

떡의 가수량 및 산침지액의 산 농도에 따른 산침지 시간이 떡볶이 떡의 침지 특성에 미치는 영향

정화빈 · 유채린 · 박현우 · 정구식¹ · 김경미² · 한귀정² · 윤원병*

강원대학교 농업생명과학대학 식품생명공학 전공, ¹(주)신양식품 연구소, ²농촌진흥청 국립농업과학원

Effect of the Water Content in Rice Cake and Acid Concentration of Acidulant on the Acid Soaking Characteristic of Rice Cakes for Tteokbokki

Hwabin Jung, Chae Rin Yu, Hyeon Woo Park, Gu Sik Chung¹,
Kyung Mi Kim², Gwi Jung Han², and Won Byong Yoon*

Department of Food Science and Biotechnology, College of Agriculture and Life Science, Kangwon National University

¹Shinyang R&D center, Sinyang food, Inc.

²National Academy of Agricultural Science, RDA

Abstract

The effects of the water content in rice cake and the acid concentration of the acidulant on the acid soaking characteristics of rice cakes for tteokbokki were investigated in this study. Mixture ratio (rice flour : water) varied among 6.0:4.0, 5.5:4.5, and 5.7:4.3, with two acid concentrations (5% and 10%). Peleg model was applied to describe the acid soaking process of rice cakes in tteokbokki ($R^2 > 0.9679$). During acid soaking, the absorption rate and the amount of hydrogen ion were higher as the amount of added water increased and the concentration of acid rose in soaking water. Based on the model parameters, the acid soaking time to achieve the target hydrogen ion content (100 mol/mm^3) was estimated. At the target pH of 4.0, the increase rate (%) of moisture content with acid soaking showed a higher value for the 6.0:4.0 sample having 5% acid. On the other hand, the highest amount of acid absorption shown for the 5.5:4.5 sample had 10% soaking. The acid soaking characteristics were strongly dependent on the mixture ratio and the acid concentration. The quality characteristics such as TPA parameters and color showed that the high water ratio in mixtures and the high concentration of acid solution showed no significant changes after soaking.

Key words: tteokbokki, rice cake, acid soaking, Peleg model, texture, hydrogen ion

서 론

최근 식생활에서 쌀을 이용한 쌀 가공식품의 소비가 늘어나고 있으며 고령화 시대 및 핵가족화 추세에 맞추어 쌀의 소비 형태도 편의식을 선호하는 경향으로 변화되고 있다. 특히 쌀을 주식으로 하던 쌀밥 문화에서 쌀 가공 제품에 대한 현대화 및 다양화를 요구하고 있다(Kum et al., 2011). 떡볶이는 떡에 고추장, 설탕, 간장 및 다양한 양념류가 더하여 조리되는 쌀 가공 식품으로, 쌀이나 밀의 전분이 떡볶이 떡의 주성분이며 기타 양념에서 유래되는 당

분을 포함하여 탄수화물이 주를 이루는 식품이다(Shin et al., 2014; Kim & Lee, 2007). 이러한 떡볶이 떡은 쌀가루 또는 밀가루 반죽을 증자한 후 둥글고 긴 모양으로 압출 및 성형하여 제조된다(Shin et al., 2014; Kim & Lee, 2007; Choi et al., 2012).

떡볶이 떡은 제조 공정 중 냉각 및 포장 공정에서의 미생물 오염 위험이 높고, 포장 후에도 수분함량이 높은 상태에서 유통되기 때문에 저장성이나 보관성이 취약한 문제가 있다(Cheon et al., 2017; Lee et al., 2000). 이에 따라 제조업체에서는 떡볶이 떡 제품의 저장성을 연장시키기 위하여 여러 가지 방법을 사용하고 있는데, 이 중 가장 일반적으로 사용하고 있는 방법은 떡을 주정에 침지하거나 떡의 표면에 주정을 분사하여 표면 살균 처리한 후 진공포장을 하는 방법이다. 그러나 이러한 방법으로는 저장 기한의 연장에 한계가 있는 문제점이 있다(Lee et al., 2000). 따라서, 떡볶이 떡의 저장성 연장을 위해서는 미생물의 생육을 억제시킬 수 있는 새로운 전처리 혹은 살균 방법의 연구가

*Corresponding author: Won Byong Yoon, Department of Food Science and Biotechnology, College of Agriculture and Life Science, Kangwon National University, Chuncheon, Gangwon, 24341, Republic of Korea

Tel.: +82-33-250-6459; Fax: +82-33-241-0508

E-mail: wbyoon@kangwon.ac.kr

Received August 8, 2017; revised August 22, 2018; accepted August 23, 2018

필요하다.

산미료는 식품의 부패로 이어지거나 식중독이나 질병의 원인이 되는 미생물의 성장과 포자의 발아를 예방하는 방부제로써 사용될 수 있다(Gardner, 1966). 산미료를 이용하여 떡의 저장성을 향상시킨 연구가 보고된 바 있으나(Lee et al., 2000), 산미료가 떡의 품질에 미치는 영향에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 특히, 떡의 산 침지는 침지 조건에 따라 품질에 크게 영향을 미칠 수 있다. 저농도의 산을 이용하여 침지 시 미생물 저감 효과가 낮아 미생물 생육 억제 및 사멸 효과가 적을 수 있으며, 고농도 및 장시간의 산 침지는 산미료 특유의 신맛 또는 과도한 수분 흡수에 의해 떡볶이 떡의 관능적 특성 및 조직감 특성에 부정적인 영향을 미치게 된다(Kang et al., 2013; Jeong, 1998). 또한 산 침지 시 식품 내에서 산미료 수용액의 확산은 식품 구조에 크게 영향을 받게 된다(Mennah-Govela et al., 2015). 실제 떡볶이는 제조 시 쌀가루와 혼합하는 물의 양이 조직감을 변화시키고 이는 떡볶이 떡의 산 침지 특성에 영향을 미치게 된다. 따라서 떡볶이 떡의 제조 배합비에 따른 적절한 산 침지 공정 개발이 요구되고 있다.

