwangju. Korea
- Kim JM, Choi YB, Kim HT, Kim TY, Hwang HS, Hwang SM. 1991. Effects of egg-white addition on the quality of soybean curd. *J Korean Soc Food Nutr* 20:363-368
- Kim KH, Kim YS, Hong MS, Yook HS. 2016. Quality characteristics of meringue cookies added with tomato powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:366-371
- Kim MJ. 2013. Mom's Macaron. pp.48-58. Chung Publishers
- Kim MS. 2005. Light as a feather meringue. *Bakery* 3:148-151
- Ko YS, Sim KH. 2014. Quality characteristics and antioxidant activity of *Jeung-pyun* added with *Ju-bak* powder. *J East Asian Sod Dietary Life* 24:190-200
- Ko YT, Kang JH. 1999. Shelf life of freeze dried product of lactic acid bacteria fermented food prepared from milk or egg white powder. *Korean J Food Sci Technol* 31:1349-1356
- Ko YT, Lee EJ. 1996. The preparation of yogurt from egg white powder and casein. *Korean J Food Sci Technol* 28:337-344
- Ko YT. 1997. The preparation of yogurt from egg white powder and milk products. *Korean J Food Sci Technol* 29:546-554
- Koo SH. 2014. Parisien Macaron. pp.18-20. Pampas Publishers
- Lee KJ. 2005. Studies on the physico-chemical properties of dried egg white. MS Thesis, Hankyong National Univ. Seoul. Korea
- Lee MW, Choi SY, Yoo KM, Lim SY, Jung WS, Hwang IK. 2015. Development of value-added macaron with *Perilla frutescens* powders and their physiological characteristics. *Korean J Food Nutr* 28:66-72
- Lee SJ, Shin JH, Choi DJ, Kwen OC. 2007. Quality characteristics of cookies prepared with fresh and steamed garlic powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36:1048-1054
- Lee YT, Kim MH, Im JS, Kim JK, Ha SH, Lee SM, Kweon SJ, Suh SC. 2011. Influence of cooking on nutrient composition in provitamin A- biofortified rice. *Korean J Food Sci Technol* 43:683-688
- Lehtinen MK, Tegelberg S, Schipper H, Su H, Zukor H, Manninen O, Kopra O, Joensuu T, Hakala P, Bonni A, Lehesjoki AE. 2009. Cystatin B deficiency sensitizes neurons to oxidative stress in progressive *Myoclonus epilepsy*, EPM1. *J Neurosci* 29:5910-5915
- Li YH, Jiang B, Zhang T, Mu WM, Liu J. 2008. Antioxidant and free radical-scavenging activities of chickpea protein hydrolysate (CPH). *Food Chem* 106:444-450
- Liang Y, Kristinsson HG. 2005. Influence of pH-induced unfolding and refolding of egg albumen on its foaming properties. *J Food Sci* 70:C222-C230
- Li-Chan ECY, Kim HO. 2007. Structure and Chemical Composition of Eggs. pp.1-95. John Wiley & Sons. Ltd
- Marklund S, Gudrun M. 1974. Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur J Biochem* 47:469-474
- Matsudomi N, Ishimura Y, Kato A. 1991. Improvement of gelling properties of ovalbumin by heating in dry state. *Agric Biol Chem* 55:879-881
- Miguel M, Manso M, Aleixandre A, Alonso MJ, Salaices M, López-Fandiño R. 2007. Vascular effects, angiotensin I-converting enzyme (ACE) - inhibitory activity, and antihypertensive properties of peptides derived from egg white. *J Agr Food Chem* 55:10615-10621
- Mine Y. 2007. Egg proteins and peptides in human health chemistry, bioactivity and production. *Cur Pharmaceutical Design*. 13:875-884
- Ministry of Food and Drug Safety. 2012. Korean Food Standards Codex. pp.1-475
- Moon SH, Lee JH, Lee YJ, Paik JY, Ahn DU, Paik HD. 2012. Antioxidant, antimicrobial, and cytotoxic activities of ovotransferrin from egg white. *Korean J Food Sci An* 32:612-617
- Moon YL. 2016. Quality characteristics of macaroon cookies with added with *Momordica charantia* powder. MS Thesis, Hansung Univ. Seoul. Korea
- Nimalaratne C, Wu J. 2015. Hen egg as an antioxidant food commodity: a review. *Nutrients* 7:8274-8293
- Okmoto S. 1990. Protein sources and its activity. *Pain* 37:41-49
- Oldham AM, McComber DR, Cox DF. 2000. Effect of tartar level and egg white temperature on angel food cake quality. *Fam Consum Res J* 29:111-124
- Oyaizu M. 1986. Studies on products of browning reaction. antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *Jpn J Nutr* 44:307-315
- Peng XY, Xiong YLL, Kong BH. 2009. Antioxidant activity of peptide fractions from whey protein hydrolysates as measured by electron spin resonance. *Food Chem* 113:196-201
- Peom JW. 2013. Characteristics and manufacture of macaroon cookie prepared with black ginseng powder. MS Thesis, Hansung Univ. Seoul. Korea
- Rath NC, Anthony NB, Kannan L, Huff WE, Huff GR, Chapman HD. 2009. Serum ovotransferrin as a biomarker of inflammatory diseases in chickens. *Poultry Sci* 88:2069-2074
- Sakanaka S, Tachibana Y, Ishihara N, Juneja LR. 2004. Antioxidant

