Korean Journal Of Agricultural Science

pISSN : 2466-2402
eISSN : 2466-2410

FOOD&CHEMISTRY

Study of quality characteristics in gluten-free rice batter according to ultra-high speed conditions

Su-Kyung Ku, Jong-Dae Park, Jung-Min Sung, Yun-Sang Choi*

Researcher, Research Group of Food Processing, Korea Food Research Institute, Wanju 55365, Korea

*Corresponding author: kcys0517@kfri.re.kr

Abstract

When baking, the proper blending or mixing of materials will affect the quality of the product. The mixing strength is important when establishing the optimal conditions for batter, and control of the mixing condition is accordingly an important factor. This study investigated the effects of the mixing speed and time on the quality characteristics of a gluten-free type of rice batter. The batter samples manufactured for this purpose are as follows: control (+) (wheat flour), control (-) (rice flour), T1 (1,800 rpm, 1 min), T2 (1,800 rpm, 2 min), T3 (1,800 rpm, 3 min), T4 (3,600 rpm, 1 min), T5 (3,600 rpm, 2 min), T6 (3,600 rpm, 3 min). In this study, rice flour was used in the T1 to T6 samples. The pH of the batter tended to be higher when the mixing speed was slower and the time was shorter depending on the ultra-high mixing conditions. The moisture content of T3 was highest, and there was no difference according to the ultra-high speed conditions. The specific volumes of the ultra-high mixing treatments were higher than those of the control samples. The relationship between the specific volume, hardness and springiness of rice bread according to the mixing speed and time was weak. Therefore, it is considered that the application of ultra-high speeds when manufacturing gluten-free batter can have a positive effect on improving the production efficiency by reducing the processing time.

Keywords: gluten-free, mixing speed, mixing time, rice batter, specific volume

Check for updates

OPEN ACCESS

Citation: Ku SK, Park JD, Sung JM, Choi YS. Study of quality characteristics in gluten-free rice batter according to ultra-high speed conditions. Korean Journal of Agricultural Science 48:535-544. https://doi.org/10.7744/kjoas.20210043

Received: March 30, 2021

Revised: July 12, 2021

Accepted: July 21, 2021

Copyright: © 2021 Korean Journal of Agrcultural Science

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http: //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.

Introduction

글루텐은 글루테닌(glutenin)과 글리아딘(gliadin)이 결합하여 만들어지는 성분이며 제빵 시 점성, 탄성 및 신장성을 가지고 빵의 구조 형성 및 가스를 보유하여 부피가 팽창되는 기능을 갖는다(Park et al., 2006; Hager and Arendt, 2013; Biesiekierski, 2017). 글루텐 프리(gluten-free) 식품은 글루텐으로 인한 유전적 질환인 셀리악병(celiac disease) 환자 등 특정 소비자들을 대상으로 만든 식품을 의미한다(Jung et al., 2017). 셀리악병은 밀, 호밀, 보리 및 귀리와 같은 특정 곡물에 존재하는 프롤라민에 대한 영구적인 알레르기 때문으로 이러한 물질의 섭취는 장 점막의 손상을 일으키고 중요한 영양소의 흡수를 감소시킨다. 셀리악병에 대한 유일한 효과적인 치료법은 장 점막의 회복을 위해 엄격하게 글루텐을 제한하는 것을 유지하는 것이

다(Farrell and Kelly, 2002; Green and Jabri, 2003). 최근 글루텐 프리 식품에 대한 수요는 유전적 면역질환에 따른 사용 제한에 의한 것도 있지만 건강한 사람들 또한 글루텐을 줄이고자 하는 추세이다. 이에 따라 글루텐 프리 식품의 실제 성장률에 관해서 2019년부터 2025년까지 연간 9.5%의 성장률을 보이며 시장규모는 2024년까지 70억 달러(한화 약 8조 원)에 이를 것으로 예측되고 있다(Adroit Market Research, 2020). 따라서 글루텐 프리 식품 개발을 위한 대체소재에 관한 연구가 요구되며 현재 밀가루를 대체하기 위한 소재로 쌀가루, 두류가루, 곡물가루 및 전분류가 활용되고 있다(Hahm et al., 2019). 그 중 쌀은 나트륨과 단백질의 함량이 낮고 밀에 포함되어 있는 글리아딘을 함유하지 않으며 필수아미노산과 식이섬유 등 영양학적으로 우수하여 대체제로써 적합한 소재이다(Gujral and Rosell, 2004; Ying et al., 2007). 하지만 쌀가루는 글루텐을 가지고 있지 않아 글루텐 네트워크를 형성하는데 문제점을 가지고 있다(Heo et al., 2014). 이를 해결하고자 글루텐 대체제로 카라기난, 잔탄검, 구아검, 펙틴 및 HPMC (hydroxypropyl methylcellulose)를 포함하는 검류와 유화제, 효소제 및 바이오폴리머 등의 첨가물을 넣어 품질특성을 향상시키고 있다(Kim, 1996; Gujral and Rosell, 2004; Sanchez et al., 2004; Kim and Lee, 2009; Kim and Kang, 2012; Hwang et al., 2017).