Peleg (1988) 모델은 수화 연구에서 널리 사용되어 왔다(Fracasso et al., 2014). 이 모델은 확산 이론이나 물리적 법칙에서 유래된 것은 아니지만 Fick의 확산 법칙에 비하여 간단한 식으로 적용이 용이하여 다양한 식품 재료에서 수화나 침지 특성의 모델링에 이용되어 왔다(Peleg, 1988; Sopade & Obekpa, 1990; Pan & Tangatanavalee, 2003; Rafiq et al., 2015; Marques et al., 2016). 또한, Peleg 모델을 이용하여 실험 데이터로부터 장시간의 수분 흡수를 예측할 수 있다(Hung et al., 1993). 따라서 Peleg 모델은 떡볶이 떡의 배합 시 물의 양 및 산 농도에 따른 침지 특성을 예측하는 것이 가능하다.

따라서 본 연구에서는 떡볶이 떡의 제조 공정에서 배합 시 물의 양 및 산미료 농도에 따른 떡의 수분함량, 산 침지 속도, 물성과 같은 침지 특성을 확인하고 이에 따른 모델을 적용하고자 한다. 또한, 이를 통하여 떡볶이 떡의 배합 시 물의 양 및 산미료 농도에 따른 적합한 산 침지 조건을 설정하고자 한다.

재료 및 방법

실험 재료

본 연구에서는 멥쌀로 이루어진 떡용 건식 미분(Nongshim Flour Mills Co., Chungnam, Korea)을 구매하여 4°C에서 보관하면서 떡볶이 떡의 제조에 사용하였다.

떡볶이 떡의 제조

떡볶이 떡은 미분과 수분의 첨가량인 가수량을 3가지로 달리 하여 제조하였다. 미분과 정제수의 비율은 각각

6.0:4.0, 5.7:4.3, 5.5:4.5로 하였고, 미분과 정제수를 혼합한 후 Thermomix (Vorwerk Thermomix TM 31, Vorwerk & Co., GmbH, Wuppertal, Germany)를 이용하여 떡 반죽을 100°C에서 25 min 동안 증자 후 stuffer (kitchen aid stuffer, Kitchen Aid Inc., St. Joseph, MI, USA)를 이용하여 직경 10 mm의 실린더형 떡 모양으로 성형하여 40 mm 길이로 절단하였다. 제조한 떡은 1 h 동안 상온에서 25 °C에 도달할 때까지 방냉한 후 실험에 이용하였으며, 방냉 시간 동안 건조가 발생하지 않도록 폴리에틸렌 백 내에 보관하였다.

떡볶이 떡의 산 침지

떡볶이 떡의 산 침지를 위하여 식품첨가물용 산미료 (Power dip A-E, JP trading Inc., Seoul, Korea) (젓산 39.6%, 구연산 5.0%, L-젓산나트륨 7.0%, 글루코토델타락톤 5.0%, 솔비톨액 4.5%, 정제수 38.9%) 용액을 농도 5%와 10%로 희석하였다. 희석한 산미료 용액에 증자 후 방냉한 떡볶이 떡 샘플을 넣고 시간마다 꺼내어 침지 특성의 측정에 이용하였다.

pH 측정 및 수소이온농도 계산

떡의 pH 측정은 시간마다 떡볶이 떡을 산미료 용액에서 꺼낸 이후 표면의 산미료를 제거하여 떡 1개(약 10 g)를 4 배(약 40 g)에 해당하는 증류수에 넣고 호모지나이저 (Polytron PT 2100, Kinematica AG, Luzern, Switzerland)로 균질화한 후 pH meter (Starter 3000, Ohaus Corp., Florham Park, NJ, USA)로 측정하였다. 수소 이온량의 역수에 상용 로그를 취한 값인 pH를 이용하여 용액 1 L 속에 존재하는 수소 이온의 몰 수를 의미하는 수소이온농도를 계산하였다. 수소 이온이 증가할수록 산성인 낮은 pH 값을 나타내며 다음과 같이 계산하였다.

$$[H^+] = 10^{-pH} \quad (1)$$

[H⁺]는 수소이온농도(mol/mm³)를 나타낸다.

수학적 모델

떡의 침지 시간에 따른 수소이온농도 결과값을 Peleg 모델을 이용하여 모델링하였으며 식은 다음과 같다.

$$M = M_1 + \frac{t}{K_1 + K_2 t} \quad (2)$$

여기서 M은 수소이온농도(mol/mm³), M₁는 초기 수소이온농도(mol/mm³), t는 시간(s), K₁과 K₂는 Peleg 상수이다. 상수 K₁은 Peleg rate constant (h⁻¹)로 흡수 속도와 관련이 있으며, 상수 K₂는 Peleg capacity constant (%⁻¹)로 최대 도달하는 수소이온농도와 관련이 있다.

식 (2)를 선형화하면 다음과 같다.

$$\frac{t}{(M - M_i)} = K_1 + K_2 t \quad (3)$$

좌변인 $t/(M - M_i)$ 는 세로 축 절편이 K_1 , 기울기가 K_2 인 직선을 나타내며, 위의 선형 식을 통하여 Peleg 상수의 값을 결정할 수 있다(Peleg, 1988; Pan and Tangratanavalee, 2003; Rafiq et al., 2015; Marques et al., 2016). 식 (3)을 Matlab R2016a (Mathworks, Natick, MA, USA) 소프트웨어를 이용하여 데이터에 모델링하였다.

