계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액 함량을 달리하여 제조한 쌀머핀의 특성

윤기홍¹ · 김원모² · 이규희¹

¹우송대학교 외식조리영양학부

²우송정보대학 제과제빵학과

Properties of Rice Muffin with the Addition of Chickpea Aqueous Solution Instead of Egg Whites

Ki-Hong Yoon¹, Weon-Mo Kim², and Gyu-Hee Lee¹

¹Department of Food Science & Biotechnology, Woosong University

²Department of Baking & Pastry, Woosong College

ABSTRACT This study sought to confirm the feasibility of manufacturing rice muffins using a chickpea aqueous solution instead of egg whites. A comparison was carried out between muffins made with rice powder and egg whites (ER), muffins made with flour and egg whites (EWW), and muffins made by using various amounts of chickpea aqueous solution (CAS) as a replacement for egg whites. The results showed that in comparison with the foam-forming ability of egg whites, the foaming ability of the chickpea aqueous solution was very good when the foam was created using a whisk. The rice muffins prepared by using 80% (CAS80) and 85% (CAS85) of the egg whites with aqueous chickpea solution were similar in appearance to ER. The rheology results showed that ER had a springiness (elasticity) value between CAS85 and CAS90. There was no statistically significant difference in hardness between ER and CAS. The similarity of rice muffins made by varying the amount of chickpea aqueous solution instead of the egg whites was analyzed through the Euclidean distance between treatments by multidimensional scaling (MDS). In the MDS analysis, the R^2 value for the linear fit was 0.9842, indicating a high fit for the linear analysis. The samples were classified into three classes in the position diagram of the Euclidean distance model of the MDS. The EWW group was the treatment group in class A, and the CAS90, CAS95, CAS100 groups were in class B. Class C comprised the ER, CAS80, and CAS85 groups. Thus, it was found that ER, CAS80, and CAS85 had similar characteristics. In conclusion, it is possible to prepare rice muffins by using a 80 and 85% chickpea aqueous solution instead of egg whites (CAS80 and CAS85). The muffins prepared in this manner have characteristics similar to those prepared using rice powder and egg whites.

Key words: rice muffin, egg white, chickpea aqueous solution, rice flour

서 론

머핀은 달콤한 고칼로리 제품으로 좋은 맛과 부드러운 식감으로 소비자들의 호평을 받고 있다. 전통적인 머핀은 밀가루, 식물성 기름, 계란, 설탕 및 물 또는 우유로 만들어진다 (Sanz 등, 2009). 머핀 반죽은 소화되지 않은 전분 입자, 지방 입자, 단백질, 설탕 등을 포함하는 다층시스템으로 구성된 수중유적형 에멀전 형태의 연속상 반고체 매트릭스로 “cellular system”이라고 정의 내릴 수 있다(Walstra, 2003).

여기에서 “cell”은 비연속적인 기포로 채워져 있으며 이로 인해 구운 머핀은 전형적인 폐포 다공성(alveolar-porous) 구조와 높은 부피가 특징이며 스펀지(sponge) 질감을 제공한다. 이러한 최종 스펀지 질감의 구조를 얻기 위해서는 반죽 상태에 작고 안정적인 기포의 생성이 요구된다(Martinez-Cervera 등, 2012b; Martinez-Cervera 등, 2012a). 반죽의 거품을 형성하고 유지하기 위해 반죽 혼합 중에 공기를 통합하는 것이 중요하다. 머핀 반죽에서 계란흰자 단백질은 좋은 거품 생성 능력, 유화, 안정화, 탄력 및 기타 특성을

Received 7 May 2021; Revised 24 August 2021; Accepted 30 August 2021

Corresponding author: Gyu-Hee Lee, Department of Food Science & Biotechnology, Woosong University, 171 Dongdeajeonro, Dong-ku, Daejeon 34606, Korea, E-mail: gyuhee@wsu.ac.kr

Author information: Ki-Hong Yoon (Professor), Weon-Mo Kim (Professor), Gyu-Hee Lee (Professor)

Copyright © 2021 by The Korean Society of Food Science and Nutrition. All rights Reserved.

This is Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

부여한다(Wilderjans 등, 2013).

그러나 계란으로 제조된 전통적인 제과 제품은 종교적 이유, 건강 문제, 개인 생활 방식에 따른 선택성, 알레르기를 발생시킬 수도 있는 문제점이 있으며, 또한 계란은 제과 제품 재료 비용의 약 50%를 차지하는 등의 문제점을 안고 있다(Arozarena 등, 2001). 따라서 제과 제품을 생산하기 위해 계란을 부분적으로 또는 완전히 대체할 수 있는 계란 대체물을 개발하는 데 관심이 높아지고 있다. 제과 제품의 계란 대체물로 다양한 유형의 단백질이 실험되었다(Arozarena 등, 2001; Jyotsna 등, 2007). 계란 대체물로 주로 연구되는 액상 단백질(aqueous phase proteins)은 설탕과 무기질을 용해하며 지질을 유화시키고 전분 과립과 불용성 단백질의 반죽(batter)에 에멀전 형태로 분산된다. 굽기 과정 중 반죽의 전분은 호화되고 단백질은 변성되어 겔화되고 기포가 삽입된 매트릭스(baked matrix)를 형성하여 스펀지 질감을 부여하는 다공성 구조로 이산화탄소 가스 거품이 연속 단계를 유지되어 굽기 과정에 의해 부피를 증가하게 된다(Sciammaro 등, 2018).

