

칼로스 쌀의 유변학적 특성과 이로 제조된 냉동 강황밥의 해동방법에 따른 품질특성 변화

— 연구노트 —

김소연^{1*} · 최유라^{1*} · 김경섭² · 이상준² · 장윤혁¹

¹경희대학교 식품영양학과

²(주)우리식품

Rheological Properties of Calrose Rice and Effect of Thawing Methods on Quality Characteristics of Frozen Turmeric Rice

So Yeon Kim^{1*}, Yu Ra Choi^{1*}, Kyeong Seop Kim², Sang Jun Lee², and Yoon Hyuk Chang¹

¹Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University

²Woorifoods Co., Ltd.

ABSTRACT This study investigated the rheological properties of Calrose rice flour dispersions as well as the effects of different thawing methods (steamer, smart oven, and microwave oven) on quality characteristics of frozen turmeric rice. Apparent viscosity, consistency index, and yield stress significantly increased at higher rice flour concentrations. Magnitudes of storage modulus and loss modulus significantly increased with elevation of rice flour concentration. Frozen turmeric rice thawed using a steamer had the highest moisture content and largest size (length, width, and thickness) among all thawing methods. The L values of turmeric rice after thawing using a steamer was significantly higher than those of other thawing methods. The a value of turmeric rice after thawing using a steamer was significantly lower than those of other thawing methods. Textural properties (hardness, adhesiveness, springiness, cohesiveness, brittleness, and chewiness) of frozen turmeric rice after thawing using a steamer were significantly lower than those of other thawing methods. Therefore, it can be concluded that frozen turmeric rice after thawing using a steamer might be desirable for improvement of texture.

Key words: Calrose rice, rheological property, thawing method, quality characteristic, frozen turmeric rice

서 론

쌀은 세계 3대 곡물 중 하나로 아시아 지역에서 90% 이상이 생산되며 오래전부터 주식으로 소비되는 중요한 식량자원이다. 아시아 지역의 주요 에너지 공급원인 쌀은 다량의 필수아미노산을 함유하여 영양가가 높으며 단백질 이용률 및 소화 흡수율이 높아 체내 생리대사에 좋다(1).

그러나 쌀의 영양학적 가치가 높음에도 불구하고 최근 문화의 서구화와 경제발전으로 육류, 과일, 유가공 제품 등을 선호하는 식생활의 변화에 따라 1인당 쌀 소비량이 감소하고 있어 쌀의 소비를 효과적으로 증가시키기 위한 대책이 시급한 실정이다(1). 또한, 1980년대의 산업화에 의한 급격한 경제성장 후 소비자의 식품에 대한 가치관이 변화하면서 가공식품의 섭취가 증가하고 있으며 맛별이 부부 등의 증가로 간단하고 빠르게 식사를 해결할 수 있는 식이패턴으로

변화하고 있다(2). 이에 따라 1인당 쌀의 소비량은 감소하였으나, 매년 1인당 가공용 쌀의 소비량이 증가하였으며 편의점의 삼각김밥, 도시락 등의 편의식품 소비량도 증가하고 있다. 쌀 자원의 편의식 제품 개발의 필요성이 대두되면서 냉동밥, 레토르트밥, 건조밥 등의 형태로 쌀 가공식품이 출시되어 쌀의 소비를 효과적으로 촉진하고 있다(3).

냉동 가공한 밥은 적절한 해동방법을 사용하여 갓 지은 밥의 조직감으로 복원할 수 있다. 그러나 냉동밥은 복원 시 전분의 아밀로오스와 아밀로펙틴이 호화된 상태에서 분자 사슬 간의 상호작용 증가로 재결정화가 일어나 경도 등이 증가하는 물리적 변화가 일어난다. 이와 같은 전분의 노화현상은 쌀을 이용하여 만든 식품의 품질 저하뿐만 아니라 맛과 텍스처, 상품성을 저하시킨다(4,5). 냉동밥을 복원할 경우 이러한 현상으로 밥의 품질 및 밥맛 저하로 소비자들의 입맛을 만족시키지 못하는 한계점을 가지고 있다. 따라서 편의식품으로 가공된 밥을 갓 지은 밥과 같은 상태로 복원하는 방법에 대한 연구가 필요하다. 쌀에 대한 연구는 주로 쌀 쿠키의 품질특성(6,7), 도정도에 따른 쌀국수의 품질특성(8) 등 쌀가루의 도정에 대한 품질특성, 식품에 첨가하여 품질특성

Received 3 March 2017; Accepted 21 March 2017

Corresponding author: Yoon Hyuk Chang, Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University, Seoul 02447, Korea
E-mail: yhchang@khu.ac.kr, Phone: +82-2-961-0552

*These authors contributed equally to this work.