관능평가

떡의 산미료 침지 시 소비자가 신맛을 느끼지 않으면서 최대한의 미생물 안전성 확보가 가능한 pH를 확인하기 위하여 관능평가를 수행하였다. 관능평가는 20대 여성 5명과 20대 남성 5명으로 이루어진 10명의 패널을 대상으로 떡볶이 떡의 평가 항목과 조직감의 기준에 대하여 숙지하도록 사전 교육을 수행한 후 실시하였다. 떡볶이 떡의 pH가 각각 3.8, 3.9, 4.0, 4.1, 4.2가 되도록 하는 침지 시간을 식 (2)를 통하여 도출하여 침지한 다섯 가지 샘플에 대하여 맛(taste), 향(flavor), 색(color), 조직감(texture), 전체적 기호도(overall acceptability)를 7점(1: 대단히 약함, 7: 대단히 강함) 척도로 평가하도록 하였다. 관능 검사를 통하여 도출한 최소 pH를 나타내도록 침지한 떡볶이 떡을 이용하여 수분함량, 조직감, 색도의 측정에 이용하였다.

수분함량의 측정

배합비 및 침지 시의 산미료 농도가 다른 떡볶이 떡 샘플에 대하여, 침지 전과 후의 수분 함량을 AOAC 방법(AOAC, 1995)에 따른 상압가열건조법으로 샘플 10 g을 105°C에서 24 h 동안 가열하여 측정하였다.

조직감 측정

배합비 및 침지 시의 산미료 농도가 다른 떡볶이 떡의 조직감 측정은 texture analyzer (TA-CT3, Brookfield Engineering Laboratories Inc., Middleboro, MA, USA)를 사용하여 texture profile analysis (TPA)로 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness), 탄성(springiness), 검성(gumminess)을 측정하였다. 침지 전 떡볶이 떡 샘플은 제조 후 상온에서 1 h 동안 방냉한 후 이용하였으며, 침지를 한 떡볶이 떡의 경우 방냉한 떡을 산미료에 투입하여 목표하는 pH에 도달시킨 후 샘플 표면의 산미료를 제거하여 이용하였다. 떡볶이 떡 샘플을 직경 15 mm, 높이 10 mm가 되도록 떡 옆면의 수직 방향으로 절단하여 이용하였다. 측정 조건은 probe TA11/1000; test type, TPA; target type, % deformation; target value, 60%; trigger load, 5 g; test speed, 0.50 mm/sec을 이용하였으며,

12회 반복 측정하였다.

색도

떡볶이 떡의 배합비 및 침지 시의 산미료 농도에 따른 색도는 색차계(CR-310, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 표준 백색판으로 보정한 후 명도(L), 적색도(a), 황색도(b) 값을 측정하였으며, 각 실험군 당 3개의 시료를 3반복 측정하여 평균값을 이용하였다.

통계분석

본 연구의 모든 결과는 3회 이상 반복하여 측정하였으며, 실험결과 데이터의 통계 분석은 SPSS (SPSS Statistics 21, IBM, Armonk, NY, USA)의 분산분석(ANOVA)을 이용해 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

수소이온농도의 변화

떡볶이 떡의 배합비 및 두 가지 산미료 농도에서의 침지 시간에 따른 수소이온농도의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 떡볶이 떡의 산미료 침지 시 모든 실험군에서 침지 시간이 증가함에 따라 수소이온농도가 증가하였으며, 침지 후 300 s 이내에 급격한 pH 및 수소이온농도 변화가 발생함을 확인하였다. 이는 침지 초기에는 떡볶이 떡과 산미료간의 농도 차이로 인한 물질 이동의 높은 구동력으로 확산 속도가 높기 때문이다. 이후에는 떡볶이 떡 표면과 산미료 용액 간의 농도차가 점차 감소하면서 확산 속도가 감소하는 것으로 사료된다. 본 연구의 결과와 유사하게, 고상 식품에서의 산 확산 현상을 연구한 Marcotte et al. (2012)의 결과에서 구연산, 아스코르브산, 젖산, 아세트산 등의 식용 산 수용액에 의하여 감자와 당근의 pH가 초기에 빠르게 확산되며, pH 4.5 부근에서 확산 속도가 감소하는 것을 확인하였다. 또한, 산미료의 농도가 높을수록 동일 시간 침지하였을 때 pH의 감소 및 수소이온농도의 증가가 더 크게 나타나 떡볶이 떡으로의 산미료 확산은 산미료의 농도에 의존적임을 확인하였다. 이는 침지액 내 산미료의 용액과 떡볶이 떡 간의 농도구배가 높아져 물질 이동 구동력이 증가하기 때문으로 사료되며, Marcotte et al. (2012)의 연구에서도 시료와 산 수용액 사이의 pH차가 클수록 pH 감소 속도, 즉 수용액에서 시료로의 수소이온 확산 속도가 높음을 확인하였다.

배합비의 가수량에 따라서는 배합비 중 수분의 비율이 증가할수록 떡으로의 산미료 확산 속도 및 수소이온농도의 증가를 통하여 산미료가 확산되는 양이 증가함을 확인하였다. 미분과 수분의 배합비가 6.0:4.0인 떡볶이 떡을 5%와 10% 산미료 용액에 침지하였을 때에는 1800 s 경과 후 수소이온농도가 각각 123.40 mol/mm³과 241.96 mol/mm³이었

으며(Fig. 1(a)), 5.7:4.3인 떡의 경우 각각 147.91 mol/mm³과 281.84 mol/mm³(Fig. 1(b)), 5.5:4.5인 떡의 경우 각각 213.80 mol/mm³과 436.52 mol/mm³ (Fig. 1(c))이었다. 이는 떡의 배합비에서 수분의 비율이 증가할수록 산미료의 확산 속도와 확산되는 양이 증가함을 의미하며, 동일 pH에 도달하는 침지 시간이 배합비에 따라서 차이를 나타내는 것을 확인하였다. 배합비가 다른 떡볶이 떡에서는 동일한 중량 내 고형분의 함량이 변화하며, 이에 따라 떡의 증자 시 쌀

전분이 호화되면서 수분 함량이 적을 경우 water mobility가 적으며, 수분 함량이 높을수록 전분 분자의 flexibility가 증가하고 lower-strength 아밀로오스 네트워크(amylose network)를 형성하여 산미료의 확산이 증가하는 것으로 사료된다(Lu et al., 2011). 또한, 설기떡에 민들레 분말을 첨가하였을 때 민들레 분말 첨가가 증가함에 따라 수분함량이 감소하면서 전분의 호화를 저해한다는 연구가 이루어진 바 있다(Yoo et al., 2005).