또한, 최근 식품 산업에서는 동물 기반 단백질의 대체물로 식물 단백질을 활용하는 것에 관한 관심이 높아지고 있다. 콩과 식물 단백질은 영양가, 가용성, 저렴한 비용 및 유익한 건강 효과를 가지고 있어 특히 관심을 받고 있다(Karaca 등, 2011). 콩과 식물은 전 세계적으로 풍부한 단백질 공급원이며 곡물보다 약 3배 더 많은 단백질을 함유하고 있다. 콩과 식물 중 병아리콩(chickpea, *Cicer arietinum* L.)은 통곡물 생산을 기준으로 한 상위 5대 콩류 중 하나이다(Hefnawy 등, 2012). 병아리콩의 사용 증가 가능성은 상대적으로 저렴한 비용, 높은 단백질 함량(21.9~26.8%), 높은 단백질 소화율(76~78%) 등 바람직한 기능이 있기 때문이다(Xu 등, 2014). 따라서 병아리콩은 머핀 반죽에서 글루텐프리 제품을 제조하거나 부분적으로 밀가루를 대체하기 위해 사용되었다(Alvarez 등, 2016).

본 연구는 식물성 단백질에 대한 관심과 비건 인구 증가 추세를 고려하여 계란흰자를 대체하여 병아리콩 수용액을 이용한 비동물성 쌀머핀의 제조 가능성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액 양을 달리하여 제조한 쌀머핀 제조는 계란, 설탕(Samyang Co., Ltd., Seoul, Korea), 쌀 분말(Nongshim Co., Ltd., Asan, Korea), 박력분(Daehan Flour Mills Co., Ltd., Seoul, Korea), 2019년도 캐나다산 병아리콩(World Green, Goesan, Korea)을 재료로 사용하였다.

계란흰자 대체용 병아리콩 수용액의 제조

병아리콩 수용액은 병아리콩 5 kg을 세척한 후 3배량의 물을 부어 20±2°C에서 12시간 침지하였다. 침지 후 병아리콩은 블랜더(Dynamix-X, Tefal, Millville, NJ, USA)를 이용하여 분쇄한 후 거즈를 이용하여 여과한 다음 여액을 냉각고에서 12시간 침전시켜 전분을 분리하였다. 전분을 분리한 상등액은 90°C에서 5분간 가열처리한 후 침전되는 층을 제거한 상등액을 병아리콩 수용액으로 하였다. 이 병아리콩 수용액의 고형분 함량은 4.49±0.33%였다.

계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액 양을 달리하여 제조한 쌀머핀 제조 방법

계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액 양을 달리하여 제조한 쌀머핀 반죽 배합비는 계란흰자의 양을 병아리콩 수용액으로 대체한 것을 기준으로 반죽에 사용된 용액의 양을 처리구로 하였으며 반죽 배합비는 Table 1에 표시하였다. 쌀 분말과 계란흰자를 이용하여 제조한 머핀은 ER(rice muffin made with egg white and rice flour), 밀가루 박력분과 계란흰자를 이용하여 제조한 머핀은 EWW(muffin made with egg white and weak wheat flour), 계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액 양을 달리하여 제조한 머핀은 CAS(muffin made by replacing of egg white with chickpea aqueous solution)로 표시하였다. 예를 들어 CAS80(rice muffin made by replacing 80% of egg white amount with chickpea aqueous solution)은 계란흰자를 대체하기

Table 1. Mixing amount of material for making rice muffin with various amount of chickpea aqueous solution

Materials	ER ¹⁾	EWW ²⁾	CAS80 ³⁾	CAS85 ⁴⁾	CAS90 ⁵⁾	CAS95 ⁶⁾	CAS100 ⁷⁾
Rice flour	140	0	140	140	140	140	140
Sugar	140	140	140	140	140	140	140
Chickpea aqueous solution	0	0	112	119	126	133	140
Egg white	140	140	0	0	0	0	0
Weak wheat flour	0	140	0	0	0	0	0

¹⁾ER means the rice muffin made with egg white and rice flour.

²⁾EWW means the muffin made with egg white and weak wheat flour.

³⁾CAS80 means the rice muffin made by replacing 80% of egg white amount with chickpea aqueous solution.

⁴⁾CAS85 means the rice muffin made by replacing 85% of egg white amount with chickpea aqueous solution.

⁵⁾CAS90 means the rice muffin made by replacing 90% of egg white amount with chickpea aqueous solution.

⁶⁾CAS95 means the rice muffin made by replacing 95% of egg white amount with chickpea aqueous solution.

⁷⁾CAS100 means the rice muffin made with chickpea aqueous solution instead of the same amount of egg white.

These abbreviations were related with whole tables and figures.

위해 사용된 병아리콩 수용액 양의 80%를 이용하여 제조한 쌀머핀을 의미한다. 계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액 양을 달리하여 제조한 쌀머핀은 Shevkani와 Singh 방법(2014)을 일부 수정하여 제조하였다. 계란흰자 또는 병아리콩 수용액 양을 달리하여 3~4회 나누어 반죽기(KitchenAid K5SS, St. Joseph, MI, USA)에 넣고 4단에서 4분, 6단에서 6분간 거품을 제조한 후 배합비에 따른 박력분(140 g) 또는 쌀 분말(140 g)과 설탕(140 g)을 넣어 저속으로 2분, 중속으로 8분 동안 혼합하여 반죽을 제조하였다. 완성된 반죽을 55 g씩 종이컵 틀(bottom diameter 50×top diameter 70×height 68 mm)에 넣어 170°C로 예열된 오븐에서 28분간 구워낸 후 꺼내어 실온(온도 22±2°C, 습도 75±10%)에서 2시간 식힌 후 머핀틀과 함께 머핀을 poly ethylene film bag에 넣어 밀봉한 후 높이, 무게, 수분함량, 색도 및 물성을 측정하였다.