을 평가하는 등의 연구가 주로 이루어지고 있으며 쌀을 편익의 식으로 가공한 후 복원성을 측정하는 연구는 매우 부족한 실정이다.

칼로스(Calrose)는 캘리포니아 주에서 재배되는 자포니카 계열의 쌀 품종으로 우리나라 사람들이 즐겨 먹는 품종이다. 1970년대 미군부대로부터 공급되기 시작하여 오랜 기간에 걸쳐 값싸고 품질 좋은 쌀로 인식되었으며 예상보다 낮은 가격대에서 국내시장에 성공적으로 진출하였다. 그러나 칼로스는 일반 자포니카 쌀과 비교해 식미가 떨어진다는 지적이 나오고 있으며 아직까지 주조용이나 과자, 떡, 조미료 등에만 이용되고 있다(9).

가루 분산액의 유변학적 특성에 관한 연구는 품질관리, 텍스처 특성, 가공특성에 대한 이해 등에 있어 매우 중요하며 바람직한 가공제품을 생산하는 것에 있어서 매우 중요하다. 최근에 감자가루, 고구마가루, 옥수수가루 등의 분산액을 이용한 유변학적 특성에 관한 연구가 진행되고 있으며, 이러한 연구에서는 농도가 증가함에 따라 유변학적 특성이 변화한다는 것을 밝혀내었다(10-12). 또한, Ye 등(13)의 연구에서는 쌀의 품종에 따라 아밀로오스 함량이 다르며 유변학적 특성은 이에 의존하는 것을 입증하였다. 하지만 칼로스 쌀가루를 이용한 유변학적 특성에 관한 연구는 부족한 실정이며 이를 이용한 편익식품의 지속적인 개발 또한 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 칼로스 쌀 품종을 이용한 쌀가루의 정상유동 특성, 동적 점탄 특성 및 페이스팅 특성을 측정하여 칼로스 쌀의 가공식품 제조를 위한 기초자료로 제공하며 칼로스 쌀로 만든 냉동 강황밥의 해동방법에 따른 품질특성을 분석하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 칼로스 쌀은 2014년에 생산한 것으로 미국에서 수입한 것을 사용하였으며 쌀가루는 Cho 등(14)의 방법에 따라 제조하였다. 즉 쌀을 세척하여 쌀의 3배의 물을 가하여 실온에서 3시간 수침하고, 1시간 물기를 제거하여 40°C에서 건조하여 사용하였다. 분쇄기(HMF-3500SS, Hanil, Seoul, Korea)를 이용하여 분쇄하였으며 80 mesh 표준체망을 통과시켜 본 실험의 시료로 사용하였다.

일반성분 분석

쌀가루의 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량은 AACC (15) 방법에 따라 함량을 측정하였으며, 모든 실험은 3회 반복하여 평균값을 구하였다. 탄수화물은 100에서 이들 함량을 뺀 값으로 하였다.

쌀가루 분산액의 제조

쌀가루 분산액(3, 6, 9%, w/w)은 쌀가루와 증류수를 혼합

하여 제조하였으며 실온에서 30분 동안 교반한 후 95°C의 항온수조에서 30분 동안 교반한 다음 사용하였다. 시료의 유변학적 특성을 측정하기 위하여 쌀가루 분산액은 가열한 후 즉시 사용하였다.