이러한 구조적 차이를 확인하기 위하여 Wang et al. (2004)의 연구에서 빵의 제조 시 수분의 배합비에 따른 구조적 특성을 NMR로 측정된 결과, 조리 시 반죽의 수분은 전분의 호화와 밀접한 연관이 있으며 배합비 중 수분의 양이 증가할수록 water mobility가 증가함을 확인할 수 있었다. 전분의 호화 시 전분 입자(granule)의 파괴는 water mobility의 변화에 따라 확산 특성을 변화시킨다는 결과가 연구된 바 있다(Hills et al., 1998).

수학적 모델링

각 배합비 및 산미료 농도 별 침지 후 떡볶이 떡의 수소이온농도 변화를 분석하기 위해 Peleg 모델을 적용하였으며, 그 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 또한, Peleg 모델의 각 배합비 및 산미료 농도 별 침지에 따른 모델 변수를 Table 1에 나타내었다. R²값은 0.9679 이상의 값을 나타내었다. K₁의 값은 동일한 배합비에서 산미료 침지액의 농도가 5%일 때 보다 10%일 때 값이 낮았으며, 이는 떡의 산미료 흡수 속도가 산미료 농도가 증가하였을 때 더 높음을 의미한다. 그리고 K₂의 값도 동일한 배합비일 때 K₁과 같은 경향을 보였다. 식 (2)에서 평형 수소이온농도는 초기 수소이온농도에 K₂의 역수를 더해준 값과 같으므로 이는 높은 농도의 산미료에 침지하였을 때 평형 수소이온농도가 더 높음을 뜻한다. 또한, K₁과 K₂의 값은 가수량이 높을수록 더 작은 경향을 보였으며, 이는 수분의 비율이 높은 떡에서 산미료 흡수 속도가 높고 평형 수소이온농도도 또한 높음을 나타낸다.

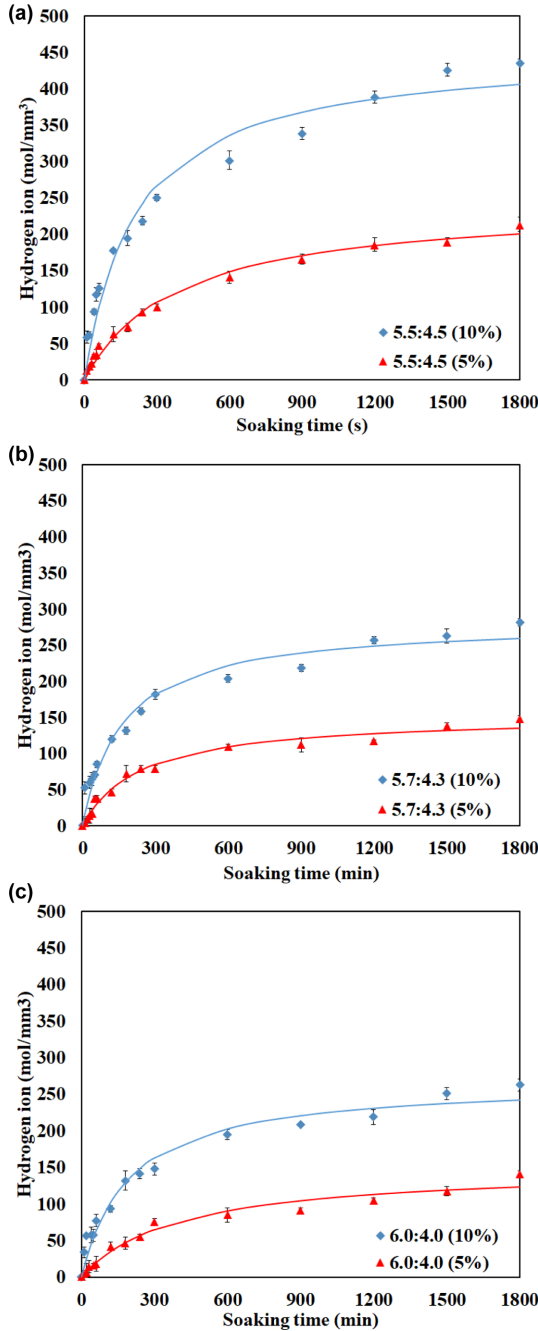


Fig. 1. Changes in hydrogen ion of the tteokbokki rice cake during 5 and 10% acid soaking for 30 min. (a) 5.5:4.5 (b) 5.7:4.3 (c) 6.0:4.0 mixture ratio

Table 1. Peleg constants and goodness of fit of Peleg model for Hydrogen ion of tteokbokki rice cake that has 6.0:4.0, 5.7:4.3 and 5.5:4.5 mixture ratio (rice flour : water) after acid soaking treatment of 5 and 10% concentration

Mixture ratio (rice flour : water)	Acid concentration (%)	K ₁	K ₂	R ²
6.0:4.0	5	2.6580	0.0066	0.9731
	10	0.7244	0.0037	0.9686
5.7:4.3	5	1.5650	0.0065	0.9816
	10	0.5868	0.0035	0.9679
5.5:4.5	5	1.5670	0.0041	0.9893
	10	0.4622	0.0022	0.9681