계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액 양을 달리하여 제조한 쌀머핀의 높이, 무게 및 수분함량 측정

계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액 양을 달리하여 제조한 쌀머핀의 부피를 종자치환법으로 측정하는 것은 구조가 깨지는 현상(collapse) 때문에 어려움이 있어서 높이를 측정하였다. 높이는 calliper를 이용하여 머핀의 외부(outside)와 내부(inside)의 높이를 측정하였다(Herranz 등, 2016). 머핀 외부높이는 머핀틀을 떼어낸 외부의 높이를 측정하였고, 내부높이는 머핀의 중앙을 반으로 잘라 중앙의 높이를 측정하였다. 수분함량은 상압건조법(Chae 등, 2000)으로 분석하였으며 모든 측정은 3회씩 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액의 양을 달리하여 제조한 쌀머핀의 crumb 색도 측정

계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액 양을 달리하여 제조한 쌀머핀의 crumb 색도는 색차계(DR-10, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)의 값을 측정하였다. 이때 L값은 0(검은색)에서 100(흰색)까지, a값은 -80(녹색)에서 100(적색)까지, b값은 -70(청색)에서 70(황색)까지였으며, 표준백색판의 L, a, b값은 각각 93.81, -0.19, 3.91이었다. Crumb 색도 측정은 계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액 첨가량을 달리하여 제조한 글루텐프리 쌀머핀의 5.0×5.0×2.0 cm 크기로 잘라 3회씩 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다(Kim 등, 2019).

계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액의 양을 달리하여 제조한 쌀머핀의 물성

계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액 양을 달리하여 제조한 쌀머핀의 물성은 머핀을 5.0×5.0×2.0 cm로 잘라 레오 미터(Rheometer, COMPAC-100II, Sun Scientific Co.,

Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 측정 조건은 지름이 25 mm인 원통형 plunger를 사용하여 table speed 60 mm/min, 최대하중 2 kg, 변형율 50%, 2 bite의 조건으로 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness), 깨짐성(brittleness), 강도(strength) 및 경도(hardness)를 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다(Kim 등, 2019).

계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액의 양을 달리하여 제조한 쌀머핀의 통계 분석

계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액 양을 달리하여 제조한 쌀머핀에 대한 통계분석은 SPSS 프로그램(ver 24.0, IBM Company, Chicago, IL, USA)을 사용하였고, 결과는 분산분석 후 Duncan's multiple range test($P<0.05$)를 실시하였다. 계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액 양을 달리하여 제조한 쌀머핀의 높이, 무게, 수분함량, 색도 및 물성 분석 결과와 계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액 양을 달리하여 제조한 쌀머핀들에 대한 유사성 분석은 다차원척도법(multidimensional scaling, MDS)을 시행하여 비교하였다. MDS 분석은 SPSS의 ALSCAL procedure를 사용하여 선형적합 산점도(scatter plot of linear plot)를 이용하여 데이터들의 거리와 상이성에 대한 상관성을 확인하였으며, ALSCAL procedure 결과에 대한 처리들 간의 유클리디안 거리를 위치도(position diagram of euclidean distance model)로 표시하여 ER, EWW와 CAS 사이의 유사성을 분석하였다.

결과 및 고찰

계란흰자 대체용 병아리콩 수용액의 거품 형성능

동물복지 및 현재 비건 인구가 증가하는 추세를 고려하여 계란흰자를 대체하기 위해 병아리콩 수용액을 이용하여 쌀머핀을 제조하였다. 계란흰자의 거품 형성능을 대체하기 위해 병아리콩 수용액을 거품기를 이용하여 제조한 거품의 형

Fig. 1. Bubble shape of chickpea aqueous solution for making rice muffin.

태는 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에 나타난 바와 같이 병아리콩 수용액의 거품 형성능은 아주 우수함을 알 수 있었다. 계란흰자의 거품 형성에 대한 병아리콩 수용액의 거품 형성 비율은 약 95%에 달하여 Buhl 등(2019)이 계란흰자에 대한 병아리콩 삶은물의 거품 형성 비율이 약 84%라고 보고한 값보다 높은 것을 알 수 있었다. 단백질은 기름-물 계면(oil-water interface)에 물리적 장벽을 형성하여 계면 장력을 감소시키고 유착을 방지하는 역할을 한다(Jiang 등, 2009). 단백질은 또한 연속 상의 점도를 증가시켜 액적(droplet) 이동 속도를 감소시켜 유화 안정성에 기여한다. 단백질이 효과적인 유화제가 되기 위해서는 유수 계면(oil-water interface)에 쉽게 흡착되고 계면에서 펼쳐지며, 분자 간 상호작용을 통해 기름방울 주위에 응집성 막을 형성하여 유화 특성을 가져야 한다. Papalamprou 등(2010)은 병아리콩 수용성 단백질은 유화 특성과 거품 형성능을 갖는다고 보고한 바 있다. 본 연구에서 제조한 병아리콩 수용액에는 수용성의 단백질이 주로 존재하는 것으로 판단되며 이들에 의해 거품 형성이 이루어진 것으로 판단된다.