정상유동 특성 측정

정상유동 특성은 25°C로 설정된 rheometer(MCR-102, Anton Paar, Graz, Austria)의 plate-plate system(직경 5 cm, 간격 500 μm)을 이용하여 측정하였다. 시료를 rheometer의 plate에 놓고 1.0~1,000 s⁻¹의 광범위한 전단속도($\dot{\gamma}$) 범위에서 측정하였다. 시료의 정상유동 특성은 power law 모델식(식 1)과 Casson 모델식(식 2)을 적용하였다.

$$\sigma = K\dot{\gamma}^n \quad \text{식(1)}$$

$$\sigma^{0.5} = K_{oc} + K_c\dot{\gamma}^{0.5} \quad \text{식(2)}$$

여기서 σ 는 전단응력(Pa), $\dot{\gamma}$ 는 전단속도(s⁻¹), K는 점조도 지수(consistency index, Pa·sⁿ), n은 유동성 지수, 그리고 (K_c)²은 Casson plastic viscosity(η_c)이다. Casson 모델식에 따른 항복응력(σ_{oc})은 전단속도-전단응력의 선형회귀 곡선으로부터 얻었다. Power law 모델식에 의하여 얻어진 유동성 지수(n)과 점조도 지수(K)로부터 전단속도 100 s⁻¹에서의 겔보기 점도(apparent viscosity, $\eta_{a,100}$)를 계산하였다.

동적 점탄 특성 측정

동적 점탄 특성은 25°C로 설정된 rheometer(MCR-102, Anton Paar)의 plate-plate system(직경 5 cm, 간격 500 μm)을 사용하여 수행되었다. 동적 점탄성 실험은 2% strain 조건에서 진동수(frequency, ω) 0.63~62.8 rad/s 범위 내에서 저장탄성률(storage modulus, G'), 손실탄성률(loss modulus, G''), 복소점도(complex viscosity, η^*) 및 tan δ (G''/G')를 측정하였다.

페이스팅 특성 측정

농도별 쌀가루 분산액의 페이스팅 특성은 Rapid Visco Analyzer(RVA Model 4, Newport Scientific PTY Ltd., Warriewood, Australia)를 사용하여 측정하였다. 3, 6, 9%(w/w) 쌀가루 분산액을 50°C에서 1분간 유지시킨 후 95°C까지 6°C/분의 속도로 가열하고 95°C에서 5분간 유지시킨 다음, 다시 50°C까지 같은 속도로 냉각한 후 2분간 유지시키는 표준방법으로 측정하였다. 여기서 얻은 점도 변화로부터 peak viscosity(최고점도), trough viscosity(최저점도), breakdown viscosity(최고점도-최저점도), final viscosity(최종점도), setback viscosity(최종점도-최저점도) 등이 측정되었다.

냉동밥의 제조

미국산 칼로스를 사용한 냉동 강황밥은 (주)우리식품

(Pyeongtaek, Korea)에서 제공받아 사용하였으며 시료의 해동방법은 다음과 같다. 냉동밥이 담긴 용기를 각각 스팀기(미미즉석 스팀조리기, MFC-20A, MimiFC, Gyeonggi, Korea)에서 2분, 스마트오븐(DE68-04131A-06, Samsung, Seoul, Korea)에서 스팀을 누른 후 4분 50초, 전자레인지(RE-432 RM, Samsung)에서 4분 30초간 재가열하고 20초간 식혀 본 실험의 시료로 사용하였다. 모든 실험은 시료 간의 차이를 줄이기 위하여 밥에 들어있는 채소와 고기는 제외하고 시료로 사용하였다.

수분함량

수분함량은 AACC(15) 방법에 준하여 측정하였다. 밥의 수분함량은 105°C의 dry oven(Thermo Stable EOF-155, Daihan Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 시료를 24 시간 건조시킨 후 평균 수분함량 값을 측정하는 상압가열건조법으로 정량하였다. 각 시료는 3회 반복하여 평균값을 사용하였다.

크기

재가열하여 복원시킨 냉동밥을 각각 25알씩 발췌하여 caliper로 길이(length), 폭(width), 두께(thickness)를 측정하였다.

색도

색도는 colorimeter(JC 801, Color Techno System Corporation, Tokyo, Japan)를 이용하여 Hunter system에 의한 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness) 값을 측정하였다. 각 실험구당 3개의 샘플을 사용하여 한 샘플당 10회 반복 측정된 평균값을 나타내었다. 표준편차는 백색판을 사용하였고 L, a, b값은 각각 98.69, -0.04, -0.58이었다.