제빵에서 재료의 적절한 배합 또는 혼합방법은 제품에 영향을 준다. 본질적으로 혼합은 단순히 재료의 균질화이며 반죽은 초기 혼합 후 밀가루에 물을 충분히 흡수시켜 밀 단백질 결합을 통해 구조 형성을 가능하게 하는 공정이다. 혼합과정 중에 반죽은 기포가 혼입되어 단백질 네트워크를 형성하여 점탄성을 갖게 되며 이는 반죽에 있어 고품질 제조의 요인이 된다(Hwang and Gunasekaran, 2001; Conforti, 2006; Marsh and Cauvain, 2007). 혼합공정에서 혼합 챔버 내에서 반죽의 속도를 통해 전체 부피의 재료를 혼합하며 반죽 중에 혼합 도구로 반죽에 에너지를 전달한다(Marsh and Cauvain, 2007). 이에 따라 반죽은 유변학적(rheological) 특성이 크게 달라지게 되는데 이는 혼합장치, 혼합시간, 혼합속도 및 온도에 영향을 받으며(Tipples and Kilborn, 1977; Endo et al., 1985; Hoseney, 1985) 혼합 효율은 빠른 혼합속도에 의해 개선되는 것으로 보고되었다(Kilborn and Tipples, 1972; Skeggs and Kingswood, 1981). 다양한 유형의 혼합기는 서로 다른 혼합작용을 부여하고 반죽에 다양한 강도를 적용하며, 반죽이 받는 변형이 다르기 때문에 혼합작용과 강도는 반죽 평가 시 중요하다(Millar, 2003). 반죽 혼합기의 높은 전단 속도는 밀가루 입자가 수화될 때 외부 층을 제거하고 새로운 표면을 노출시켜 수화를 용이하게 한다. 반죽의 최적 혼합을 넘어서게 되면 강도가 증가하지 않아 반죽이 풀어지기 시작하여 과반죽으로 간주된다(Spies, 1990). 그러므로 반죽의 최적조건을 설정하기 위해서는 혼합강도가 중요하기 때문에 혼합속도의 제어가 중요한 요인이 된다(Hwang and Gunasekaran, 2001).

따라서 본 연구에서는 글루텐 프리 쌀 반죽 제조 시 초고속 교반으로 교반시간 단축 및 품질증진을 위한 효율적인 공정방법을 확립하고자 교반속도와 교반시간에 따른 반죽의 특성을 분석하였다.

Materials and Methods

재료

본 실험에서는 밀가루(CJ cheiljedang, Seoul, Korea), 쌀가루(Chungeun F&B, Ilsan, Korea), 옥수수 전분(Woomtree, Pocheon, Korea), 타피오카 전분(Edentownfnb, Incheon, Korea), 설탕(CJ cheiljedang, Seoul, Korea), 마가린(Ottogi, Seoul, Korea), 난백분말(Edentownfnb, Incheon, Korea), 소금(Hanju, Ulsan, Korea), 트랜스글루타미나아제(Ajinomoto, Tokyo, Japan), 구아검(Altrafine hydrocolloids, Ahmedabad, India)이 사용되었다.

실험방법

배터는 총 중량 100 g을 기준으로 밀가루 50.00 g, 옥수수 전분 16.70 g, 타피오카 전분 8.30 g, 설탕 16.30 g, 마가린 3.75 g, 난백분말 3.70 g, 소금 1.25 g으로 프리믹스를 제조하였으며 프리믹스 중량 1%의 트랜스글루타미나아제(transglutaminase, TG)와 구아검과 55%의 증류수를 첨가하여 교반하였다. 처리구는 positive control (밀가루), negative control (쌀가루, 15분 교반), T1 (1,800 rpm, 1 min), T2 (1,800 rpm, 2 min), T3 (1,800 rpm, 3 min), T4 (3,600 rpm, 1 min), T5 (3,600 rpm, 2 min), T6 (3,600 rpm, 3 min)으로 초고속 반죽조건에 따라 설정하였으며 T1 - T6 처리구는 모두 쌀가루를 적용하였다(Table 1). Negative control은 쌀가루 활용으로 품질향상을 위해 TG 첨가량 및 공정개선의 선행연구(Ku et al., 2020)를 기반으로 하여 초고속 반죽조건과 비교 설정하였다. Positive control (밀가루)과 negative control (쌀가루)은 믹서(RRK5AWH, Kitchenaid, Michigan, USA)를 사용하여 1의 단계로 15분간 교반하였으며 초고속을 사용한 T1 - T6의 처리구는 silent cutter (CM-14, Mainca, Barcelona, Spain)를 사용하여 반죽을 제조하였다. 반죽을 제조한 다음 50℃에서 10분간 incubation한 후 100 g 씩 트레이에 담아 20 g의 식용유를 첨가한 뒤 180℃에서 15분 에어프라이어(HD9643, Philips, Amsterdam, Netherlands)를 이용하여 가열하였다(Lee et al., 2013; Jung and Jung, 2017). 가열 전 반죽과 가열 후 빵의 품질평가항목으로 pH, 수분함량, 비용적 및 조직감 평가를 수행하였다. 각각 실험은 항목 별로 3회 이상 반복 실험하여 그 평균치를 구하였고, 각각의 실험항목 별로 유의성 검증을 확인하였다.