계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액 양을 달리하여 제조한 쌀머핀의 외관, 높이, 무게 및 수분함량 분석 결과

쌀 분말에 계란흰자를 이용하여 제조한 쌀머핀(ER)을 대조구로 하고, 계란흰자를 대체해 병아리콩 수용액을 사용하여 머핀(CAS)을 제조하여 그 결과를 비교하였으며 외관에 대한 사진은 Fig. 2에 표시하였다. 전체 머핀 외관 사진 Fig. 2A에서 EWW는 부피 팽창이 가장 많이 된 것을 알 수 있었으나 ER의 부피 팽창은 EWW만큼 크지는 않았다. Baudouin 등(2020)은 밀가루에 함유되어 있는 gliadin 단백질과 glutenin 단백질은 반죽 및 굽기 과정 중 network를 형성하여 gas를 유지해 부피 팽창에 도움을 준다고 보고하였다. Ya-

mauchi 등(2004)은 쌀에 함유된 단백질은 network 구조 형성이 어렵기 때문에 쌀가루를 이용한 제빵 제품은 밀가루로 제조한 제빵 제품보다 부피 팽창이 작아진다고 보고하였다. Kim 등(2020)은 쌀 분말만을 이용하여 제조한 머핀은 밀가루를 이용하여 제조된 머핀보다 부피는 작고 탄력성은 낮으며 경도는 높아 밀가루를 이용하여 제조한 머핀보다 제빵 특성이 약간 떨어지는 것을 알 수 있었으나 쌀 분말만으로도 머핀 제조는 가능하다고 보고하여 본 연구결과와 유사함을 알 수 있었다. CAS는 병아리콩 수용액 함량이 증가할수록 크기가 커지다가 CAS100에서는 다시 작아지는 경향을 보였다. 전체 머핀 외관 사진에서 ER, CAS80과 CAS85의 외관은 유사한 것으로 보인다. 머핀의 단면도 Fig. 2B를 보면 ER에 비해 CAS에서 병아리콩 수용액 함량이 증가할수록 큰 기공이 많이 보이는 경향을 나타내었으나 CAS80과 CAS85는 ER과 유사한 경향을 나타내었다. 외관에서는 CAS80과 CAS85가 ER과 유사한 것을 확인하여 병아리콩 수용액이 계란흰자를 대체할 가능성이 있음을 알 수 있었다.

계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액 양을 달리하여 제조한 쌀머핀의 높이, 무게 및 수분함량 분석 결과는 Table 2에 표시하였다. Table 2에서 외부높이는 EWW가 가장 높았으며, 다음으로는 ER이 높았으나 ER, CAS90과 CAS95 사이에는 통계적으로 유의차가 없었다. 내부높이도 EWW가 가장 높았으며, 다음으로는 ER이 통계적으로 유의차를 나타내며 높은 값을 나타내었다. CAS는 모든 처리구에서 통계적으로 유의차를 나타내며 ER보다 낮은 값을 나타내었다. 전반적으로 머핀의 내부높이는 외부높이보다 낮게 측정되었으나 CAS 머핀들은 내부높이가 통계적으로 유의차를 나타내며 낮게 측정되었다. Crockett 등(2011)은 계란흰자의 albumen 단백질은 거품 형성능이 우수하고 가열과정 중 거품 유지 능력이 우수하여 빵의 부피 팽창이 우수했으나 계란을

Fig. 2. Pictures of whole (A) and cross-section of rice muffins made with various amount of chickpea aqueous solution. ¹⁾Abbreviations are referred to Table 1.

Table 2. Outside and inside height, weight, and moisture content of rice muffin made with various amount of chickpea aqueous solution instead of egg white

	ER ¹⁾	EWW	CAS80	CAS85	CAS90	CAS95	CAS100
Outside height (mm)	57.87±2.10 ^{b3)2)}	70.07±1.89 ^a	54.37±0.72 ^d	54.20±1.93 ^d	55.80±0.62 ^{bcd}	57.37±0.38 ^{bc}	54.93±0.67 ^{cd}
Inside height (mm)	56.97±1.97 ^b	68.67±2.07 ^a	46.30±0.46 ^d	47.50±1.84 ^{cd}	48.00±0.53 ^{cd}	50.03±1.21 ^c	49.43±0.49 ^c
Weight (g)	46.37±0.38 ^c	44.03±0.12 ^d	46.50±0.10 ^{bc}	46.60±0.20 ^{bc}	46.73±0.15 ^{bc}	46.93±0.21 ^{ab}	47.40±0.53 ^a
Moisture content (%)	24.87±0.75 ^b	22.64±0.71 ^c	24.64±0.26 ^b	25.01±0.84 ^b	25.04±0.50 ^b	25.28±0.06 ^b	26.97±0.23 ^a

¹⁾Abbreviations are referred to Table 1.²⁾Mean±SD (n=3).³⁾Means with different letters in same row are different at 5% significance level by Duncan's multiple range test.

