병아리콩 분말 함량을 달리하여 제조한 글루텐프리 쌀빵의 물리적 특성

김원모¹ · 윤기홍² · 이규희²

¹우송정보대학 제과제빵학과

²우송대학교 외식조리영양학부

Physicochemical Properties of Gluten Free Rice Pan Bread with Chickpea Flour Supplementation

Weon-Mo Kim¹, Ki-Hong Yoon², and Gyu-Hee Lee²

¹Department of Baking & Pastry, Woosong College

²Department of Food Science & Biotechnology, Woosong University

ABSTRACT This study was conducted to enhance the nutrition of gluten-free rice bread prepared using rice powder and processed rice powder by supplementing with chickpea flour (CPF), and to confirm improvement in the properties of the final product. Gluten-free rice bread was prepared by replacing 3, 6, 9, and 12% of the rice powder with chickpea flour, and changes in the properties during baking and storage were measured and compared. The values were plotted using the principal component analysis (PCA). Baking aptitude analysis revealed no significant difference in the volume and specific volume of gluten-free rice bread without chickpea flour (0%) and supplementation with 3% chickpea flour. Assessing for alterations during the storage period revealed decreased cohesiveness with increasing chickpea flour supplementation; however, no significant difference was observed between 0% and 3% CPF. The principal component analysis of the change in physical properties during storage of gluten-free rice bread with different CPF supplementations revealed a variance proportion of 0.697 to PC1, and 0.263 to PC2. Moreover, no differences were obtained in the characteristics of 0% and 3% CPF during the storage period. In conclusion, supplementation with 3% chickpea flour is determined to be optimal for the preparation of gluten-free rice bread using rice flour and processed rice flour.

Key words: gluten free, rice pan bread, chickpea flour, physical properties, principal component analysis

서론

셀리악병은 평생을 거쳐 식이를 제한해야 하는 세계적으로 가장 일반적인 평생식이장애(life long dietary disorder) 중 하나이며, 셀리악병 환자들에게 글루텐은 철, 엽산, 수용성 비타민 등 중요한 영양소 섭취를 방해한다(Minarro 등, 2012). 현재 셀리악병 증세를 갖는 환자 수가 증가함에 따라 글루텐프리 제품, 특히 글루텐프리 빵에 대한 요구는 증가하는 추세이다. 그러나 제빵에서 글루텐은 점탄성(elasticity, cohesiveness, viscous characteristics)을 주는 중요한 성분으로 글루텐 없이 점탄성이 우수한 글루텐프리 빵을 제조하는 것은 어려움이 있다(Aguilar 등, 2005).

글루텐프리 빵은 주로 쌀, 수수, 조 등의 곡류 분말, 퀴노

아, 아마란스, 메밀 등 유사 곡물(Pseudocereal) 분말, 또는 soya, chickpea, carob, pea 등 콩류(legume) 분말 등이 이용되고 있으며, 옥수수, 감자 및 카사바 전분과 단백질, hydrocolloids, emulsifiers와 shortening 등의 물질들을 적절한 범위로 조절하여 글루텐을 함유한 빵의 점탄성과 유사하도록 제빵하기 위한 다양한 연구가 진행되었다(Minarro 등, 2012; Moroni 등, 2009; Zannini 등, 2012)

병아리콩은 단백질, 식이섬유, 탄수화물, 엽산 및 미량 무기질(Fe, Mo, Mn)을 다량 함유하고 있다(Meng 등, 2010). 병아리콩 단백질은 우수한 유화력과 거품성을 가질 뿐만 아니라 높은 지방흡수능을 가지고 있다(Karaca 등, 2011; Du 등, 2014). 이러한 병아리콩 단백질의 기능적인 특성은 글루텐프리 빵 제조와 밀가루와 병아리콩 분말을 사용하여 제

Received 16 February 2021; Revised 30 March 2021; Accepted 31 March 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: Weon-Mo Kim (Professor), Ki-Hong Yoon (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.

할 때 우수한 제빵 특성을 부여한다고 하였다(Minarro 등, 2012). Gularte 등(2012)은 케이크를 제조할 때 5% 병아리콩 분말을 첨가하였을 때 높은 비용적을 나타내었다고 보고하였고, Ergin과 Herken(2012)은 쿠키를 제조할 때 병아리콩 분말을 밀가루의 80%까지 대체가 가능하였다고 보고하였으며, Han 등(2010)은 크래커를 제조할 때 밀가루를 100% 병아리콩 분말로 대체하여도 제조가 가능하였다고 보고하였다. 병아리콩은 밀에 부족하기 쉬운 필수아미노산이 풍부하고 식이섬유, 여러 가지 비타민(thiamine, niacin, ascorbic acid), 무기질(Ca, Fe, K, Mg, P), 불포화지방산(linoleic, oleic) 등을 다량 함유하고 있어(Zafar 등, 2015) 밀가루 빵 제조 시 밀가루를 대체하여 제빵에 이용하기도 하였다(Shrivastava와 Chakraborty, 2018).