Table 1. Formulation of rice bread by mixing speed and time.

Ingredient	Treatment[z]							
	Control (+)	Control (-)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Wheat flour	50.00	-	-	-	-	-	-	-
Rice flour	-	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Corn starch	16.70	16.70	16.70	16.70	16.70	16.70	16.70	16.70
Tapioca starch	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33	8.33
Sugar	16.30	16.30	16.30	16.30	16.30	16.30	16.30	16.30
Margarine	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
Egg white power	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75	3.75
Salt	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25

[z] Control (+), wheat flour added; Control (-), rice powder added; T1, 1,800 rpm, 1 min; T2, 1,800 rpm, 3 min; T3, 1,800 rpm, 5 min; T4, 3,600 rpm, 1 min; T5, 3,600 rpm, 3 min; T6; 3,600 rpm, 5 min.

분석항목 및 방법

pH

샘플 5 g과 증류수 20 mL를 혼합하고 균질기(T25, Janken & Kunkel, Staufen, Germany)를 사용하여 1분간 8,000 rpm에서 균질한 뒤 pH meter (Accumet Model AB15+, Fisher Scientific, New Hampshire, USA)를 사용하여 측정하였다.

수분함량

AOAC (2007)법에 따라 수분함량은 105℃ 상압가열건조법에 의해 dry oven (HSC-150/300, MS I&C, Seoul, Korea)을 사용하여 정량하였다

가열감량

가열감량은 배터의 무게를 측정하고 가열한(180℃, 15 min) 다음 실온(25℃)까지 방냉 후 가열 전 후의 무게 감소율을 비교하여 구하였다.

비용적(specific volume) 측정

비용적은 가열 후 Stable Micro System Volscan Profiler (Volscan profiler, VSP 30,00044, Stable Micro System Ltd., Surrey, UK)를 이용하여 vetical step 3.0 mm, rotation speed 0.5 rps로 측정한 뒤, 샘플 무게 당 부피를 구하여 비용적($mL \cdot g^{-1}$)으로 사용하였다.

물성(texture profile analysis, TPA) 측정

물성 측정을 위한 샘플은 반죽을 가열 후 3 cm × 3 cm × 2 cm로 절단하였다. 절단된 시료는 texture analyzer (TA-XT2*i*, Stable Micro Systems, Surrey, UK)에 cylinder probe 40 mm (직경)를 장착한 후 Two-bite compression으로 측정하였다. 분석 항목은 경도(hardness, kg), 점착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness)을 평가하였다. TPA 분석 조건은 maximum load 2 kg, pre-test speed 5.0 $mm \cdot sec^{-1}$, test speed 2.0 $mm \cdot sec^{-1}$, post-test speed 5 $mm \cdot sec^{-1}$, strain 50%, trigger force 10 g으로 설정하여 분석하였다.

통계분석

통계분석은 SPSS Statistics (ver. 20.0, IBM Corp., Armokn, NY, USA)을 이용하여 일원배치분산분석(ANOVA)하였으며, 처리구간의 특성을 Duncan's multiple range test를 통하여 유의성 검정을 실시하였다($p < 0.05$). 비용적과 경도와의 상관관계는 SAS pakage의 CORR 절차를 이용하여 분석하였다(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Results and Discussion

초고속 반죽의 조건에 따른 쌀 배터의 pH, 수분 및 가열감량은 Table 2에 나타내었다. pH는 밀가루 처리구가 가장 낮게 나타났으며 T2 (1,800 rpm, 2 min) 처리구가 가장 높았으나 T1 (1,800 rpm, 1 min) 처리구와 차이를 보이지 않았다. 수분함량은 T3 (1,800 rpm, 3 min) 처리구가 77.74%로 가장 높게 나타났으며($p < 0.05$) 전반적으로 반죽의 속도 및 시간에 따른 경향을 보이지 않았다. 수분함량은 식품에 함유된 자유수 함량 및 수분결합력의 영향을 받으며 첨가되는 다양한 성분들의 수화력에 따라 달라지며(Kim et al., 2013), 빵의 품질에 영향을 미치는 인자 중의 하나로 수분함량이 높을수록 촉촉하고 부드러우며 노화를 감소시키는 것으로 보고되었다(Jung et al., 1999). 가열감량은 대조구보다 초고속 처리구가 낮게 나타났다. 초고속 반죽조건에서는 T4 (3,600 rpm, 1 min) 처리구가 15.68%로 가장 낮게 나타났으나 다른 처리구와 유의적인 차이는 보이지 않았다($p > 0.05$). 가열감량은 배터를 구울 때 열에 의해 조직이 팽창하면서 기공이 열리고 수분이 빠져나가면서 발생되는데(An et al., 2010), 본 연구결과에서는 수분함량과 가열감량사이의 상관성은 뚜렷하지 않았다. 이는 수분함량 및 가열감량 값의 범위가 크지 않았기 때문으로 판단된다.