기계적 텍스처 특성

텍스처 특성은 Texture analyzer(COMPAC-100, Sun Scientific Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 사용하여 다음과 같은 방법으로 측정하였다. 시료를 원통형 용기(5 cm×2 cm, 지름×높이)에 24 g씩 담아 two-bite compression test를 실시하여 텍스처 profile을 얻어내었다. 이들 curves로부터 얻어진 텍스처 profile 특성들은 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 깨짐성(brittleness), 씹힘성(chewiness)이었으며, 각 실험구당 5회 반복 측정하여 그 평균값을 나타내었다.

통계처리

모든 실험 결과는 평균±표준편차로 나타내었으며 SAS version 9.4(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 ANOVA 분석과 Fisher's least significant differences에 의해 $P < 0.05$ 수준에서 시료 간에 유의성 검정을 시행하였다.

결과 및 고찰

일반성분 분석

본 실험에 사용한 칼로스 쌀가루의 일반성분 측정 결과는 Table 1과 같다. 조단백질 함량 7.25±0.26%, 조지방 함량 1.23±0.20%, 조회분 함량 0.33±0.11%, 탄수화물 함량은 91.19%로 나타났다. Kyoum 등(16)의 국내 주요 쌀 품종별 연구에서 수분함량 10.70~15.88%, 조단백질 함량 5.03~7.73%, 조지방 함량 0.45~1.33%, 조회분 함량 0.31~0.91%로 보고하였고, 본 연구 결과와 일치하였다.

정상유동 특성

농도를 달리하여 제조한 쌀가루 분산액(3, 6, 9%, w/w)의 25°C에서 전단속도에 대한 전단응력 측정 결과는 Fig. 1과 같고, Table 2에 쌀가루 분산액의 겔보기 점도($\eta_{a,100}$), 점조도 지수(K), 유동성 지수(n), Casson 항복응력(σ_{oc}) 값을 나타내었다. 본 실험에서 사용된 쌀가루 분산액은 전단속도가 증가할수록 전단응력이 감소하는 pseudoplastic 특성을 나타내었다. Power law 모델식으로부터 얻은 유동성 지수 n 값은 비뉴턴 거동을 나타내는 지수로 1보다 크면 shear-thickening을 나타내고 1보다 작으면 shear-thinning을 나

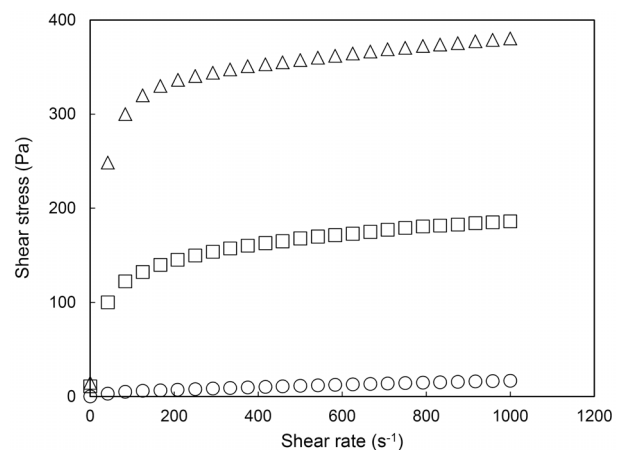


Fig. 1. Shear stress-shear rate plots for rice flour dispersions with different concentrations at 25°C. (○) 3%, (□) 6%, (△) 9%.

Table 1. Proximate composition of rice flour (%w/w, dry basis)

Sample	Crude protein	Crude lipid	Crude ash	Carbohydrate ¹⁾
Rice flour	7.25±0.26	1.23±0.20	0.33±0.11	91.19

¹⁾ Calculated by subtracting protein, lipids, and ash contents from the total.