Table 2. Sensory evaluation of tteokbokki rice cake with various pH

pH	Taste	Flavor	Texture	Color	Overall acceptability
3.8	2.5±0.97 ^a	2.2±0.92 ^a	3.7±1.16 ^a	5.5±1.15 ^a	2.8±0.79 ^a
3.9	3.0±1.33 ^a	3.2±0.79 ^b	4.1±0.88 ^{ab}	5.4±1.08 ^a	3.3±0.95 ^a
4.0	5.3±0.82 ^b	4.7±0.67 ^c	5.2±0.92 ^{bc}	5.5±0.71 ^a	5.5±0.71 ^b
4.1	5.5±0.71 ^b	5.0±0.82 ^c	4.9±0.99 ^c	5.6±0.52 ^a	5.6±0.70 ^b
4.2	5.7±0.48 ^b	5.2±0.92 ^c	5.3±0.95 ^c	5.7±0.67 ^a	5.8±0.63 ^b

관능평가

떡볶이 떡의 침지 후 pH가 기호도에 미치는 영향을 확인하기 위하여 미분과 수분의 배합비가 6:4일 때의 떡을 이용하여 관능평가를 진행한 결과를 Table 2에 나타내었다. 떡의 pH에 따른 관능적 특성을 확인하기 위하여 배합비와 산미료 농도의 영향은 배제하였으며, 산미료 침지를 통하여 각각 pH 3.8, 3.9, 4.0, 4.1, 4.2를 만족하는 떡볶이 떡으로 관능평가를 수행한 결과 pH 4.0 이상의 떡에서 신맛에 대한 영향이 없이 맛, 향, 조직감, 색, 전체적 기호도에서 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 그러나 pH가 4.0 미만일 경우에는 신맛 및 이취, 산의 확산에 따른 조직감 저하에 의하여 매우 낮은 기호도를 보였다. 따라서 본 결과를 바탕으로 pH 4.0을 기준으로 하여 떡볶이 떡의 배합비와 산미료의 농도에 따른 품질 특성을 평가하였다.

수분함량

다양한 떡의 배합비의 및 산미료의 농도를 이용하여 떡볶이 떡을 관능 검사 기준을 만족하는 pH 4.0이 되도록 침지하였을 때의 수분 함량을 Table 3에 나타내었다. 떡의 배합비 6.0:4.0에서 농도 5%의 산미료에 침지 시 786 s, 농도 10%의 산미료에 침지 시 114 s이고, 5.7:4.3의 배합비에서는 각각 444 s와 90 s, 5.5:4.5의 배합비에서는 각각 264 s, 60 s임을 식 (2)를 통하여 도출하였다.

배합비에서 가수량이 높을수록 떡의 수분함량이 높았으며, 침지 후 수분 함량의 변화를 증가율로 계산한 결과 배합비의 수분의 첨가량이 낮을수록 수분 함량의 증가율이 유의적으로 높음을 확인하였다(Table 3). 침지액의 산미료

Table 3. Moisture Content of tteokbokki rice cake that has same hydrogen ion (pH 4.0) after acid soaking treatment

Mixture ratio (rice flour : water)	Acid concentration (%)	Moisture content (%)	Increase rate (%)
6.0:4.0	Control	43.700.39 ^a	-
	5	45.160.97 ^{bc}	3.35
	10	45.030.24 ^{bc}	3.04
5.7:4.3	Control	46.171.09 ^{cd}	-
	5	47.380.11 ^{ef}	2.63
	10	46.920.07 ^{de}	1.63
5.5:4.5	Control	48.350.26 ^{fg}	-
	5	49.320.01 ^g	2.00
	10	48.840.23 ^g	1.01

농도에 따라서는 유의적인 차이가 나타나지 않았으나, 산미료 농도 5%에서 침지한 샘플의 평균이 산미료 농도 10%에서 침지한 샘플보다 높은 결과를 나타내었다. 이는 침지 시간에 따른 차이로 사료되나, 본 연구에서 이용한 산미료 농도 및 침지 시간 범위에서는 큰 차이를 나타내지 않았다.

반면에, 수분 함량의 증가율과는 달리 배합비 중 수분의 비율이 높은 떡볶이 떡의 경우 산미료의 확산 속도와 양이 증가하는 결과를 나타내었다(Fig. 1). 이는 산미료 수용액에서 수분의 확산과 산미료의 확산이 동일하게 발생하지 않음을 의미하며, 떡볶이 떡의 배합비에 따른 구조적인 차이로 인하여 용질인 산미료의 확산 속도에 영향을 받은 것으로 사료된다. 가수량을 달리하여 제조한 떡볶이용 가래 떡의 품질 특성을 확인한 Kang et al. (2012)의 논문에서도

Table 4. Texture of tteokbokki rice cake that has same hydrogen ion (pH 4.0) after acid soaking treatment