대체하여 분리대두단백(soy protein isolate, SPI)을 이용하여 제빵 하였을 때 약간 낮은 부피 팽창을 보였다고 보고하였다. 또한 Matos 등(2014)은 쌀 분말을 기반으로 한 머핀 제조에서 머핀의 부피는 단백질의 형태가 중요하며 식물성 단백질보다는 동물성 단백질이 머핀 부피를 증가시키는 데 더 효과적이라고 보고하여 본 연구결과와 유사함을 알 수 있었다. 머핀들의 무게는 CAS100이 가장 높았으며 EWW가 가장 낮은 값을 나타내었다. 수분함량은 EWW에서 가장 낮은 수분함량을 나타내었으며 다음으로 ER이 통계적으로 유의차를 나타내며 낮은 값을 나타내었다. 계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액을 이용하여 제조한 쌀머핀들(CAS)의 수분함량은 병아리콩 수용액 함량이 높아질수록 늘어나는 경향을 나타내었으나, CAS100에서만 통계적으로 유의차를 나타내며 높은 값을 나타내었고 나머지 처리구에서는 통계적 유의차를 나타내지는 않았다.

계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액의 양을 달리하여 제조한 쌀머핀의 색도 분석 결과

계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액의 양을 달리하여 제조한 쌀머핀의 색도 분석 결과는 Table 3에 표시하였다. Table 3에서 계란흰자를 이용하여 제조한 쌀머핀(ER)과 계란흰자와 박력분을 이용하여 제조한 머핀(EWW) 사이에 색도 L값은 통계적 유의차가 없었다. 그러나 계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액을 이용하여 제조한 쌀머핀에서는 병아리콩 수용액의 양이 증가할수록 L값이 낮아지는 경향을 나타내었다. 병아리콩 수용액 양이 증가할수록 L값이 낮아지는 이유는 병아리콩 수용액의 L값이 어두운 것에서 기인한 것으로 판단된다(Matoss 등, 2014). a값은 EWW가 가장 낮은 값을 나타내었고, 병아리콩 수용액 양이 감소할수록 증가하는 경향을 나타내었다. b값은 ER과 EWW 사이에는 통계

적 유의차가 없었으나 병아리콩 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. Lin 등(2017)은 계란을 사용하여 제조한 케이크와 계란 대신 분리대두단백(SPI)을 이용하여 제조한 케이크의 L, a, b값을 측정하였을 때 SPI를 사용하여 계란 없이 제조한 케이크의 L값이 더 낮아 더 어두웠다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사하였다. 또한, SPI를 사용하여 계란 없이 제조한 케이크는 대조군 케이크보다 a값은 상당히 높지만 b값은 낮았다고 하여 본 연구결과와 유사함을 알 수 있었다.

계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액의 양을 달리하여 제조한 쌀머핀의 rheology 분석 결과

계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액의 양을 달리하여 제조한 쌀머핀의 rheology 분석 결과는 Table 4에 표시하였다. Table 4에서 탄력성(springiness)은 CAS95와 CAS100에서 다른 처리구에 비해 통계적으로 유의차를 나타내고 높은 값을 나타내었으며, CAS90과 EWW 사이에는 통계적으로 유의차가 없었고, ER은 CAS85와 CAS90 사이 값을 나타내었으며 CAS 사이에서는 병아리콩 수용액 첨가량이 증가할수록 높은 탄력성을 나타내었다. 탄력성은 신선도와 기포 형성능이 비례적 관계에 있기 때문에 높은 탄력성을 갖는 머핀은 고품질의 머핀임을 말한다(Sanz 등, 2009). Alvarez 등(2016)은 글루텐프리 머핀 제조 시 기공의 숫자가 많으면 많을수록 전분의 호화 과정에서 기공 유지가 유리하다고 보고하였다. Sanz 등(2009)은 병아리콩 분말을 밀가루를 대체하여 머핀을 제조하였을 때 병아리콩 분말 함량이 증가할수록 머핀에서 diameter가 큰 기공의 숫자는 줄어들고 기공의 양은 증가하는 경향을 나타내었다고 보고하였다. Martinez-Cervera 등(2012b)은 반죽에서 많은 숫자의 작은 기공핵(saml gas nuclei)들은 머핀의 높이와 부피 팽창을 좋게

Table 3. Hunter L, a, b values of rice muffin made with various amount of chickpea aqueous solution instead of egg white

	ER ¹⁾	EWW	CAS80	CAS85	CAS90	CAS95	CAS100
L-value	62.90±1.16 ^{a3)2)}	62.08±2.31 ^a	56.85±0.26 ^b	55.65±0.57 ^b	53.39±0.53 ^c	52.74±1.40 ^{cd}	51.08±0.50 ^d
a-value	-7.45±0.26 ^{abc}	-11.64±0.30 ^d	-8.74±0.80 ^c	-8.21±0.57 ^{bc}	-8.60±1.13 ^c	-6.97±1.25 ^{ab}	-6.23±0.29 ^a
b-value	15.47±0.13 ^{abc}	15.68±0.42 ^{ab}	16.14±0.34 ^a	15.19±0.46 ^{abc}	14.68±0.79 ^{bc}	14.45±0.94 ^c	12.90±0.75 ^d

¹⁾Abbreviations are referred to Table 1.²⁾Mean±SD (n=3).³⁾Means with different letters in same row different at 5% significance level by Duncan's multiple range test.