본 연구에서는 선행연구에서 쌀 분말과 가공쌀 분말만을 이용하여 제조한 글루텐프리 쌀빵(Yoon 등, 2020)에 병아리콩 분말을 첨가하여 영양을 강화하고 쌀과 가공쌀 분말로 제조한 글루텐프리 쌀빵의 물성 개선 여부를 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵을 제조하기 위하여 국내산 쌀 분말(Nongshim Mibun, Nongsihm, Asan, Korea)과 국내산 가공쌀 분말(processed rice flour, ES Food, Gunpo, Korea), 미국산 병아리콩 분말(chickpea flour, Ingreen, Pocheon, Korea)을 이용하였다. 부재료는 생이스트(raw yeast, Ottuggi, Gyeonggi, Korea), 식염(ggot sogeum, Beak-Jo Pyo, Gyeonggi, Korea), 설탕(fine sugar, CheilJedang, Gyeonggi, Korea), 탈지분유(seoul milk Co., Ltd., Gyeonggi, Korea)를 사용하였다.

병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 제조

병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵 제조 방법은 Yoon 등(2020)의 방법에서 최적화 조건을 활용하였다. 병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵 제조는 쌀 분말을 병아리콩 분말로 대체하였으며 반죽 배합비는 Table 1에 표시하였다. 각각의 건조 재료를 반죽기(SM 200, Sinmag, Taipei, Taiwan)에 넣고 2분간 저속으로 혼합한 후, shortening과 물을 넣고 4분간 중속으로 반죽한 다음 반죽을 250 g씩 식빵 쥘(120×70×70 mm)에 넣은 후 습도 80%, 온도 35°C 조건에서 50분간 발효하여 30분간 170°C의 오븐에서 구워 제빵하였다. 제빵 후 실온(온도 22±2°C, 습도 75±10%)에서 2시간 식힌 후 실험 재료로 사용하였다.

병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 무게, 부피, 비용적 및 굽기 손실률

병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 무게

Table 1. Mixing ratio for making the gluten free rice pan bread with various chickpea flour amount¹⁾

	0% CPF	3% CPF	6% CPF	9% CPF	12% CPF
Rice powder	85	82	79	76	73
Processed rice powder	15	15	15	15	15
Chickpea flour	0	3	6	9	12
Water	85	85	85	85	85
Dry yeast	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Sugar	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
Salt	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

¹⁾0% CPF means gluten free rice pan bread dough making with 0% chickpea flour and 100% mixture of 85% rice flour (RF) and 15% processed rice flour (PRF). 3.0% CPF means gluten free pan bread dough making with 3% chickpea flour instead of RF. 6.0% CPF means gluten free pan bread dough making with 6% chickpea flour instead of RF. 9.0% CPF means gluten free pan bread dough making with 9% chickpea flour instead of RF. 12.0% CPF means gluten free pan bread dough making with 12% chickpea flour instead of RF. These abbreviations were related with all Fig. and Tables.

는 제빵 후 실온에서 2시간 방랭시킨 다음 측정하였으며, 빵의 부피는 종자치환법으로 측정하였다. 병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 비용적은 빵 부피(mL)를 빵 무게(g)로 나누어 구하였으며, 굽기 손실률은 반죽의 무게와 식빵의 무게를 측정하여 다음 식을 이용하여 산출하였다(Mohammadi 등, 2015).

$$\text{굽기 손실률(\%)} = \frac{\text{반죽의 무게(g)} - \text{빵의 무게(g)}}{\text{반죽의 무게(g)}} \times 100$$

병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 crumb 색도 측정

병아리콩 분말 첨가량을 달리한 쌀빵의 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(검정색)에서 100(흰색)까지, a값(적색도)은 -80(녹색)에서 100(적색)까지, b값(황색도)은 -70(청색)에서 70(황색)까지였으며, 표준백색판의 L, a, b 값은 각각 93.81, -0.19, 3.91이었다. Crumb 색도 측정은 병아리콩 분말 첨가량을 달리한 쌀빵을 10.0×10.0×1.0 cm 크기로 잘라 5회씩 반복 측정하여 평균 값을 구하였다(Kim 등, 2019).

병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 물성 측정

병아리콩 분말 첨가량을 달리한 쌀빵의 물성은 빵 crust로부터 중간 부분을 가로 3.0×3.0×1.0 cm로 잘라 2장을 겹쳐 레오미터(Rheometer, COMPAC-100 II, Sun Scientific Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 측정 조건은 직경이 25 mm인 원통형 plunger를 사용하여 최대하중 2 kg, 변형률 50%, table speed 60 mm/min, 2 bite

조건으로 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness), 깨짐성(brittleness), 부착성(adhesiveness), 강도(strength) 및 경도(hardness)를 5회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다(Kim 등, 2019).

저장기간에 따른 병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 특성 변화

병아리콩 분말 첨가량을 달리한 쌀빵의 저장 특성은 실온에서 2시간 식힌 후 1 cm 두께로 자른 빵을 polyethylene film bag에 넣어 밀봉한 다음 항온 항습기(온도 $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, 습도 $75\pm 10\%$)에서 3일간 저장하면서 1일 간격으로 시료를 취하여 분석하였다. 저장과정 중 수분함량은 상압건조법(Chae 등, 2000)으로 분석하였으며, 색도 및 물성의 변화는 병아리콩 분말 첨가량을 달리한 쌀빵의 색도 및 물성 측정 방법과 동일하게 실시하였다.

통계분석

병아리콩 분말 첨가량을 달리한 쌀빵의 특성에 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. 병아리콩 분말 첨가량을 달리한 쌀빵의 수분함량, 색도 및 물성 분석 결과와 병아리콩 분말 첨가량을 달리한 쌀빵의 처리별 저장기간에 따른 상관관계는 주성분 분석(principal component analysis, PCA)을 수행하였다. PCA 분석과 분석 결과에 따른 plot은 Minitab 14(Minitab™ Release 14.20, Minitab Inc., State College, PA, USA)를 이용하였다.