Table 2. Effect of concentration on steady shear rheological properties of rice flour dispersions at 25°C

Sample	Apparent viscosity $\eta_{a,100}$ (Pa·s)	Consistency index K (Pa·s ⁿ)	Flow behavior index n (-)	Casson yield stress σ_{oc} (Pa)
3%	0.05±0.00 ^c	0.51±0.17 ^c	0.51±0.06 ^a	2.10±0.58 ^c
6%	1.25±0.04 ^b	54.81±1.51 ^b	0.18±0.18 ^b	102.74±0.17 ^b
9%	3.01±0.10 ^a	184.16±18.29 ^a	0.10±0.03 ^b	271.89±0.19 ^a

Values with different letters within the same column differ significantly ($P < 0.05$).

타낸다(10). 모든 농도의 쌀가루 분산액은 유동성 지수(n)가 0.10~0.51로 1보다 작은 값을 가지므로 shear-thinning 거동을 나타내었으며, 농도가 증가함에 따라 shear-thinning 성질이 강해짐을 알 수 있었다. Shear-thinning 현상은 다당류 분자의 그물 구조가 전단하는 동안 파괴되어 나타나는 현상으로 설명할 수 있으며, 전단속도의 증가에 따라 그물구조 분자의 재형성 속도보다 그물구조의 파괴속도가 크기 때문에 나타나는 현상이다(17,18).

Power law 식으로부터 얻어진 점도도 지수와 겔보기 점도는 쌀가루 분산액의 농도가 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. Casson 모델식으로부터 얻은 Casson 항복응력은 2.10~271.89 Pa 값의 범위를 나타내었으며 쌀가루의 농도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였다. Chun과 Yoo(10)의 연구에서는 쌀가루 분산액의 농도가 증가함에 따라 단위부피당 입자 수가 증가하여 쌀가루 입자 사이의 상호작용이 증가하며, 이에 따라 겔보기 점도, 점도도 지수 및 항복응력이 증가하는 것으로 설명하고 있으며 본 연구의 연구 결과와 일치하였다.

동적 점탄 특성 측정

쌀가루 분산액의 농도(3, 6, 9% w/w)에 대해 진동수(ω)

에 따른 저장탄성률(G'), 손실탄성률(G''), 복소점도(η^*)의 변화는 Fig. 2와 같다. 본 연구에서는 모든 농도에서 ω 가 증가함에 따라 G' 과 G'' 수치가 증가하는 경향을 보였으며 G'' 보다 G' 이 더욱 높은 값을 나타내었다. 이를 통해 쌀가루는 탄성적 성질이 점성적 성질보다 높은 것을 알 수 있었으며, ω 가 증가할수록 η^* 값은 감소하고 있어 쌀가루 분산액은 shear-thinning 거동을 나타냄을 다시 한 번 확인하였다.

Table 3은 6.3 rad/s에서 쌀가루 분산액의 G' , G'' , $\tan \delta$ 및 η^* 결과를 나타내고 있다. 쌀가루 분산액의 농도가 증가함에 따라 G' , G'' 및 η^* 값이 유의적으로 증가하는 것을 알 수 있었다. 또한, 농도에 따른 분산액의 G' 의 값이 G'' 의 값보다 크기 때문에 쌀가루 분산액은 모두 강한 겔 거동을 나타냄을 알 수 있었다(19). 시료의 점탄성 거동을 평가하는 $\tan \delta$ 는 1보다 작으면 점탄성 물질에 대해 탄성적 성질이 크다는 것을 의미하며 1보다 크면 점성적 거동이 큰 것을 의미한다(20). 본 실험에서 $\tan \delta$ 값은 1보다 작은 값을 보이므로 쌀가루 분산액은 점성적 성질보다 탄성적 성질이 높음을 나타낸다.

Table 4는 쌀가루 분산액에서 $\log(G', G'')$ 및 $\log \omega$ 와의 관계식들(식3, 4)로부터 선형회귀에 적용하여 얻어진 G' , G'' 의 기울기(n', n'')와 절편(K', K'') 및 결정계수(R^2)를 보여