초고속 반죽의 조건에 따른 쌀 배터의 조직감은 Table 3에 나타내었다. 경도는 밀가루 처리구가 7.17 kg으로 가장 낮았으며 T3 처리구가 17.59 kg으로 가장 높게 나타났다($p < 0.05$). 그 외 처리구는 10.90 - 13.79 kg의 범위로 유의차를 보이지 않았다. 쌀 식빵의 경우 경도는 수분함량, 부피, 기공 등에 영향을 받으며 비용적과 경도 사이에 반비례의 관계가 있는 것으로 보고되었는데(Marco and Rosell, 2008), 본 연구결과에서는 밀가루 처리구와 쌀가루 처리

구간의 차이는 보였으나 초고속 반죽조건에 따른 상관성은 나타나지 않았다. 이것은 초고속 반죽조건 사이에서는 수분함량의 차이가 크지 않기 때문으로 생각되며 밀가루 처리구와의 차이는 수분함량보다 조직의 밀도 차이에 의한 영향으로 사료된다. 탄성은 밀가루 처리구가 가장 높게 나타났으나 T3 처리구와 control (-)을 제외한 초고속 반죽처리구와 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 그러나 동일한 교반속도내에서는 교반시간이 길수록 탄성이 감소하였다. 반죽은 혼합이 진행됨에 따라 글루텐 단백질 사이의 가교 수가 증가하여 반죽의 탄성이 강화되며 반죽이 최고 농도에 도달하면 탄성이 감소함에 따라 반죽이 풀어지기 시작하는 것으로 탄성이 반죽 형성 단계에 의존하기 때문으로 보고하였는데 이는 본 연구에서의 결과와 유사한 경향을 보였다(Charun et al., 2000; Lee et al., 2001). 한편 응집성은 밀가루 처리구가 가장 높았고 T3 처리구가 가장 낮았으며($p < 0.05$) 그 외 처리구간에는 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 씹힘성의 경우 응집성과 반대로 밀가루 처리구가 가장 낮았고 T3 처리구가 가장 높았으며 그 외 처리구간에는 유의차를 보이지 않았다.

Table 2. Effects of mixing speed and time on pH, moisture content, cooking loss and specific volume of rice bread.

Ingredient	Treatment[z]							
	Control (+)	Control (-)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
pH	6.37 ± 0.01f	6.47 ± 0.01e	6.68 ± 0.04a	6.70 ± 0.01a	6.63 ± 0.01b	6.52 ± 0.02d	6.55 ± 0.01c	6.54 ± 0.01c
Moisture (%)	73.49 ± 0.62d	74.14 ± 0.03cd	75.26 ± 0.98bc	76.17 ± 0.46b	77.74 ± 0.37a	74.18 ± 0.67cd	71.53 ± 1.14e	73.18 ± 0.30d
Cooking loss (%)	18.03 ± 0.52ab	18.78 ± 0.95a	16.71 ± 0.82ab	17.85 ± 1.26ab	16.90 ± 3.11ab	15.68 ± 0.75b	16.36 ± 0.45ab	17.79 ± 1.19ab

All values are mean ± standard deviation of three replicates.

[z] Control (+), wheat flour added; Control (-), rice powder added; T1, 1,800 rpm, 1 min; T2, 1,800 rpm, 3 min; T3, 1,800 rpm, 5 min; T4, 3,600 rpm, 1 min; T5, 3,600 rpm, 3 min; T6; 3,600 rpm, 5 min.

a - f: Means within a row with different letters are significantly different ($p < 0.05$) using Duncan's multiple range test.

Table 3. Effects of mixing speed and time on texture of rice bread.

Item	Treatment[z]							
	Control (+)	Control (-)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Hardness (kg)	7.17 ± 2.17c	13.48 ± 1.52b	13.79 ± 2.38b	13.63 ± 2.86b	17.59 ± 4.38a	10.90 ± 1.62b	12.55 ± 3.66b	11.27 ± 0.86b
Springiness	0.91 ± 0.03a	0.86 ± 0.02bc	0.88 ± 0.02ab	0.87 ± 0.01abc	0.84 ± 0.06c	0.90 ± 0.04ab	0.90 ± 0.04ab	0.87 ± 0.03abc
Cohesiveness (kg)	0.82 ± 0.03a	0.77 ± 0.04b	0.76 ± 0.02b	0.76 ± 0.01b	0.71 ± 0.03c	0.78 ± 0.03b	0.76 ± 0.02b	0.77 ± 0.03b
Chewiness (kg)	5.34 ± 1.52c	8.93 ± 1.18ab	9.20 ± 1.40ab	8.94 ± 1.85ab	10.57 ± 2.92a	7.47 ± 1.42b	8.55 ± 2.23ab	7.56 ± 0.82b

All values are mean ± standard deviation of three replicates.