결과 및 고찰

병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 무게, 부피, 비용적 및 굽기 손실률

병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 무게, 부피, 비용적 및 굽기 손실률에 대한 결과는 Table 2에 표시하였고 단면에 대한 사진은 Fig. 1에 나타내었다. 병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 무게는 병아리콩 분말의 첨가량을 증가시키에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 병아리콩 분말 첨가량을 달리하여 제조한 글루텐프리 쌀빵의 부피는 병아리콩 분말을 3% 첨가하였을 때 병아리콩 분말을 첨가하지 않은 글루텐프리 쌀빵의 부피와 통계적으로 유의차를 나타내지 않았으나, 병아리콩 분말 첨가량 6% 이상 첨가 시 부피는 감소하였다. 그러나 6%, 9%, 12%로 제조한 글루텐프리 쌀빵의 부피는 통계적으로 유의차를 나타내지 않았다. 병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 굽기 손실률은 병아리콩 분말의 첨가량을 증가시키에 따라 증가하는 경향을 나타내었다.

병아리콩 분말의 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 비용적은 병아리콩 분말을 3% 첨가하였을 때 병아리콩 분말을 첨가하지 않은 글루텐프리 쌀빵의 부피와 통계적으로 유의차를 나타내지 않았지만, 병아리콩 분말 첨가량 6% 이상 첨가 시 비용적은 감소하였다. 그러나 6%, 9%, 12% 병아리콩 분말로 제조한 글루텐프리 쌀빵의 비용적은 통계적으로 유의차를 나타내지 않았다. 제빵에서 비용적은 제빵 수행의 정량적 측정 결과를 공급해주기 때문에 제빵 특성을 평가하는데 중요한 영역이다(Tronsmo 등, 2003). Boye 등(2010)은 pea, soya 및 chickpea 단백질을 이용하여 제빵하였을

Table 2. Quality characteristics of gluten free rice flour pan breads made with various chickpea flour amount

	Samples ¹⁾				
	0% CPF	3% CPF	6% CPF	9% CPF	12% CPF
Weight (g)	225.00±0.71 ^a	224.00±1.00 ^{ab}	222.80±1.64 ^{bc}	222.60±1.34 ^{bc}	221.80±0.45 ^c
Volume (mL)	506.80±5.8 ^a	507.00±4.12 ^a	485.00±4.12 ^b	484.40±6.15 ^b	485.00±6.28 ^b
Specific volume (mL/g)	2.25±0.03 ^a	2.28±0.03 ^a	2.18±0.02 ^b	2.18±0.03 ^b	2.17±0.02 ^b
Baking loss rate (%)	10.00±0.28 ^c	10.40±0.40 ^b	10.88±0.66 ^{ab}	10.96±0.54 ^{ab}	11.28±0.18 ^a

¹⁾ Abbreviations are referred to Table 1.

Mean±SD (n=3).

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

Fig. 1. Pictures for the upper crumb surface of gluten free rice pan breads made with various chickpea flour amount.

때 병아리콩 단백질을 이용한 빵의 비용적이 높았는데, 이는 병아리콩 단백질이 oil droplet 주변에 skin 혹은 film을 형성하는 거품 형성능과 안정성 때문이라고 하였다. Aguilar 등(2005)은 병아리콩 분말을 사용하여 글루텐프리 쌀빵을 제조하였을 때 비용적이 높았다고 보고하였다. Minarro 등(2012)은 옥수수전분을 기반으로 이를 7%의 병아리콩 분말로 대체하여 첨가한 후 글루텐프리 빵 제조 시 병아리콩 단백질이 가지고 있는 유화 안정성 때문에 비용적을 3.2 정도로 증가시킨다고 보고하였다. 본 연구에서는 전분을 기반으로 한 글루텐프리 빵이 아닌 쌀가루를 기반으로 하였기 때문에 Minarro 등(2012)의 결과와 같지는 않았다. 그러나 0% CPF와 3% CPF 사이에 비용적은 통계적으로 유의차를 나타내지 않았으며, Fig. 1에서 병아리콩 분말을 첨가하여 제조한 빵의 단면에서 쌀가루만 이용한 빵보다 외관에서 기포 형성 상태가 더 좋은 것을 알 수 있었다. 제빵 직후 특성 분석 결과 병아리콩 분말을 3% 첨가하여 글루텐프리 쌀빵을 제조하는 것은 가능할 것으로 판단되었다.

저장 중 병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 수분함량 변화

병아리콩 분말의 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 저장 중 수분함량 변화는 Table 3에 나타내었다. Table 3에서 병아리콩 분말 함량의 증가에 따라 수분함량은 약간씩 증가하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의차를 나타내지는 않았다. 저장기간에 따라서는 모든 처리구에서 통계적으로 차이를 나타내며($P<0.05$) 줄어드는 경향을 나타냈다. Nilufer-Erdil 등(2012)은 콩 분말에 함유된 불용성 식이섬유와 단백질은 수분과 결합할 수 있는 스펀지와 같은 역할을 함으로써 빵의 수분함량을 높인다고 보고하였다. Vittadini와 Vodovotz(2003) 밀가루 빵에 콩 분말을 첨가하였을 때 저장기간 동안 수분함량이 줄어드는 것을 막을 수 있었다고 보고하였다. 이들의 연구 결과는 본 연구에서 병아리콩 분말의 함량이 높아질수록 빵의 수분함량이 높은 값을 나타내고, 저장기간에 따라 수분함량이 적게 줄어드는 결과와 유사함을 알 수 있었다.