Mixture ratio (rice flour : water)	Acid concentration (%)	Hardness (g)	Adhesiveness (mJ)	Cohesiveness	Chewiness (mJ)	Springiness (mm)	Gumminess (g)
6.0:4.0	Control	4320.6324.0 ^c	1.24±0.58 ^a	0.28±0.01 ^{bc}	25.90±3.44 ^c	2.15±0.21 ^b	1203.9±111.7 ^c
	5	4116.5225.2 ^c	1.08±0.34 ^a	0.29±0.03 ^{bc}	25.83±4.36 ^c	2.34±0.22 ^b	1185.6±100.1 ^c
	10	3569.3282.5 ^d	1.10±0.34 ^a	0.28±0.02 ^c	21.64±2.23 ^d	2.26±0.60 ^b	1136.9±114.6 ^c
5.7:4.3	Control	3180.0266.1 ^c	1.48±0.23 ^a	0.20±0.01 ^a	8.56±1.94 ^{ab}	1.47±0.19 ^a	619.8±112.1 ^{ab}
	5	2630.6238.6 ^b	2.57±0.37 ^b	0.20±0.02 ^a	6.95±1.15 ^a	1.46±0.30 ^a	532.6±95.7 ^a
	10	2676.8230.6 ^b	3.14±0.52 ^b	0.21±0.02 ^a	7.71±0.67 ^{ab}	1.46±0.12 ^a	561.8±46.8 ^{ab}
5.5:4.5	Control	1954.6235.4 ^a	2.65±0.55 ^b	0.28±0.04 ^{bc}	10.36±2.58 ^b	2.36±0.38 ^b	556.8±63.9 ^{ab}
	5	2040.5261.7 ^a	2.66±0.68 ^b	0.32±0.02 ^{bc}	14.73±2.17 ^c	2.28±0.25 ^b	648.7±43.1 ^b
	10	2098.5181.4 ^a	2.91±0.78 ^b	0.25±0.02 ^{ab}	12.92±1.84 ^c	2.19±0.39 ^b	556.4±46.4 ^{ab}

떡의 제조 시 쌀가루 대비 수분함량이 높은 경우 떡 내부의 조직과 기공이 느슨해진다는 결론을 도출한 바 있다.

조직감

떡볶이 떡의 pH가 4.0일 때 배합비 및 산미료 농도에 따른 조직감의 측정 결과를 Table 4에 나타내었다. 배합비에서 수분 첨가 비율이 증가할수록 경도(hardness), 씹힘성(chewiness), 겹성(Gumminess)의 값이 유의적으로 감소하는 것을 확인하였으며, 이는 수분 함량의 감소에 따른 배합비 중 고형분의 증가 및 수분 감소에 의한 flexibility의 감소로 인한 것으로 사료된다. 이와 유사하게 Kang et al. (2012)의 연구 결과에서 떡볶이용 가래떡 제조 시 수분첨가량의 정도가 떡의 경도와 씹힘성에 반비례하는 결과를 나타냈다. 또한 절편에 연잎(Han and Yoon, 2007), 인삼분말(Lee et al., 2011), 울무가루(Chae and Hong, 2007) 등을 첨가하였을 때에도 이와 유사하게 수분 함량에 따른 정도의 변화가 나타났다. 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 탄성(springiness)의 경우 배합비에 따른 경향성이 나타나지 않았으며 산미료 침지에 따라서 유의차가 없었다.

떡볶이 떡의 가수량이 높은 배합비 5.5:4.5 떡을 제외하고는 산미료 침지에 의하여 떡의 경도가 대조군에 비해 유의적으로 감소함을 확인하였다. 이를 통해 산미료가 떡의 조직을 연화시키는 작용을 한다는 것을 알 수 있었으며, 이는 산미료의 농도가 높을 때 짧은 산침지 시간으로 인하여 수분 함량의 증가가 낮아도 pH에 의하여 구조적인 변화가 발생하였음을 의미한다. 유사한 연구로, 멥쌀가루의 pasting 특성을 acetic acid, lactic acid 등의 다양한 유기산을 농도 별로 첨가하여 확인하였을 때, peak viscosity, trough viscosity, final viscosity와 setback이 감소하고 쌀가루로 제조한 젤의 경도가 유의적으로 감소함을 확인한 바 있다. 이를 통하여 쌀 전분의 아밀로오스 분자의 3-D 구조가 산에 의하여 영향을 받아 약화된 것을 확인할 수 있었다(Wu et al., 2009). 또한 Kang et al. (2013)의 연구 결과에서도 떡볶이 떡에 산도 조절제를 첨가하였을 때 경도가 낮게 나타남을 확인하였다.

가수량이 높은 배합비 5.5:4.5의 떡볶이 떡에서는 산 침지에 따른 조직감의 차이가 발생하지 않았으며, 이는 떡의 호화 정도에 따라 산에 의한 전분 구조의 변화가 적었기 때문으로 사료된다. Hirashima et al. (2005)의 연구에서 다양한 유기 산을 pH별로 3% 옥수수 전분 용액의 호화 전과 후에 첨가하였을 때 호화 전에는 pH가 전분 입자(granule)를 손상시켰으나, 충분한 호화가 된 후에 산을 첨가하였을 때에는 전분 구조에 큰 영향을 나타내지 않았다.

색도

떡볶이 떡의 pH가 4.0일 때 배합비 및 산미료 농도에 따른 색도를 측정된 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 떡볶이