[z] Control (+), wheat flour added; Control (-), rice powder added; T1, 1,800 rpm, 1 min; T2, 1,800 rpm, 3 min; T3, 1,800 rpm, 5 min; T4, 3,600 rpm, 1 min; T5, 3,600 rpm, 3 min; T6; 3,600 rpm, 5 min.

a - c: Means within a row with different letters are significantly different ($p < 0.05$) using Duncan's multiple range test.

초고속 반죽의 조건에 따른 쌀 빵의 비용적은 Fig. 1에 나타내었다. 빵의 부피는 산업 및 소비자 연구 품질관리에서 신선한 빵의 품질을 측정하는 기준으로 사용되며, 빵의 글루텐 함량을 나타내는 지표이다(Penfield and Campbell, 1990; Van Hall, 2000; Zuwariah and Noor, 2009). 비용적은 T1 처리구가 1.31 $mL \cdot g^{-1}$으로 가장 높게 나타났으며($p < 0.05$) 이는 밀가루 처리구(1.29 $mL \cdot g^{-1}$)보다 높았지만 밀가루 처리구를 포함하여 T2 및 T4 처리구와 통계적으로 차이를 보이지는 않았다. Gómez and Talegón (2013)의 연구에 따르면 비용적은 수분투여량과 반죽의 혼합시간과의 상관성이 있으며, 수분투여량이 많은 반죽은 점도가 낮아 교반기의 움직임에 대한 저항이 적으며 이는 반죽온도 상승에 영향이 적어 가스발생의 차이가 적은 것으로 보고하였다. 또한 반죽속도에 관해서는 속도가 너무 높으면 반죽 저항이 증가하면서 과열 문제가 발생하여 최소 혼합시간이 필요한 것으로 보고하였다. 한편 글루텐이 없는

빵의 반죽은 케이크 반죽과 유사하며 혼합 공정이 반죽 구조와 제품의 최종 부피에 영향을 미치는 것으로 보고되었다(Moore et al., 2004; Schober et al., 2005; Arendt et al., 2009). 또한 Tan et al. (2012)은 레이어 및 스폰지 케이크의 경우 과도한 혼합속도는 비용적에 부정적인 영향을 미치며 혼합시간에 따른 비용적 개선에 대해 보고하였다. 따라서 비용적은 반죽의 유동성과 밀접한 연관이 있으며 제품의 특성에 따라 비용적 증진을 위한 혼합속도 및 시간의 공정설정이 필요하다. 본 연구에서와 같이 발효공정이 생략된 반죽의 경우 초고속(1,800 rpm) 적용 시 1분 적용이 적합한 것으로 판단된다.

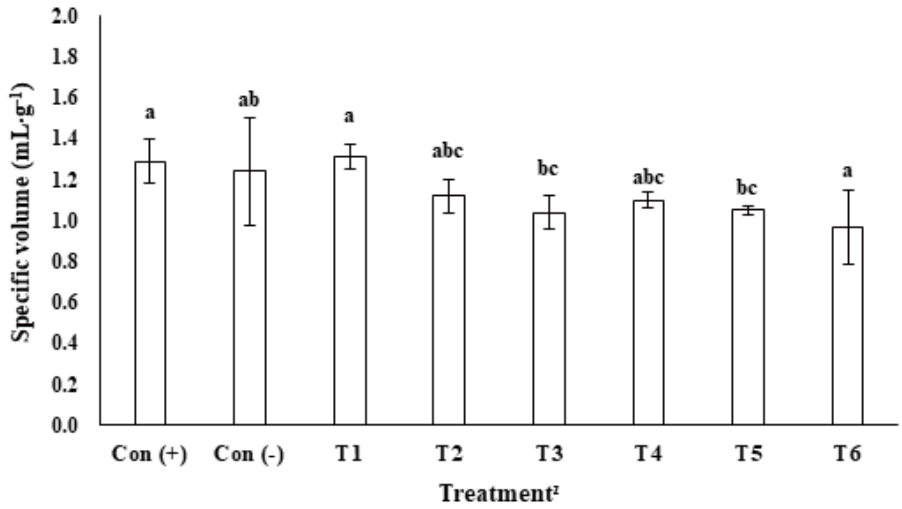

Fig. 1. Specific volume of rice bread by mixing speed and time. [z] Con (+), wheat flour added; Con (-), rice powder added; T1, 1,800 rpm, 1 min; T2, 1,800 rpm, 3 min; T3, 1,800 rpm, 5 min; T4, 3,600 rpm, 1 min; T5, 3,600 rpm, 3 min; T6; 3,600 rpm, 5 min. a - c: Treatments with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