Table 3. Moisture content analysis results of gluten free rice pan bread made with various chickpea flour amount during storage periods (Unit: %)

Samples ¹⁾	Storage periods (days)			
	0	1	2	3
0% CPF	48.20±0.35 ^{bA}	47.84±0.37 ^{aAB}	47.47±0.20 ^{aB}	46.83±0.03 ^{bC}
3% CPF	48.46±0.15 ^{abA}	47.87±0.17 ^{aB}	47.52±0.40 ^{aB}	46.98±0.18 ^{bC}
6% CPF	48.62±0.04 ^{aA}	47.89±0.20 ^{aB}	47.54±0.33 ^{aB}	47.00±0.19 ^{bC}
9% CPF	48.68±0.08 ^{aA}	48.06±0.10 ^{aB}	47.55±0.20 ^{aC}	47.03±0.18 ^{bD}
12% CPF	48.82±0.29 ^{aA}	48.17±0.13 ^{aB}	47.71±0.20 ^{aC}	47.37±0.13 ^{aC}

¹⁾ Abbreviations are referred to Table 1.

Mean±SD (n=3).

Means with different small letters (a,b) in a column are different at 5% significance level by Duncan's multiple range test.

Means with different capital letters (A-D) in a row are different at 5% significance level by Duncan's multiple range test.

Table 4. Crumb surface color changes of gluten free rice pan bread made with various chickpea flour amount during storage periods

Colors	Samples ¹⁾	Storage periods (days)			
		0 day	1 day	2 day	3 day
L	0% CPF	56.78±0.60 ^{aA}	56.19±1.99 ^{aA}	54.69±0.36 ^{aA}	54.26±2.58 ^{aA}
	3% CPF	56.33±1.19 ^{aA}	53.91±1.34 ^{abAB}	53.45±2.56 ^{aAB}	52.38±0.77 ^{abB}
	6% CPF	55.70±2.58 ^{abA}	53.72±1.53 ^{abA}	52.79±3.21 ^{aA}	50.84±2.30 ^{abcA}
	9% CPF	55.52±0.46 ^{abA}	52.64±1.40 ^{abB}	52.39±2.84 ^{aAB}	49.13±3.47 ^{bcB}
	12% CPF	53.20±1.94 ^{bA}	52.40±0.51 ^{bA}	50.17±1.19 ^{aAB}	47.18±2.99 ^{cB}
a	0% CPF	-3.88±0.95 ^{aA}	-4.51±2.88 ^{aA}	-6.55±0.62 ^{bA}	-6.56±0.11 ^{bA}
	3% CPF	-3.37±0.64 ^{aA}	-4.35±0.25 ^{aAB}	-5.41±0.91 ^{abBC}	-6.37±0.60 ^{bC}
	6% CPF	-3.27±1.26 ^{aA}	-4.01±1.30 ^{aAB}	-4.73±0.89 ^{aAB}	-5.79±1.31 ^{abB}
	9% CPF	-3.17±1.07 ^{aA}	-3.90±0.51 ^{aAB}	-4.37±1.53 ^{aAB}	-5.43±0.78 ^{abB}
	12% CPF	-2.42±0.46 ^{aA}	-3.67±0.76 ^{aB}	-3.72±0.37 ^{aB}	-4.27±0.84 ^{aB}
b	0% CPF	18.76±1.12 ^{aA}	15.50±0.28 ^{aB}	12.56±1.58 ^{aC}	12.20±0.52 ^{aC}
	3% CPF	15.81±0.89 ^{bA}	14.39±0.62 ^{aB}	11.72±0.36 ^{aC}	10.47±0.38 ^{bD}
	6% CPF	14.98±0.97 ^{bcA}	12.95±0.49 ^{bB}	9.40±1.22 ^{bC}	8.05±0.41 ^{cC}
	9% CPF	13.43±1.00 ^{cA}	10.06±0.62 ^{cB}	7.60±0.37 ^{cC}	6.96±0.77 ^{dC}
	12% CPF	11.23±0.46 ^{dA}	9.30±1.17 ^{cB}	6.53±0.32 ^{cC}	5.15±0.12 ^{eD}

Abbreviations are referred to Table 1.

Mean±SD (n=5).

Means with different small letters (a-e) in a column are different at 5% significance level by Duncan's multiple range test.

Means with different capital letters (A-D) in a row are different at 5% significance level by Duncan's multiple range test.