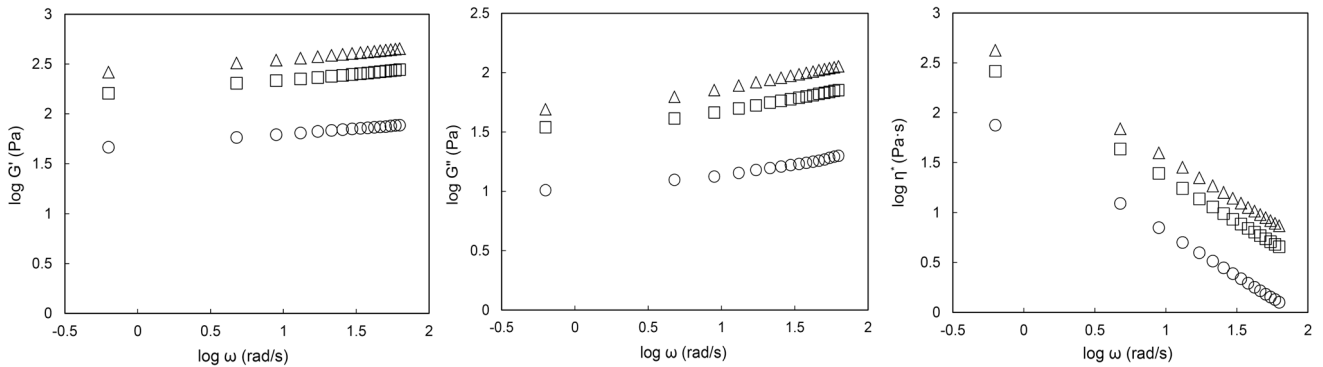


Fig. 2. Plots of $\log G'$, $\log G''$, $\log \eta^*$, and $\log \omega$ (frequency, rad/s) for rice flour dispersions with different concentrations at 25°C. (○) 3%, (□) 6%, (△) 9%.

Table 3. Storage modulus (G'), loss modulus (G''), complex viscosity (η^*), and $\tan \delta$ values at 6.3 rad/s of rice flour dispersions with different concentrations at 25°C

Sample	G' (Pa)	G'' (Pa)	η^* (Pa·s)	$\tan \delta$
3%	59.59±0.73 ^c	13.41±0.39 ^c	9.70±0.13 ^c	0.22±0.01 ^a
6%	208.51±5.64 ^b	46.38±0.80 ^b	33.91±0.90 ^b	0.22±0.00 ^a
9%	337.56±4.10 ^a	70.33±2.07 ^a	54.73±0.70 ^a	0.21±0.00 ^b

Values with different letters within the same column differ significantly ($P < 0.05$).

Table 4. Slope (n' , n'') and intercepts (K' , K'') of $\log(G', G'')$ versus $\log \omega$ (frequency, rad/s) data for rice flour dispersions with different concentrations

Sample	G'			G''		
	K'	n'	R^2	K''	n''	R^2
3%	5.40±0.03 ^c	0.11±0.00 ^b	0.99	2.74±0.06 ^c	0.15±0.01 ^a	0.96
6%	9.25±0.11 ^b	0.12±0.00 ^a	0.99	4.62±0.08 ^b	0.17±0.01 ^a	0.95
9%	11.39±0.05 ^a	0.12±0.00 ^a	0.99	5.44±0.15 ^a	0.19±0.02 ^a	0.97

Values with different letters within the same column differ significantly ($P<0.05$).

주고 있다.

$$G' = K'(\omega)^{n'} \quad \text{식(3)}$$

$$G'' = K''(\omega)^{n''} \quad \text{식(4)}$$

G' 의 n' 값은 0.11~0.12를, G'' 의 n'' 값은 0.15~0.19를 나타내었으며 높은 결정계수를 나타내었다($R^2=0.95\sim0.99$). 구조적 측면에서 볼 때 강한 겔이나 고농도의 용액에서는 양(+)의 기울기를 나타내며 3~9% 농도의 쌀가루 분산액은 동적 점탄 특성이 양의 기울기를 나타내므로 구조적 성질이 강한 겔과 같음을 알 수 있었다. K' 과 K'' 의 수치는 쌀가루 분산액의 농도가 증가함에 따라 유의적으로 증가하는 경향을 보였으며, 이러한 값의 증가는 분산액의 농도가 증가함에 따라 조밀한 입자 사이의 상호결합이 강해지기 때문이다(21).