빵의 비용적과의 상관성을 보이는 품질특성으로 경도와의 관계를 분석하여 초고속 반죽의 조건에 따른 쌀 배터의 비용적과 경도와의 상관관계를 Fig. 2에 나타내었다. 빵의 비용적과 경도의 상관성에 관하여 빵의 수분함량, 기공의 발달정도 및 부피가 그 요인으로 비용적이 클수록 경도가 낮아지는 부의 상관관계를 나타내는 것으로 보고되었다(Chabot, 1976; Marco and Rosell, 2008; Im and Lee, 2010). 그러나 본 연구결과에서는 비용적과 경도와의 상관관계분석 결과 결정계수는 $R^2 = 0.0402$로 상관성이 없는 것으로 나타났다. 이는 경도 및 비용적에서의 차이가 크지 않기 때문에 상관성이 낮게 나타난 것으로 판단된다. 한편 빵 제조 시 첨가제에 의한부피 증가는 내상의 기공이 크고 세포벽이 얇아져 경도에 미치지 않아 상관성이 낮은 것으로 보고된 바 있다(Bae et al., 2005). 초고속 반죽의 조건에 따른 쌀 배터의 비용적과 탄성과의 상관관계는 Fig. 3에 나타내었다. 비용적과 탄성과의 상관관계분석 결과 결정계수는 $R^2 = 0.0144$로 상관성이 없는 것으로 나타났다. 반죽의 탄성과 신장성은 비용적에 중요한 역할을 하는 것으로 보고되었다. 이는 탄성이 적고 신장성이 큰 반죽은 3차원의 그물망 구조를 형성하여 이산화탄소를 포집할 수 있는 만큼의 탄성을 확보하는 글루텐 함량에 영향을 받기 때문이다(Hoseney, 1985). 일반적으로 혼합 효율에 관한 연구에서는 더 빠른 혼합속도에서 효율이 높은 것으로 보고되었으나(Frazier et al., 1975), 혼합 효율은 제품의 특성 및 정의에 따라 달라질 수 있으며 기계적 효율성 또한 영향을 미칠 것으로 판단된다. 본 연구에 적용된 초고속 반죽은 대조구와 비교할 때 품질적으로 큰 차이를 보이지 않아 공정시간 단축으로 인한 생산 효율성 증진에 기여하는 것으로 나타났다.

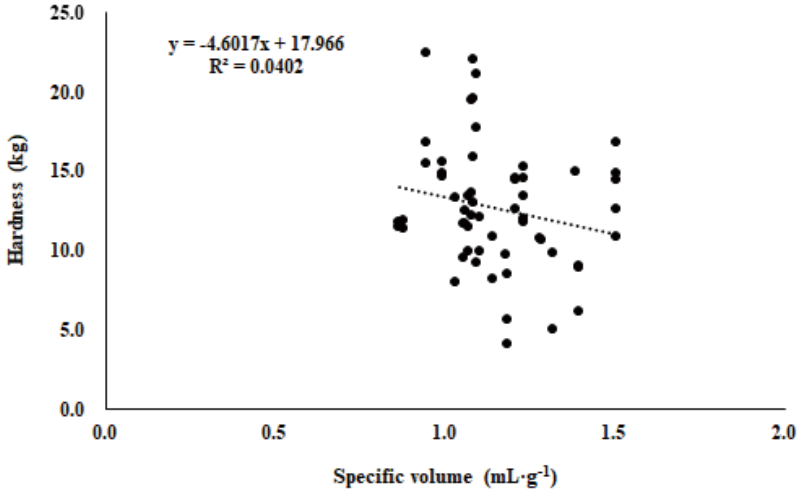

Fig. 2. The relationship between specific volume and hardness of rice bread by mixing speed and time. x, specific volume; y, hardness; R^2, determination coefficient.

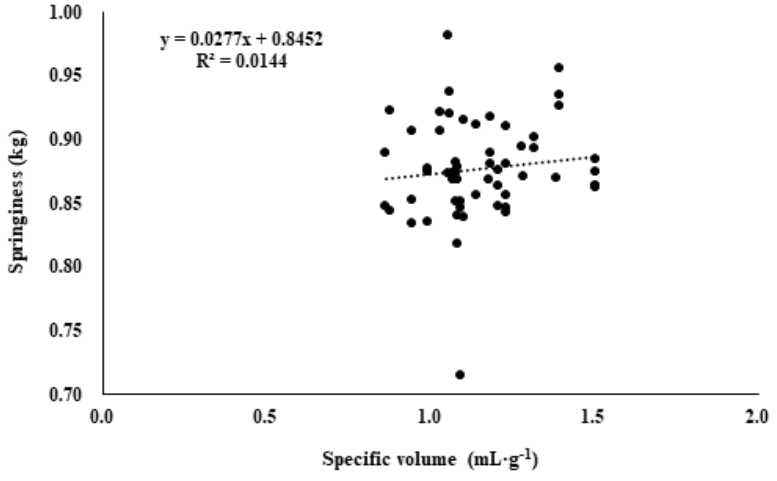

Fig. 3. The relationship between specific volume and springiness of rice bread by mixing speed and time. x, specific volume; y, hardness; R^2, determination coefficient.