저장 중 글루텐프리 병아리콩 분말 첨가량을 달리한 쌀빵의 crumb 색도 변화

병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 색도 변화는 Table 4에 나타내었다. Crumb의 색도는 crust 색도보다 Maillard 반응에 영향을 덜 받게 되고 대부분 빵 원료의 색에 영향을 많이 받게 된다(Minarro 등, 2012). 병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 명도(L, lightness)는 병아리콩 분말을 첨가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. Aguilar 등(2015)은 제빵에서 명도가 낮아지는 원인은 빵의 기포 크기(cell size)가 작고 Maillard 반응이 더 일어난다는 경우라고 설명하였다. 본 연구에서 병아리콩 분말

을 첨가한 경우 병아리콩 분말에 함유된 단백질 함량도 증가하므로 Maillard 반응이 첨가되지 않았을 때보다 더 강하게 발생하여 명도가 낮아진 것으로 판단된다. 저장기간에 따라서는 감소하는 경향을 나타내었는데 이는 전분의 노화에 의한 것(Nilufer-Erdil 등, 2012)으로 판단된다. 적색도(a, redness)는 병아리콩 분말 첨가량에 다른 차이는 없으므로 나타났으나 저장기간에 따라서는 감소하는 경향을 나타내었다. 황색도(b, yellowness)는 병아리콩 분말 첨가량이 증가할수록 증가하는 경향을 나타냈다. 저장기간에 따라서는 각 처리구마다 통계적으로 유의차를 나타내며 감소하는 경향을 나타내었다.

Table 5. Rheology changes of gluten free rice pan bread made with various chickpea flour amount during storage periods

Characteristics	Samples ¹⁾	Storage periods (days)			
		0 day	1 day	2 day	3 day
Springiness (%)	0% CPF	101.90±2.02 ^{aA}	101.41±0.89 ^{aA}	101.04±0.31 ^{aA}	100.72±1.08 ^{aA}
	3% CPF	101.72±0.43 ^{aA}	101.40±0.66 ^{aA}	101.04±2.57 ^{aA}	100.59±0.65 ^{aA}
	6% CPF	101.53±0.24 ^{aA}	101.19±1.14 ^{aA}	100.83±0.42 ^{aA}	100.56±0.65 ^{aA}
	9% CPF	101.15±0.67 ^{aA}	101.12±0.24 ^{aA}	100.56±0.48 ^{aA}	100.28±1.05 ^{aA}
	12% CPF	100.98±0.63 ^{aA}	100.85±0.03 ^{aAB}	100.41±0.41 ^{aAB}	100.14±0.24 ^{aB}
Cohesiveness (%)	0% CPF	101.77±5.57 ^{aA}	99.36±1.31 ^{aA}	97.74±4.04 ^{aAB}	96.84±4.85 ^{aB}
	3% CPF	100.51±4.62 ^{aA}	98.92±9.72 ^{aA}	96.84±1.88 ^{aAB}	94.98±0.37 ^{abB}
	6% CPF	99.74±1.69 ^{abA}	95.36±2.31 ^{abAB}	95.06±4.35 ^{abAB}	91.75±0.76 ^{bB}
	9% CPF	97.87±3.95 ^{abA}	94.24±1.34 ^{abAB}	93.23±2.26 ^{abAB}	91.37±1.04 ^{bB}
	12% CPF	97.31±1.84 ^{bA}	93.03±0.73 ^{bAB}	91.88±5.74 ^{bB}	91.34±1.47 ^{bB}
Chewiness (g)	0% CPF	143.39±15.03 ^{cB}	162.38±3.20 ^{cAB}	171.53±5.89 ^{cAB}	184.81±37.29 ^{cA}
	3% CPF	180.15±12.43 ^{bcB}	185.19±40.05 ^{bcAB}	209.62±16.56 ^{bcAB}	215.60±10.07 ^{bcA}
	6% CPF	180.85±17.47 ^{bcB}	203.97±3.92 ^{bB}	227.63±39.09 ^{abAB}	254.32±26.53 ^{abA}
	9% CPF	200.49±37.47 ^{bB}	250.12±23.37 ^{aAB}	264.53±11.10 ^{aA}	275.57±36.47 ^{abA}
	12% CPF	256.54±23.57 ^{aB}	272.48±8.85 ^{aAB}	273.09±37.89 ^{aAB}	301.21±39.99 ^{aA}
Brittleness (g)	0% CPF	145.04±14.54 ^{cB}	163.35±4.13 ^{cAB}	174.47±5.52 ^{cAB}	186.71±37.42 ^{cA}
	3% CPF	181.47±13.26 ^{bcA}	187.35±40.81 ^{cA}	211.71±17.28 ^{bcA}	216.85±11.19 ^{bcA}
	6% CPF	182.39±17.58 ^{bcB}	205.12±4.78 ^{bcAB}	230.20±39.71 ^{bAB}	257.41±33.68 ^{abA}
	9% CPF	204.78±42.35 ^{bB}	251.18±23.81 ^{abAB}	268.27±12.61 ^{aA}	279.77±36.78 ^{abA}
	12% CPF	258.67±23.64 ^{aA}	273.41±37.36 ^{aA}	276.31±9.32 ^{aA}	302.31±43.19 ^{aA}
Adhesiveness	0% CPF	-23.33±0.58 ^{aB}	-3.00±5.20 ^{aAB}	0.00±0.00 ^{aA}	0.00±0.00 ^{aA}
	3% CPF	-28.33±5.13 ^{abB}	-3.33±5.77 ^{aAB}	0.00±0.00 ^{aA}	0.00±0.00 ^{aA}
	6% CPF	-33.67±11.24 ^{abB}	-8.67±7.77 ^{aA}	-2.67±4.62 ^{abA}	0.00±0.00 ^{aA}
	9% CPF	-38.67±6.51 ^{bC}	-19.00±3.46 ^{bB}	-7.67±6.81 ^{bcAB}	-4.33±7.51 ^{aA}
	12% CPF	-41.00±14.42 ^{bB}	-19.33±2.31 ^{bA}	-14.33±2.08 ^{cA}	-12.67±4.04 ^{bA}
Strength (g/cm ²)	0% CPF	47.32±6.62 ^{cB}	52.94±2.59 ^{cAB}	54.96±2.30 ^{bAB}	58.04±13.14 ^{dA}
	3% CPF	60.38±4.11 ^{bcB}	61.01±14.17 ^{bcB}	70.23±5.62 ^{bA}	71.09±1.63 ^{cdA}
	6% CPF	60.48±7.17 ^{bcB}	70.14±2.24 ^{baB}	72.57±11.67 ^{bAB}	81.81±0.64 ^{bcA}
	9% CPF	63.33±10.00 ^{bB}	87.11±7.77 ^{aA}	90.29±1.60 ^{aA}	95.59±12.63 ^{abA}
	12% CPF	87.75±7.40 ^{aB}	89.12±2.23 ^{aB}	95.07±16.00 ^{aAB}	101.66±12.32 ^{aA}
Hardness (g/cm ²)	0% CPF	103.14±11.98 ^{cB}	118.07±4.36 ^{cAB}	120.17±4.37 ^{cAB}	127.77±24.57 ^{cA}
	3% CPF	128.47±11.66 ^{bcB}	130.20±27.52 ^{bcB}	148.37±10.57 ^{bcA}	149.33±2.77 ^{bcA}
	6% CPF	129.57±9.35 ^{bcB}	148.17±5.40 ^{bB}	152.77±23.51 ^{bAB}	175.87±5.28 ^{abA}
	9% CPF	137.73±25.54 ^{bB}	180.70±16.01 ^{aA}	188.93±5.46 ^{aA}	196.93±32.76 ^{aA}
	12% CPF	182.10±15.88 ^{aA}	187.23±4.01 ^{aB}	200.00±26.34 ^{aAB}	211.77±25.62 ^{aA}