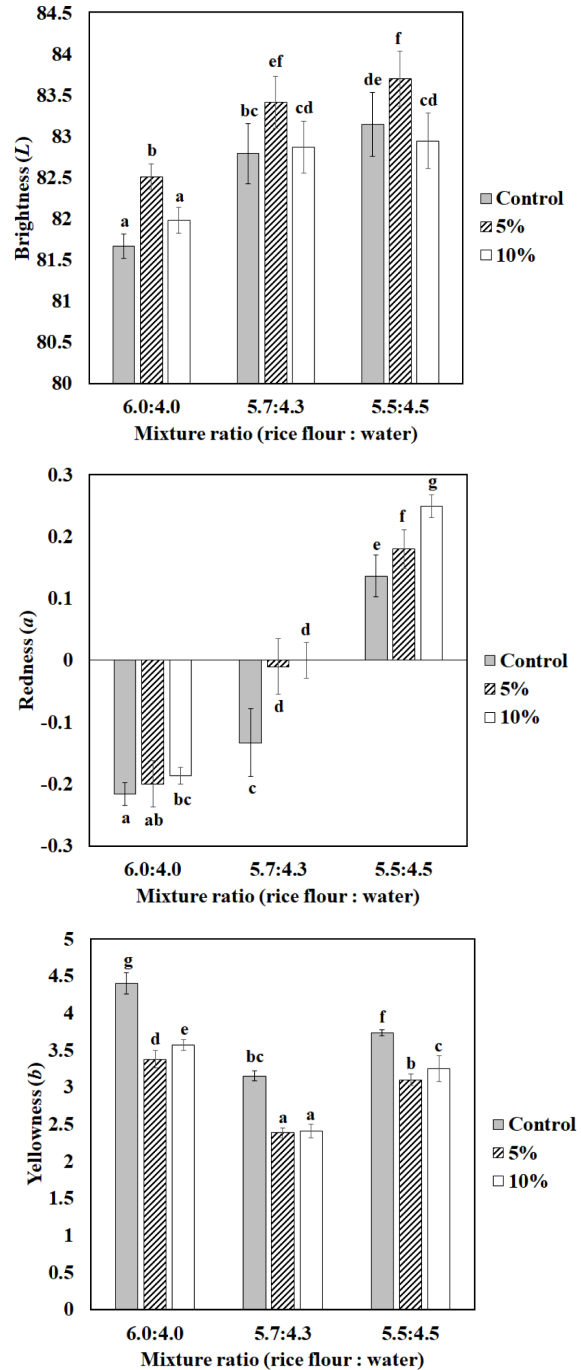


Fig. 2. Color of the tteokbokki rice cake at pH 4.0 with various mixture ratio and acid concentration of soaking solution.

떡의 명도(L)와 적색도(a)의 경우 배합비 중 수분의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였으며, 황색도(b)의 경우 감소하는 경향을 나타내었다. 이를 통하여 떡에서 백색과 미색을 나타내는 멥쌀의 특성에 의하여 멥쌀 가루의 함량이 감소하고 수분 함량이 증가함에 따라 떡이 밝아지는 경향을 나타냄을 확인할 수 있었다.

떡볶이 떡의 동일한 배합비에서 산미료 침지를 하였을

때에는 산미료 침지 시간에 따른 수분 함량에 영향을 받아 L값의 경우 5% 침지 시 가장 높은 값을, b값의 경우 가장 낮은 값을 나타내었다. 적색도 a값은 산미료의 농도가 증가할수록 그 값이 유의적으로 증가하는 경향을 나타내어 수분 함량에 의한 영향보다 산미료에 의한 영향에 의하여 변화함을 확인하였다. 그러나 a값의 경우 배합비 및 산미료에 따라 변화하는 값이 매우 적어 품질에는 큰 영향을 미치지 않음을 확인할 수 있었다. 황색도를 나타내는 b값의 경우 산침지에 따라 유의적으로 감소하는 결과를 나타내었다.

본 연구와 유사한 결과로, 쌀의 수침시간에 따라 색도를 확인한 Yu and Han (2004)의 연구에서 2-10 h 동안 수침한 쌀을 이용하여 가래떡을 제조하였을 때 10 h 동안 수침한 가래떡에서 명도값(L)이 가장 높아 밝은 가래떡의 제조가 가능함을 확인하였다. 또한, 가래떡에 산도 조절제를 첨가하여 색도를 평가한 Kang et al. (2013)의 연구에서도 산도조절제를 첨가한 떡에서 대조군에 비하여 b값이 유의적으로 낮은 결과를 나타내었다. 이를 통하여 수분 함량이 높고 pH가 낮을수록 떡이 백색을 나타내는 것을 확인할 수 있었다.

요 약

국내 쌀가공산업의 활성화로 인해 떡류 시장은 활발해지고 있으나 떡의 저장성이나 보관성이 취약한 문제로 인한 유통상의 제한으로 시장개척에 어려움이 따르고 있다. 따라서 떡볶이 떡의 적합한 산 침지 조건을 설정하고자 떡볶이 떡 제조 시 가수량이 산 침지 후 수분함량, pH, 기계적 조직감 특성에 미치는 영향을 검토하였으며 떡의 산 침지 특성을 Peleg 모델을 적용하여 설명하였다($R^2 > 0.9679$). 모든 배합비의 떡과 산미료 농도에서 떡의 침지 시간에 따라 수소이온농도가 증가하였으며, 동일한 가수량의 떡에서는 5% 보다 10%의 산미료에 침지한 떡의 수소이온농도 값이 높았다. 이는 떡의 가수량과 산미료의 농도가 증가할수록 산미료 확산 현상에 더 유리하다는 것을 나타낸다. Peleg 모델 식에서 K_1 과 K_2 의 값은 가수량이 높을수록 산미료 농도가 높을수록 더 작은 경향을 보였으며, 이는 가수량이 높고 산미료 농도가 높을수록 떡의 산미료 흡수 속도와 평형 수소이온농도가 높다는 것을 의미한다. 수분함량은 가수량이 높을수록 높았으며, 가수량과 pH가 동일할 때에는 산미료의 농도가 더 낮을 때 수분함량 증가율이 더 높았다. 동일한 pH에서 떡의 경도는 가수량이 높을수록 낮아졌으며 산미료가 떡의 조직을 연화시킬 수 있다는 것을 확인하였다. 떡의 가수량이 높을 때에는 pH가 구조에 큰 영향을 미치지 않았으며, 떡의 색도는 산미료보다 수분 함량에 더 크게 영향을 받는 것을 확인하였다. 본 연구결과를 통하여 배합비와 산미료의 농도에 따른 산의 확산도를 확인

하였으며, 배합비의 높은가수량 및 높은 산미료 농도에서 침지 시 침지에 의한 품질 변화를 최소화할 수 있음을 확인하였다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호:C1013497-01-02)의 지원에 의해 이루어진 것임.