Table 4. Rheology of rice muffins made with various amount of chickpea aqueous solution instead of egg white

	ER ¹⁾	EWW	CAS80	CAS85	CAS90	CAS95	CAS100
Springiness (%)	100.55±0.24 ^c	102.26±0.92 ^b	95.15±0.19 ^c	96.88±1.31 ^d	102.44±1.10 ^b	104.47±0.58 ^a	104.08±0.25 ^a
Cohesiveness (%)	107.07±2.02 ^d	153.04±13.75 ^a	94.49±2.29 ^c	98.74±5.26 ^{de}	126.78±3.05 ^c	143.66±4.60 ^{ab}	134.43±1.86 ^{bc}
Chewiness (g)	336.81±34.17 ^b	799.96±60.15 ^a	243.71±41.59 ^b	252.74±45.37 ^b	285.81±89.79 ^b	308.64±59.45 ^b	296.86±84.71 ^b
Brittleness (g)	341.10±34.30 ^b	784.72±49.17 ^a	242.93±45.90 ^b	240.45±42.88 ^b	298.28±92.08 ^b	315.88±59.01 ^b	309.01±88.48 ^b
Adhesiveness (g)	-11.67±2.08 ^a	-13.67±3.06 ^a	-21.33±0.58 ^b	-26.00±4.36 ^{bc}	-29.33±7.57 ^c	-32.00±4.58 ^c	-31.00±3.61 ^c
Strength (g/cm ²)	99.27±5.66 ^b	136.53±5.55 ^a	82.96±8.27 ^c	85.72±4.07 ^c	80.30±3.86 ^c	72.35±9.86 ^c	75.27±11.61 ^c
Hardness (g/cm ²)	176.27±11.85 ^b	358.00±46.91 ^a	185.60±8.39 ^b	180.07±17.29 ^b	173.30±6.84 ^b	158.17±7.33 ^b	171.23±7.08 ^b

¹⁾Abbreviations are referred to Table 1.

²⁾Mean±SD (n=3).

³⁾Means with different letters in same row are different at 5% significance level by Duncan's multiple range test.

하는 중요한 긍정적인 요소가 되어 높은 탄력성을 나타내고 보고하였다. 본 연구에서 CAS90 이상에서는 ER보다 높은 탄력성을 나타내어 이들의 보고와 유사함을 알 수 있었다. 응집성(cohesiveness)은 EWW에서 가장 높은 값을 나타내었으며 병아리콩 수용액의 첨가량이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었으며, CAS90이상에서는 ER보다 높은 값을 나타내었다. 씹힘성(chewiness)은 EWW가 가장 높은 값을 나타내었으며 ER과 CAS들은 EWW보다 낮은 값을 나타내었으며 쌀머핀들 간에 통계적 유의차는 없었다. 씹힘성 값이 낮다는 것은 씹기가 용이하다는 것을 의미한다(Alvarez 등, 2016). Sanz 등(2009)은 밀가루와 병아리콩 분말을 밀가루를 대체하여 머핀을 제조하였을 때 병아리콩 분말을 이용하여 제조한 머핀의 씹힘성 값이 현저히 감소하여 씹기 쉬운 머핀을 제조할 수 있었다고 보고하여 본 연구결과와 유사함을 알 수 있었다. 깨짐성(brittleness)은 EWW에서 통계적으로 유의차를 나타내며 가장 높은 값을 나타내었으나 ER과 CAS 사이에는 통계적으로 유의차를 나타내지 않아 EWW가 가장 잘 깨지는 머핀임을 알 수 있었다. 부착성(adhesiveness)은 EWW와 ER 사이에는 통계적으로 유의차를 나타내지 않았으나 CAS들 사이에서는 병아리콩 수용액 함량이 증가할수록 부착성은 커지는 것을 알 수 있었다. 강도(strength)는 EWW가 가장 높은 값을 나타내었고, 다음은 ER, 그리고 CAS 순으로 낮아졌으며 병아리콩 수용액 함량이 높을수록 강도는 낮아지는 것을 알 수 있었다. 경도(hardness)는 EWW가 가장 높았으며 ER과 CAS 사이에는 통계적 유의차가 없었으나, CAS 처리구에서는 병아리콩 수용액 함량이 증가할수록 경도는 낮아지다가 CAS100에서는 약간 증가하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의차는 없었다. 경도, 탄력성과 응집성은 머핀에서 소비자 기호도와 연관된 중요한 물리적 특성이다(Shevkani와 Singh, 2014). Sanz 등(2009)은 병아리콩 분말을 밀가루를 대체하여 머핀을 제조하였을 때 경도는 병아리콩 분말 100%로 제조한 머핀에서 가장 낮은 값을 나타내었다고 보고하였다. 본 연구에서는 계란흰자를 대체하여 병아리콩 수용액을 이용하여 제조한 쌀머핀의 경도는 통계적으로 유의차는 없었지만 낮아지는 경향을 나타내어 이들의 연구결과와 유사함을 알 수 있었다.