¹⁾ Abbreviations are referred to Table 1.

Mean±SD (n=5).

Means with different small letters (a-c) in a column are different at 5% significance level by Duncan's multiple range test. Means with different capital letters (A,B) in a row are different at 5% significance level by Duncan's multiple range test.

저장 중 병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 물성 변화

병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 물성 변화는 Table 5에 나타내었다. 병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 탄력성은 병아리콩 분말 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었으나 통계적으로 유의차를 나타내지 않았다. 저장기간에는 0%, 3%, 6%, 9% CPF에서 저장 3일 동안 감소하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의차를 나타내지 않았다. 12% CPF에서는 저장 1일째부터 감소폭이 다른 처리구보다 컸으며 3일째에는 통계적으로 유의차를 나타내며 가장 낮은 값을 나타내었다. 응집성은 병아리콩 분말 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 0%와 3% CPF 사이에는 통계적으로 유의차가 없었으나 12% CPF에서는 통계적으로 낮은 값을 나타내었다. 저장기간에 따른 응집성의 변화는 저장기간이 증가할수록 감소하는 경향을 나타냈으며, 감소에 대한 경향은 0%와 3% 사이에서 통계적으로 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 병아리콩 분말 첨가량이 많을수록 응집성은 더 빠르게 감소하는 경향을 나타내었다. 응집성은 입안에서 부서지는 정도와 손에서 쉽게 깨지는 비율이 역의 상관성을 나타낸다. 즉, 응집성이 높다는 것은 잘 부스러지지 않는 특성을 가진다는 의미이다(Minarro 등, 2012). 따라서 병아리콩 분말 함량이 증가할수록 잘 부스러지는 특성을 나타내지만 0%와 3% CPF 사이에서는 차이가 없음을 알 수 있었다. 씹힘성은 병아리콩 분말 첨가량이 증가할수록 통계적으로 유의차를 나타내며 증가하는 경향을 나타내었다. 저장기간이 증가할수록 씹힘성도 증가하는 경향을 나타내었다. 깨짐성은 병아리콩 분말 첨가량이 증가할수록 통계적으로 유의차를 나타내며 증가하는 경향을 나타내었다. 저장기간이 증가할수록 깨짐성도 증가하는 경향을 나타내었다. 부착성은 병아리콩 분말 첨가량이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었으나 0%, 3%, 6% CPF 사이에서 통계적 유의차는 없었다. 저장기간 동안 부착성은 감소하는 경향을 나타내었으나 9%와 12% CPF에서는 저장 3일 후에도 부착성을 나타내었다. 강도는 병아리콩 분말 함량이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었다. 저장기간 동안 강도는 증가하는 경향을 나타내었다. 경도는 병아리콩 분말 함량이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었으며 저장기간에 따라서 증가하는 경향을 나타내었다. Moore 등(2004)과 Sanchez 등(2002)은 starch-based formulations에서 soya를 첨가하였을 때 빵의 부피와 흡습성이 증가되어 전반적으로 제빵 특성을 상승시켰다고 보고하였다. Minarro 등(2012)은 옥수수전분을 기반으로 글루텐프리 빵 제조 시 옥수수전분에 대하여 병아리콩 분말 7.6%, pea isolate 1.9%, carob germ flour 4.9%, soya flour 3.8%를 첨가하였을 때 병아리콩 분말 첨가 시 가장 부드러운 조직감을 나타내었고, 다음으로 soya flour를 첨가하였을 때 부드러움을 나타내었다고 보고하였다. Nilufer-Erdil 등(2012)은 단백질과 전분 복합체는 전분과 전분 복합체 형