- activity of egg-yolk protein hydrolysates in a linoleic acid oxidation system. *Food Chem* 86:99-103
- Schade AL, Caroline L. 1944. Raw hen egg white and the role of iron in growth inhibition of *Shigella dysenteriae*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Science* 100:14-15
- Segyeilbo. 2016. National dessert, strange tip to enjoy the Macaron. Available from: <http://www.segye.com> [cited 17 November 2016]
- Song TH, Woo IA, Son JW, Oh SI, Shin SM. 2014. Understanding Culinary Science. pp.208-231. Kyomunsa
- Tanzadehpanah H, Asoodeh A, Chamani J. 2012. An antioxidant peptide derived from Ostrich (*Struthio camelus*) egg white protein hydrolysates. *Food Res Inter* 49:105-111
- Valenti P, Visca P, Antonini G, Orsi N. 1985. Antifungal activity of ovotransferrin towards genus *Candida*. *Mycopathologia* 89:169-175
- Waters AccQ-Tag Amino Acid Analysis System. 1993. Operator's Manual. Manual number 154-02TP REV O June. Millipore Corp
- Xie H, Newberry L, Clark FD, Huff WE, Huff GR, Balog JM. 2002. Changes in serum ovotransferrin levels in chickens with experimentally induced inflammation and diseases. *Avian Dis* 46:122-131
- Xu X, Shigeru K, Mine Y. 2007. Antioxidant activity of tryptic digests of hen egg yolk phospholipid. *J Sci Food Agric* 87:2604-2608
- Yang HY, Kim MY, Kim JY, Shim JY, Imm JY, Park KH. 2009. Effects of egg white manufacturing conditions on the physico-chemical and sensory properties of angel food cakes. *Korean J Food Sci Technol* 41:167-172
- Yang JS, Oh BY. 1999. Characteristics of egg white. *Food Sci Indust* 32:42-55
- Yin C, Yang L, Zhao H, Li CP. 2014. Improvement of antioxidant activity of egg white protein by phosphorylation and conjugation of epigallocatechin gallate. *Food Res Intrl* 64:855-863
- Yoo KM. 2015. Development of macaron with Korean red peppers (*Capsicum annuum* L.) and GABA rice and evaluation of physiological characteristics. *Korean J Food Nutr* 28:351-357
- Yu HH. 2014. Quality characteristics and antioxidant activity of cookies added with *Aloe vera* powder. *Korean J Human Ecology* 23:929-940

Received 28 November, 2016

Revised 08 March, 2017

Accepted 17 March, 2017