따라서 본 연구결과에서 적용된 속도에서는 쌀 배터 제조 시 품질 증진을 위한 반죽속도 및 시간은 1,800 rpm 및 1분이 적합한 것으로 판단된다.

Conslusion

본 연구는 글루텐 프리 쌀 배터 제조 시 초고속 교반을 적용하였으며 이에 대한 영향을 배터 및 가열 후 빵의 품질에 대해 평가하였다. 품질특성을 살펴본 결과 수분함량은 반죽의 속도 및 시간에 따른 경향을 보이지 않았으며 경도는 밀가루 처리구보다 쌀 배터 처리구가 높은 경향을 보였다. 비용적에서는 일반교반기를 사용한 처리구보다 초고속 적용 반죽이 높았고 초고속 반죽조건 중에서 T1 처리구(1,800 rpm, 1 min)가 가장 높았으며 이는 밀가루 처

리구와의 유사하게 나타났다. 따라서 초고속 반죽 적용은 공정시간 단축으로 생산 효율 개선에 긍정적인 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

Conflict of Interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgments

This research was supported by Main Research Program (E211200-01) of the Korea Food Research Institute (KFRI) funded by the Ministry of Science and ICT (Republic of Korea).

Authors Information

Su-Kyung Ku, https://orcid.org/0000-0002-9158-8254
Jong-Dae Park, https://orcid.org/0000-0002-4290-525X
Jung-Min Sung, https://orcid.org/0000-0003-1464-2648
Yun-Sang Choi, https://orcid.org/0000-0001-8060-6237

References

Adroit market research. 2020. Conversational AI platform market by technology, type, application, and by region, global forecast 2018 to 2025. Accessed in www.adroitmarketresearch.com on 13 December 2019.

An HK, Hong GJ, Lee EJ. 2010. Properties of sponge cake with added saltwort (*Salicorniaherbacea* L.). Journal of the Korean Society of Food Culture 25:47-53. [in Korean]

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2007. Official methods of analysis, 23th ed. AOAC, Washiongton, D.C., USA.

Arendt EK, Renzetti S, Dal Bello F. 2009. Dough microstructure and textural aspects of gluten‐free yeast bread and biscuit. pp. 107-129. In Gluten‐Free Food Science and Technology edited by Gallagher E. Wiley Blackwell, Chichester, UK.

Bae JH, Lee JH, Kwon KI, Im MH, Park GS, Lee JG, Choi HJ, Jeong SY. 2005. Quality characteristics of the white bread prepared by addition of jujube extracts. Korean Journal of Food Science Technology 37:603-610. [in Korean]

Biesiekierski JR. 2017. What is gluten? Journal of Gastroenterology Hepatology 32:78-81.

Chabot JF. 1976. Preparation of food science sample for SEM. Scanning Electron Microscopy 3:279-283.

Charun E, Abecassis J, Contamine AS, Roulland TM, Vergnes B, Morel MH. 2000. Effects of temperature and mechanical input on semisweet biscuit cookie quality and dough characteristics. Cereal Chemistry 77:265-271.

Conforti FD. 2006. Cake manufacture. pp. 393-410. In Bakery Products: Science and Technology edited by Hui YH. Blackwell Publishing, Ames, IA, USA.

Endo S, Tanaka K, Nagao S. 1985. Studies on dough development II. Effect of mixing apparatus and mixing speed on the rheological and analytical properties of heated dough. Cereal Chemistry 62:272-275.

Farrell RJ, Kelly CP. 2002. Celiac sprue. The New England Journal of Medicine 346:180-188.

Frazier PJ, Daniels NWR, Eggitt PWR. 1975. Rheology and the continuous breadmaking process. Cereal Chemistry 52:106r-130r.

Gómez M, Talegón M. 2013. Influence of mixing on quality of gluten-free bread. Journal of Food Quality 36:139-145.

Green PHR, Jabri B. 2003. Coeliac disease. The Lancet 362:383-391.

Gujral HS, Rosell CM. 2004. Improvement of the breadmaking quality of rice by glucose oxidase. Food Research International 37:75-81.

Hager AS, Arendt EK. 2013. Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. Food Hydrocolloids 32:195-203.

Hahm SW, Jeon JY, Park SM. 2019. Current status and prospect of gluten-free foods. Food Industry and Nutrition 24:21-26. [in Korean]

Heo S, Jeon S, Lee S. 2014. Utilization of *Lentinus edodes* mushroom β-glucan to enhance the functional properties of gluten-free rice noodles. LWT-Food Science and Technology 55:627-631.

Hoseney RC. 1985. The mixing phenomenon. Cereal Foods World 30:453-457.

Hwang CH, Gunasekaran S. 2001. Determining wheat dough mixing characteristics from power consumption profile of a conventional mixer. Cereal Chemistry 78:88-92.