성을 방해하기 때문에 빵 crumb의 부드러움을 주는 것이라고 보고하였다. Aguilar 등(2005)은 옥수수전분 기반 글루텐프리 빵 제조 시 병아리콩 분말을 부분 대체했을 때 노화가 지연되었다고 보고하였다. 이들은 노화가 지연된 이유는 단백질이 물을 흡수하는 전분과의 경쟁적 작용 때문이라고 해석하였다. 그러나 본 연구에서는 병아리콩 분말 첨가량이 증가할수록 경도는 증가하는 것으로 나타나 이들의 연구 결과와는 다른 양상을 보였다. 다른 양상을 보이는 이유는 그들의 연구는 전분만을 이용하여 제조한 빵의 경우이고, 본 실험에서는 쌀 분말과 호화된 쌀 분말을 사용하였기 때문에 병아리콩 분말이 전분만을 기반으로 한 기작과는 다른 기작이 일어난 것으로 판단된다.

병아리콩 분말 첨가량을 달리한 쌀빵의 분석 결과와 저장 기간에 따른 주성분 분석 결과

병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 저장 과정 중 물리적 특성의 변화를 한눈에 보는 것은 변수가 많아 어려움이 있어 주성분 분석 방법을 이용하여 차원을 축소하여 이들의 상관성을 보기 쉽게 하였다. 주성분 분석 결과 plot은 Fig. 2에 나타내었으며 PC1에 대한 variance proportion은 0.697이었고, PC2에 대한 variance proportion은 0.263이었다. Fig. 2에서 1사분면에 속하는 특성은 L, a, b, 수분함량, 탄력성, 응집성 등 병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵의 바람직한 특성을 나타내는 것으로, 이에 해당하는 제품으로는 0% CPF-0 day, 3% CPF-0 day, 6% CPF-0 day, 9% CPF-0 day 제품 등이 있었다. 이 결과에서 제빵 직후 물리적 특성은 병아리콩 분말을 9%까지 첨가하여도 좋을 것으로 판단되었다. 2사분면은 경도, 강도, 깨짐성, 씹힘성 등 바람직하지 못한 특성을 나타내는 것으로, 2사분면에 속하는 병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵은 12% CPF-0 day, 12% CPF-1 day, 12% CPF-2 day, 12% CPF-3 day, 9% CPF-1 day, 9% CPF-2 day였다. 이 결과에서 9% 이상 병아리콩 분말을 첨가하면 잘 부스러지고 단단한 특성을 가진 빵이 제조되는 것을 알 수 있다. 3사분면에는 부착성이 바람직하지 못한 특성으로, 제품으로는 3% CPF-3 day, 6% CPF-2 day, 6% CPF-3 day, 9% CPF-3 day 등이 있다. 이 결과에서는 3%, 6% 병아리콩 분말을 첨가하면 저장기간에 따라 부착성이 증가하는 것을 알 수 있다. 4사분면에 속하는 병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀빵은 0% CPF-1 day, 0% CPF-2 day, 0% CPF-3 day, 3% CPF-1 day, 3% CPF-2 day가 이에 속하였으나 특별한 특성은 나타내지 않았다. 결과에서 저장기간에 따라 0%와 3% CPF의 특징은 유사한 것을 알 수 있었다.

결론적으로 쌀 분말과 가공쌀 분말을 이용하여 글루텐프리 쌀빵을 제조하였을 때 부족한 영양을 강화하고 제빵 특성을 개선하고자 병아리콩 분말의 첨가량을 달리하여 제빵 특성을 확인한 결과, 병아리콩 분말을 3%까지 첨가하는 것이

Fig. 2. Principal components of (A) products of the gluten free rice bread made with various chickpea flour amount during storage periods and (B) loadings of physicochemical characteristics on PC axes using PC1 and PC2.

바람직함을 알 수 있었다.

요 약

쌀 분말과 가공쌀 분말만을 이용하여 제조한 글루텐프리 쌀 빵에 병아리콩 분말(chickpea flour, CPF)을 첨가하여 영양을 강화하고, 글루텐프리 쌀 빵의 물성 개선 효과 가능성을 확인하고자 본 실험을 실시하였다. 병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀 빵은 쌀 분말 3, 6, 9, 12%를 병아리콩 분말로 대체하여 제조하였으며, 제빵적성과 저장기간에 수분함량 및 물성의 변화를 측정하여 비교하였고 결과값을 주성분 분석(principal component analysis, PCA)하여 plot으로 표시하였다. 제빵적성 분석 결과에서 병아리콩 분말을 첨가하지 않은 글루텐프리 쌀 빵의 부피와 비용적은 병아리콩 분말을 3% 첨가하였을 때와 유의차를 나타내지 않았다. 저장기간 과정 중 변화를 측정한 결과에서 병아리콩 분말 함량의 증가에 따라 수분함량은 증가하는 경향을 보였으나 유의차를 나타내지는 않았으며, 저장기간에 따라서는 모든 처리구에서 통계적으로 차이를 나타내고($P < 0.05$) 줄어드는