References

- Chae KY, Hong JS. 2007. The Quality Characteristics of Jeolpyon with Different Amounts of Job's Tears Flour. *Korean J. Food Cookery Sci.* 23: 770-776.
- Cheon HS, Cho WI, Lee SJ, Chung MS, Choi JB. 2017. Acidic and steaming treatments of *tteokbokki* rice cake to improve its microbial and textural properties. *Korean J. Food Sci. Technol.* 49: 502-506.
- Choi WS, Park SK, Lee YS. 2012. A Survey on the consumer preferences for Korean rice cake packaging in the seoul metropolitan area. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 418-429.
- Fracasso AF, Perussello CA, Haminiuk CWI, Jorge LMM, Jorge RMM. 2014. Hydration kinetics of soybeans: Transgenic and conventional cultivars. *J. Cereal Sci.* 60: 584-588.
- Gardner WH. 1966. *Food Acidulants*. Allied Chemical Corps., New York, USA. pp. 44.
- Han KY, Yoon SJ. 2007. Quality characteristics of lotus leaf Jeolpyon during storage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 1604-1611.
- Hills BP, Godward J, Manning CE, Biechlin JL, Wright KM. 1998. Microstructural characterization of starch systems by NMR relaxation and Q-space microscopy. *Magn. Reson. imaging* 16: 557-564.
- Hirashima M, Takahashi R, Nishinari K. 2005. Effects of adding acids before and after gelatinization on the viscoelasticity of cornstarch pastes. *Food Hydrocoll.* 19: 909-914.
- Hung TV, Liu LH, Black RG, Trehwella MA. 1993. Water absorption in chickpea (*C. arietinum*) and field pea (*P. sativum*) cultivars using the Peleg model. *J. Food Sci.* 58: 848-852.
- Kang HJ, Lee JK, Lim JK. 2012. Quality characteristics of topokki garaedduk with different moisture ratios. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 561-565.
- Kang HJ, Park JD, Lee HY, Kum JS. 2013. Effect of grapefruit seed extracts and acid regulation agents on the qualities of Topokkidduk. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 948-956.
- Kim CH, Lee JH. 2007. The study on the consumers' perception and purchasing behavior of rice cake as a meal. *Korean J. Culin. Res.* 13: 59-68.
- Kum JS, Lee HY, Park JD. 2011. Study on processing technology and product development for exportation of traditional rice product. Korea Food Research Institute. KFREI report 308005-3. Korea. pp. 15.
- Lee JK, Jeong JH, Lim JK. 2011. Quality Characteristics of Topokki Garaedduk Added with Ginseng Powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 426-434.

- Lee JW, Lee HH, Rhim JW. 2000. Shelf life extension of white rice cake and wet noodle by the treatment with chitosan. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 828-833.
- Marcotte M, Grabowski S, Karimi Y, Nijland P. 2012. Acid diffusion in solid foods. *Int. J. Food Eng.* 8: Article 15.
- Lee SW, Lee BS, Cha WS, Park JH, Oh SL, Cho YJ, Kim JK, Hong JH, Lee WY. 2004. Diffusion of salt and drying characteristics of beef jerky. *Korean J. Food Preserv.* 11: 508-515.
- Lu S, Chen JJ, Chen YK, Lii CY, Lai P, Chen HH. 2011. Water mobility, rheological and textural properties of rice starch gel. *J. Cereal Sci.* 53: 31-36.
- Marques BC, Jorge LMM, Jorge RMM. 2016. Chemical properties and water absorption kinetics of transgenic corn grain (2B587 Hx) and its conventional isoline (2B587). *J. Cereal Sci.* 71: 93-98.
- Mennah-Govela YA, Bornhorst GM, Singh RP. 2015. Acid Diffusion into Rice Boluses is Influenced by Rice Type, Variety, and Presence of α -Amylase. *J. Food Sci.* 80.
- Pan Z, Tangratnavalee W. 2003. Characteristics of soybeans as affected by soaking conditions. *Lebensm. Wiss. Technol.* 36: 143-151.
- Peleg M. 1988. An empirical model for description of moisture sorption curves. *J. Food Sci.* 41: 57-72.
- Rafiq A, Chowdhary J, Hazarika MK, Makroo HA. 2015. Temperature dependence on hydration kinetic model parameters during rehydration of parboiled rice. *J. Food Sci. Technol.* 52: 6090-6094.
- Shin DS, Kim HY, Hong HC, Oh SG, Yoo SM. 2014. The effects on the quality of *tteokbokki tteok* by different types cultivars of rice. *Korean J. Food Cook. Sci.* 30: 271-277.
- Sopade PA, Obekpa JA. 1990. Modelling water absorption in soybean, cowpea and peanuts at three temperatures using Peleg's equation. *J. Food Sci.* 55: 1084-1087.
- Wang X, Choi SG, Kerr WL. 2004. Water dynamics in white bread and starch gels as affected by water and gluten content. *LWT-Food Sci. Technol.* 37: 377-384.
- Wu WS, Tsai YH, Wei CI, Sun Pan B, Huang TC. 2010. Effects of organic acids on the pasting properties of rice flour from waxy and nonwaxy varieties. *J. Food Qual.* 33: 137-154.
- Yoo KM, Kim SH, Chang JH, Hwang IK, Kim KI, Kim SS, Kim YC. 2005. Quality characteristics of *sulgidduk* containing different levels of dandelion (*Taraxacum officinale*) Leaves and Roots Powder. *Korean J. Food Cookery Sci.* 21: 110-116.
- Yoon SJ. 1996. A literature review about characteristics of Korean rice cake by ingredients and preparation methods. *Korean J. Dietary Culture.* 11: 97-106.
- Yu JH, Han GH. 2004. Quality characteristics of rice cake (*Karedduk*) with different soaking and steaming time. *Korean J. Soc. Food Cookery Sci.* 20: 630-636.