페이스팅 특성

페이스팅 특성은 쌀의 가열과 식미 등에 영향을 주는 주요한 요인이다(22). RVA를 사용하여 농도별 쌀가루 분산액의 페이스팅 특성치의 값은 Table 5와 같다. Pasting viscosity는 heating과 holding cycle 동안 기록되는 최고점도로 농도가 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. Trough viscosity는 농도가 증가할수록 값이 증가하였으며 9%에서 1,364.50 cP로 가장 높은 값을 보였다. Final viscosity는 63.00~2,408.00 cP의 범위를 나타내었다. 냉각하는 동안 final viscosity의 증가는 아밀로오스 분자들의 응집 또는 재배열 때문으로 생각된다(22). Breakdown vis-

cosity는 열과 전단에 대한 페이스트 저항성을 나타내며 값이 높을수록 분산액의 점도 변화 폭이 증가함을 나타낸다. 본 실험에서 breakdown viscosity는 농도가 증가할수록 값이 증가하므로 쌀가루 분산액의 농도가 증가할수록 가열 시 쌀가루 분산액의 점도 변화 폭이 증가하는 것을 알 수 있었다.

수분함량

세 가지 재가열 방법을 사용한 냉동 강황밥의 수분함량은 Table 6과 같다. 강황밥의 수분함량은 해동방법에 따라 스팀기 61.82%, 스마트오븐 53.39%, 전자레인지 50.32% 순으로 유의적으로 높은 값을 보였다($P<0.05$). Oh(23)의 연구에서는 밥을 가열할 때 압력솥 가열이나 일반점통 가열과 같이 증기로 찌는 경우 수분 증가가 일어날 수 있다는 것을 설명하였다. 이와 같은 원리로 스팀기를 사용하여 밥을 가열하는 것은 다른 해동방법에 비해 수분함량이 증가한 것으로 보인다.

크기

세 가지 재가열 방법을 사용한 냉동 강황밥의 밥알 크기 측정 결과 스팀기로 재가열했을 때 밥알의 길이 9.58 mm, 폭 3.30 mm, 두께 2.05 mm로 모두 스마트오븐과 전자레인지로 해동한 것에 비해 유의적으로 높은 값을 보였다(Table 6). 스팀기를 사용하였을 때 밥알의 부피팽창이 일어나는 이유는 밥의 재가열 시 수증기로 인해 냉동밥이 수분을 흡수하기 때문으로 생각된다.

Table 5. Effect of concentration on pasting parameters of rice flour dispersions at 25°C

Sample	Peak viscosity (cP)	Trough viscosity (cP)	Final viscosity (cP)	Breakdown viscosity (cP)	Setback viscosity (cP)
3%	50.50±0.71 ^c	38.50±2.12 ^c	63.00±2.83 ^c	12.00±2.83 ^c	24.50±0.71 ^c
6%	666.00±21.92 ^b	417.00±2.12 ^b	1,013.00±10.61 ^b	249.00±19.80 ^b	596.00±8.49 ^b
9%	2,980.50±12.02 ^a	1,364.50±2.12 ^a	2,408.00±1.41 ^a	1,616.00±9.90 ^a	1,043.50±3.54 ^a

Values with different letters within the same column differ significantly ($P<0.05$).

Table 6. Moisture contents, size, and color values of frozen turmeric rice obtained by different thawing methods

Thawing methods	Moisture content (%)	Size (mm)			Color value		
		Length	Width	Thickness	L	a	b
Steamer	61.82±1.24 ^a	9.58±0.63 ^a	3.30±0.26 ^a	2.05±0.15 ^a	60.21±0.85 ^a	-7.24±0.32 ^b	48.48±1.14 ^b
Smart oven	53.39±0.76 ^b	8.99±0.48 ^b	2.95±0.17 ^b	1.96±0.13 ^b	59.43±0.36 ^b	-6.69±0.43 ^a	48.83±1.38 ^b
Microwave oven	50.32±1.03 ^c	8.90±0.35 ^b	2.91±0.11 ^b	1.91±0.11 ^b	59.16±0.64 ^b	-6.62±0.39 ^a	52.05±1.00 ^a

Values with different letters within the same column differ significantly ($P<0.05$).