경향을 나타냈다. 바람직한 제빵적성을 나타내는 응집성은 병아리콩 분말 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었으나 0%와 3% CPF 사이에는 유의차가 없었다. 저장기간에 따른 응집성의 변화는 저장기간이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었으며, 감소에 대한 경향은 0%와 3% CPF 사이 통계적으로 유사한 경향을 나타내었다. 바람직하지 못한 제빵적성을 나타내는 경도는 병아리콩 분말 함량이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었으며 저장기간에는 증가하는 경향을 나타내었다. 병아리콩 분말 첨가량을 달리한 글루텐프리 쌀 빵의 저장과정 중 물리적 특성의 변화를 주성분 분석한 결과 PC1에 대한 variance proportion은 0.697이었고 PC2에 대한 variance proportion은 0.263이었다. PCA plot에서 1사분면에 속하는 특성은 바람직한 제빵적성을 나타내는 탄력성, 응집성 등으로, 이에 해당하는 제품으로는 0% CPF-0 day, 3% CPF-0 day, 6% CPF-0 day, 9% CPF-0 day 제품 등이 있었다. 4사분면은 특별한 특성을 나타내지 않았으나 이에 속하는 제품으로는 0% CPF-1 day, 0% CPF-2 day, 0% CPF-3 day, 3% CPF-1 day, 3% CPF-2 day 등이 있었다. PCA 분석 결과 저장기간

에 따라 0%와 3% CPF의 특징은 유사한 것을 알 수 있었다. 결론적으로 쌀 분말과 가공쌀 분말을 이용하여 글루텐프리 쌀빵을 제조하였을 때 병아리콩 분말의 첨가량을 달리하여 제빵 특성을 확인한 결과, 병아리콩 분말을 3%까지 첨가하는 것이 바람직함을 알 수 있었다.

REFERENCES

- Aguilar N, Albanell E, Minarro B, Capellas M. Chickpea and tiger nut flours as alternatives to emulsifier and shortening in gluten-free bread. *LWT—Food Sci Technol.* 2005. 62:225-232.
- Boye J, Zare F, Pletch A. Pulse proteins: processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Res Int.* 2010. 43:414-431.
- Chae SK, Kang GS, Ma SJ, Bang KY, Oh MH. Standard food analytics. Jigu Publishing Co., Seoul, Korea. 2000. p 221-222.
- Du S, Jiang H, Yu X, Jane J. Physicochemical and functional properties of whole legume flour. *LWT—Food Sci Technol.* 2014. 55:308-313.
- Ergin A, Herken EN. Use of various flours in gluten-free biscuits. *J Food Agric Environ.* 2012. 10:128-131.
- Gularte MA, Gomez M, Rosell CM. Impact of legume flours on quality and in vitro digestibility of starch and protein from gluten-free cakes. *Food Bioprocess Technol.* 2012. 5:3142-3150.
- Han J, Janz JAM, Gerlat M. Development of gluten-free cracker snacks using pulse flours and fractions. *Food Res Int.* 2010. 43:627-633.
- 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.
- Meng X, Threinen D, Hansen M, Driedger D. Effects of extrusion conditions on system parameters and physical properties of a chickpea flour-based snack. *Food Res Int.* 2010. 43:650-658.
- Minarro B, Albanell E, Aguilar N, Guamis B, Capellas M. Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *J Cereal Sci.* 2012. 56:476-481.
- Mohammadi M, Azizi MH, Neyestani TR, Hosseini H, Mortazavian AM. Development of gluten-free bread using guar gum and transglutaminase. *J Ind Eng Chem.* 2015. 21:1398-1402.
- Moore MM, Schober TJ, Dockery P, Arendt EK. Textural comparisons of gluten-free and wheat-based doughs, batters, and breads. *Cereal Chem.* 2004. 81:567-575.
- Moroni AV, Dal Bello F, Arendt EK. Sourdough in gluten-free bread-making: an ancient technology to solve a novel issue?. *Food Microbiol.* 2009. 26:676-684.
- Nilufer-Erdil D, Serventi L, Boyacioglu D, Vodovotz Y. Effect of soy milk powder addition on staling of soy bread. *Food Chem.* 2012. 131:1132-1139.
- Sanchez HD, Osella CA, de la Torre MA. Optimization of gluten-free bread prepared from cornstarch, rice flour, and cassava starch. *J Food Sci.* 2002. 67:416-419.
- Shrivastava C, Chakraborty S. Bread from wheat flour partially replaced by fermented chickpea flour: optimizing the formulation and fuzzy analysis of sensory data. *LWT—Food Sci Technol.* 2018. 90:215-223.
- Tronsmo KM, Faergestad EM, Schofield JD, Magnus E. Wheat protein quality in relation to baking performance evaluated by the Chorleywood bread process and a hearth bread baking test. *J Cereal Sci.* 2003. 38:205-215.
- Vittadini E, Vodovotz Y. Changes in the physicochemical properties of wheat- and soy-containing breads during storage as studied by thermal analyses. *J Food Sci.* 2003. 68:2022-2027.
- Yoon KH, Kim WM, Lee GH. Optimization for making rice pan bread by addition of processed rice flour. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2020. 49:876-882.
- Zafar TA, Al-Hassawi F, Al-Khulaifi F, Al-Rayyes G, Waslien C, Huffman FG. Organoleptic and glycemic properties of chickpea-wheat composite breads. *J Food Sci Technol.* 2015. 52:2256-2263.
- Zannini E, Jones JM, Renzetti S, Arendt EK. Functional replacements for gluten. *Annu Rev Food Sci Technol.* 2012. 3:227-245.