계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액의 양을 달리하여 제조한 쌀머핀의 다차원분석 결과

다차원척도법(multidimensional scaling, MDS) 분석은 많은 수의 개체들을 상대적 거리에 기초하여 2차 평면 또는 다차원 공간상에 위치화하는 분석법이다. MDS의 장점은 상대적인 거리만 알고 있는 많은 개체의 위치도를 쉽게 작성할 수 있다는 것이다(Won과 Jeung, 2001). 본 연구에서는 계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액 첨가량을 달리하여 제조한 쌀머핀들에 대한 유사성 분석을 MDS로 분석하였다. MDS 분석은 SPSS의 ALSCAL procedure를 사용하였으며 거리(distance)와 상이성(difference)에 대한 선형적합 산점도(scatter plot of linear plot)는 Fig. 3에 표시하였으며, 선형적합도에 대한 R²값은 0.9842로 선형 분석의 적합도가 높은 것을 알 수 있었다. MDS의 ALSCAL procedure 결과에 대한 처리들 간의 유클리디안 거리 위치도(position diagram of euclidean distance model)는 Fig. 4에 표시하였다. Fig. 4에서 계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액을 달리하여 제조한 머핀에서 물리적 특성과 추출액 첨가량을 달리하여 제조한 머핀 종류들끼리의 유클리디안 거리 위치도에서 가까이 존재하는 것끼리 그룹화하였다. Diagram에서 각각의 처리에 대하여 3 반복한 결과를 포함하여 거리를 비교하였기 때문에 각 처리구 뒤에 숫자는 반복의 숫자를 의미하

Fig. 3. Scatter plot of linear plot among rice muffins made with various amount of chickpea aqueous solution and their outside and inside heights, weight, moisture contents, colors, and rheology by ALSCAL of multidimensional scaling.

Fig. 4. Position diagram of euclidean distance model among rice muffins made with various amount of chickpea aqueous solution and their outside and inside heights, weight, moisture contents, colors, and rheology on dimension axes using dimension 1 and dimension 2 by ALSCAL of multidimensional scaling. Abbreviations are referred to Table 1, and the numbers after abbreviations mean the replication number.

며 모든 처리구에서 반복에 대하여는 가까운 거리에 존재하였다. 각각 처리구에 대하여 가까운 거리에 있는 처리구를 그룹화하면 A, B, C 세 개로 분류할 수 있었다. 분류 A에 속한 처리구로는 EWW 그룹, 분류 B에 속한 처리구로는 CAS90, CAS95, CAS100 그룹, 분류 C에 속하는 처리구로는 ER, CAS80, CAS85 그룹으로 분류할 수 있었다. 같은 그룹으로 묶여진 처리구들은 유클리디안 거리가 가까운 것을 의미하며 각각의 그룹들은 서로 유사한 특성이 있음을 의미한다(Won과 Jeung, 2001). 따라서 본 연구에서는 찹머핀 제조에서 계란흰자를 병아리콩 수용액으로 대체 가능한지를 확인하고자 하는 것이 목적이므로 ER과 같은 군집에 있는 처리구를 선택하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

결론적으로 계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액을 달리하여 제조한 찹머핀 제조 방법으로 CAS80 또는 CAS85를 선택한다면 계란흰자가 없는 찹머핀 제조가 가능할 것으로 판단된다.

요 약

식물성 단백질의 관심과 비건 인구의 증가 추세를 고려하여 계란흰자를 대체하여 병아리콩 수용액을 이용한 찹머핀 제조 가능성을 확인하기 위하여 본 실험을 진행하였다. 처리구는 쌀 분말과 계란흰자를 이용하여 제조한 머핀(ER), 밀가루와 계란흰자를 이용하여 제조한 머핀(EWW), 계란흰자를 대체하기 위해 사용된 병아리콩 수용액 양을 달리하여 제조한 머핀들(CAS 80, CAS85, CAS90, CAS95, CAS100)이 있다. 계란흰자의 거품 형성능을 대체하기 위해 병아리콩 수용액을 거품기를 이용하여 거품을 제조하였을 때 병아리콩 수

용액의 거품 형성능은 아주 우수함을 알 수 있었다. 외관에서는 계란흰자 80%에 해당하는 양을 병아리콩 수용액으로 대체하여 제조한 글루텐프리 찹머핀(CAS80)과 CAS85가 ER과 유사하였다. 계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액의 양을 달리하여 제조한 찹머핀의 rheology 분석 결과, 탄력성(springiness)에서 ER은 CAS85와 CAS90 사이 값을 나타내었으며, CAS 사이에서는 병아리콩 수용액 첨가량이 증가할수록 높은 탄력성을 나타내었다. 경도(hardness)는 ER과 CAS 사이에는 통계적 유의차가 없었다. 계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액 첨가량을 달리하여 제조한 찹머핀들은 다차원척도법(multidimensional scaling, MDS)으로 처리 간 유클리디안 거리를 통하여 유사성을 분석하였다. MDS 분석 결과 선형적합도에 대한 R^2 값은 0.9842로 선형 분석의 적합도가 높았다. MDS의 유클리디안 거리 위치도(position diagram of euclidean distance model)에서 처리들은 세 개의 그룹으로 분류되었으며, 분류 A에 속한 처리구로는 EWW 그룹, 분류 B에 속한 처리구로는 CAS 90, CAS95, CAS100 그룹, 분류 C에 속하는 처리구로는 ER, CAS80, CAS85 그룹으로 분류할 수 있어 ER, CAS80과 CAS85는 유사한 특성을 갖는 것을 알 수 있었다. 결론적으로 계란흰자를 대체한 병아리콩 수용액을 달리하여 제조한 찹머핀 제조 방법으로 CAS 80 또는 CAS85를 선택한다면 계란흰자가 없는 찹머핀 제조가 가능할 것으로 판단된다.

REFERENCES

- Alvarez MD, Herranz B, Fuentes R, Cuesta FJ, Canet W. Replacement of wheat flour by chickpea flour in muffin batter: Effect on rheological properties. *J Food Proc Eng.* 2016. 40:e12372.