Hwang SO, Kim JM, Shin MS. 2017. Effects of hydrocolloids on the quality of protein and transglutaminase added gluten-free rice bread. Korean Journal of Food and Cookery Science 33:198-208. [in Korean]

Im JS, Lee YT. 2010. Quality characteristics of rice bread substituted with black rice flour. Journal of the East Asian Society of Dietary Life 20:903-908. [in Korean]

Jung HS, Noh KH, Go MK, Song YS. 1999. Effect of leek (*Allium tuberosum*) powder on physicochemical and sensory characteristics of bread. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition 28:113-117. [in Korean]

Jung JH, Kim H, Yoon HH. 2017. The influence of consumption values of attitudes and purchas intentions of consumers towards gluten-free products. Korean Journal of Food and Cookery 33:218-227. [in Korean]

Jung YT, Jung TI. 2017. Hot dog comprising tapioca starch and method for producing the same. Korea Patent 1,785,464. [in Korean]

Kilborn RH, Tipples KH. 1972. Factors affecting mechanical dough development. I. Effect of mixing intensity and work input. Cereal Chemistry 49:34-47.

Kim CS. 1996. Degree of retrogradation of non-waxy rice cakes during storage determined by DSC and enzymatic methods. Korean Journal of Food and Cookery Science 12:186-192. [in Korean]

Kim HY, Ko JY, Kim JI, Jung TW, Yun HT, Oh IS, Jeong HS, Woo KS. 2013. Quality and antioxidant activity of wet noodles supplemented with non- glutinous sorghum powder. Korean Journal of Food Science and Technology 45:521-525. [in Korean]

Kim JH, Kang MY. 2012. A study on applying the biopolymer (hydroxyethyl methylcellouse) to prepare quick bread rice muffins. Korean Journal of Food and Cookery Science 28:423-429. [in Korean]

Kim KE, Lee YT. 2009. Effect of additives in making frozen rice dough on the quality of rice bread. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition 38:1438-1443. [in Korean]

Ku SK, Yong HI, Kim TK, Jang HY, Sung JM, Park JD, Choi YS. 2020. Quality characteristics of gluten-free rice batter with addition of transglutaminase according to manufacturing process. Korean Society of Food and Cookery Science 36:205-211. [in Korean]

Lee CS, Choi HS, Kim BC, Kim ES, Byun YH. 2013. A premix composition for corn dog using powdered egg white, a corn dog prepared by using the same and a method for preparing the corn dog. Korea Patent 0,154,435. [in Korean]

Lee L, Ng PKW, Whallon JH, Steffe JF. 2001. Relationship between between rheological properties and microstructural characteristics of nondeveloped, partially developed, and developed doughs. Cereal Chemistry 78:447-452.

Marco C, Rosell CM. 2008. Bread making performance of protein enriched, gluten-free breads. European Food Research and Technology 227:1205-1213.

Marsh D, Cauvain SP, 2007. Mixing and dough processing. pp. 93-140. Technology of Bread Making, New York, USA.

Millar S. 2003. Controlling dough development. pp. 401-423. In Bread Making Improving Quality edited by Cauvain SP. Woodhead Publishing and CRC Press, Cambridge, UK.

Moore MM, Schober TJ, Dockery P, Arendt EK. 2004. Textural comparison of gluten - free and wheat based doughs, batters, and breads. Cereal Chemistry 81:567-575.

Park MK, Lee KH, Kang SA. 2006. Effect of particle size of rice flour on popping rice bread. Korean Journal of Food and Cookery Science 22:419-427. [in Korean]

Penfield MP, Campbell AM. 1990. Experimental food science, 3rd ed. Academic Press, San Diego, California, USA.

Sanchez HD, Osella CA, de la Torre MA. 2004. Use of response surface methodology to optimize gluten-free bread fortified with soy flour and dry milk. Food Science Technology International 10:5-9.

Schober TJ, Messerschmidt M, Bean SR, Park SH, Arendt EK. 2005. Gluten - free bread from sorghum: Quality differences among hybrids. Cereal Chemistry 82:394-404.

Skeggs PK, Kingswood KK. 1981. Mechanical dough development pilot scale studies. Cereal Chemistry 58:256-260.

Spies R. 1990. Application of rheology in the bread industry. pp. 343-359. In Dough Rheology and Baked Product Texture edited by Faridi H, Faubion JM. The AVI Publishing Co., New York, USA.

Tan MC, Chin ML, Yusof YA. 2012. A box–behnken design for determining the optimum experimental condition of cake batter mixing. Food and Bioprocess Technology 5:972-982.

Tipples KH, Kilborn H. 1977. Factors affecting mechanical dough development. V. Influence of rest period on mixing and “Unmixing” characteristics of dough. Cereal Chemistry 54:92-109.

Van Hall M. 2000. Quality of sweet potato flour during processing and storage. Food Reviews International 16:1-37.

Ying J, Kexue Z, Haifeng Q, Huiming Z. 2007. Staling of cake prepared from rice flour and sticky rice flour. Food Chemistry 104:53-58.

Zuwariah I, Noor AA. 2009. Physicochemical properties of wheat breads substituted with banana flour and modified banana flour. Journal Tropical Agriculture Food Science 37:33-42.