- <https://doi.org/10.1111/jfpe.12372>
- Arozarena I, Bertholo H, Empis J, Bunger A, Sousa I. Study of the total replacement of egg by white lupine protein, emulsifiers and xanthan gum in yellow cakes. *Eur Food Res Technol*. 2001. 213:312-316.
- Baudouin F, Nogueira TL, Mijnsbrugge A, Frederix S, Redl A, Morel MH. Mechanochemical activation of gluten network development during dough mixing. *J Food Eng*. 2020. 283: 110035. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110035>
- Buhl TF, Christensen CH, Hammershoj M. Aquafaba as an egg white substitute in food foams and emulsions: protein composition and functional behavior. *Food Hydrocolloids*. 2019. 96:354-364.
- Chae SK, Kang GS, Ma SJ, Bang KY, Oh MH, Oh SH. Standard Food Analytics. Jigu Publishing Co., Seoul, Korea. 2020. p 221-222.
- Crockett R, Ie P, Vodovotz Y. Effects of soy protein isolate and egg white solids on the physicochemical properties of gluten-free bread. *Food Chem*. 2011. 129:84-91.
- Hefhawy TMH, El-Shourbagy GA, Ramadan MF. Impact of adding chickpea (*Cicer arietinum* L.) flour to wheat flour on the rheological properties of toast bread. *Int Food Res J*. 2012. 19:521-525.
- Herranz B, Canet W, Jimenez MJ, Fuentes R, Alvarez MD. Characterisation of chickpea flour-based gluten-free batters and muffins with added biopolymers: rheological, physical and sensory properties. *Int J Food Sci Technol*. 2016. 51:1087-1098.
- Jiang J, Chen J, Xiong YL. Structural and emulsifying properties of soy protein isolate subjected to acid and alkaline pH-shifting processes. *J Agric Food Chem*. 2009. 57:7576-7583.
- Jyotsna R, Manohar RS, Indrani D, Rao GV. Effect of whey protein concentrate on the rheological and baking properties of eggless cake. *Int J Food Prop*. 2007. 10:599-606.
- Karaca AC, Low N, Nickerson M. Emulsifying properties of chickpea, faba bean, lentil and pea proteins produced by isoelectric precipitation and salt extraction. *Food Res Int*. 2011. 44:2742-2750.
- Kim WM, Yoon KH, Lee GH. Physicochemical properties of gluten-free rice pan bread by adding processed rice flour. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2019. 48:1143-1152.
- Kim WM, Yoon KH, Lee GH. Properties of gluten-free rice muffins with added processed rice flour. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 2020. 49:502-510.
- Lin M, Tay SH, Yang H, Yang B, Li H. Replacement of eggs with soybean protein isolates and polysaccharides to prepare yellow cakes suitable for vegetarians. *Food Chem*. 2017. 229: 663-673.
- Martinez-Cervera S, de la Hera E, Sanz T, Gomez M, Salvador A. Effect of using erythritol as a sucrose replacer in making Spanish muffins incorporating xanthan gum. *Food Bioprocess Technol*. 2012a. 5:3203-3216.
- Martinez-Cervera S, Sanz T, Salvador A, Fiszman SM. Rheological, textural and sensorial properties of low-sucrose muffins reformulated with sucralose/polydextrose. *LWT - Food Sci Technol*. 2012b. 45:213-220.
- Matos ME, Sanz T, Rosell CM. Establishing the function of proteins on the rheological and quality properties of rice based gluten free muffins. *Food Hydrocolloids*. 2014. 35:150-158.
- Papalamprou EM, Doxastakis GI, Kiosseoglou V. Chickpea protein isolates obtained by wet extraction as emulsifying agents. *J Sci Food Agric*. 2010. 90:304-313.
- Sanz T, Salvador A, Baixauli R, Fiszman SM. Evaluation of four types of resistant starch in muffins. II. Effects in texture, colour and consumer response. *Eur Food Res Technol*. 2009. 229:197-204.
- Sciammaro LP, Ferrero C, Puppo MC. Gluten-free baked muffins developed with *Prosopis alba* flour. *LWT - Food Sci Technol*. 2018. 98:568-576.
- Shevkani K, Singh N. Influence of kidney bean, field pea and amaranth protein isolates on the characteristics of starch-based gluten-free muffins. *Int J Food Sci Tech*. 2014. 49:2237-2244.
- Walstra P. Soft solids. In: *Physical Chemistry of Foods*. Marcel Dekker Inc., New York, NY, USA. 2003. p 701-789.
- Wilderjans E, Luyts A, Brijs K, Delcour JA. Ingredient functionality in batter type cake making. *Trends in Food Sci Technol*. 2013. 30:6-15.
- Won TY, Jeung SW. Hangeul SPSS 10K Statistic Research Analysis. SPSS Academy, Ottawa, Canada. 2001. p 405-428.
- Xu Y, Thomas M, Bhardwaj HL. Chemical composition, functional properties and microstructural characteristics of three kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by different cooking methods. *Int J Food Sci Technol*. 2014. 49:1215-1223.
- Yamauchi H, Noda T, Matsuura-Endo C, Takigawa S, Saito K, Oda Y, et al. Bread-making quality of wheat/rice flour blends. *Food Sci Technol Res*. 2004. 10:247-253.