Table 7. Texture properties of frozen turmeric rice obtained by different thawing methods

Thawing methods	Hardness (kg/cm ²)	Adhesiveness (g)	Springiness (%)	Cohesiveness (%)	Brittleness (g)	Chewiness (g)
Steamer	0.26±0.01 ^b	-13.20±3.11 ^b	22.46±1.73 ^b	17.12±1.36 ^c	2,811.27±342.24 ^c	124.92±7.70 ^c
Smart oven	0.37±0.04 ^a	0.00±0.00 ^a	46.91±3.71 ^a	27.33±1.57 ^b	13,417.46±1,107.84 ^b	286.65±23.06 ^b
Microwave oven	0.35±0.02 ^a	0.00±0.00 ^a	46.99±1.52 ^a	34.65±1.79 ^a	15,921.68±756.33 ^a	339.09±19.90 ^a

Values with different letters within the same column differ significantly ($P < 0.05$).

색도

재가열 조건을 달리한 냉동 강황밥의 색도 측정 결과는 Table 6과 같다. 강황밥의 L값은 다른 해동방법과 비교해 스팀기가 높은 값을 보였다. a값은 (+)이면 적색, (-)이면 녹색을 나타내는데, 모든 시료가 (-)값을 보여 녹색을 띠며 스팀기가 -7.24로 가장 낮은 값을 보였다. b값은 (+)이면 황색, (-)이면 청색을 표시하며, 모든 샘플이 (+)값을 나타내어 황색을 띠었고 전자레인지는 52.05로 다른 샘플들보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다.

기계적 텍스처 특성

재가열 조건을 달리한 냉동 강황밥의 기계적 텍스처 특성 측정 결과는 Table 7과 같다. 경도는 시료를 변형시키는 데 필요한 힘을 나타내는 특성으로 스팀기를 사용하였을 때 0.26 kg/cm²로 가장 낮은 값을 나타내었다. 스팀기 사용 시 경도가 다른 재가열 조건과 비교해 유의적으로 낮은 이유는 시료의 높은 수분함량과 연관이 있는 것으로 보인다. 부착성은 식품의 표면과 접촉하는 다른 물질의 표면 간 인력을 초과하는 데 필요한 힘을 나타내는 특성으로 스팀기를 사용하였을 때 -13.20 g로 가장 낮은 값을 나타내었다. 탄력성은 시료를 눌렀을 때 생긴 변형이 힘이 제거되었을 때 원래의 상태로 회복되는 특성으로 스팀기를 사용하였을 때 22.46%로 가장 낮은 값을 보였으며 스마트오븐과 전자레인지로 해동한 시료 간의 차이는 없었다. 응집성은 시료의 형태를 구성하는 내부적 결합에 필요한 힘을 나타내는 특성으로 전자레인지 34.65%, 스마트오븐 27.33%, 스팀기 17.12%의 순으로 높은 값을 보였다. 깨짐성은 현저한 흐름이 일어나기 전에 변형이 없이 부서지는 특성으로 전자레인지 15,921.68 g, 스마트오븐 13,417.46 g, 스팀기 2,811.27 g 순으로 차이를 보였다. 씹힘성은 시료를 삼킬 때 씹는 데 필요한 힘을 나타내는 특성으로 전자레인지 339.09 g, 스마트오븐 286.65 g, 스팀기 124.92 g의 순으로 높은 값을 보였다. Oh(23)의 연구에서는 응집성, 탄력성이 해동 시 전자레인지를 사용할 경우가 가장 큰 값을 가지는 것으로 나타나며 이는 본 연구 결과와 일치하였다.

요 약

본 연구는 칼로스 품종으로 제조한 쌀가루 분산액(3, 6, 9%, w/w)에 따른 유변학적 특성 및 해동방법에 따른 냉동 강황밥의 품질특성에 대하여 평가하였다. 쌀가루 분산액은 전단

담화 거동을 나타내었으며, 쌀가루 농도가 증가함에 따라 쌀가루 분산액의 점조도 지수, 겉보기 점도, Casson 항복응력 값이 증가하는 경향을 나타내었다. 쌀가루 분산액의 동적 점탄 특성에 의하면 진동수 범위(0.63~62.8 rad/s)에서 진동수가 증가함에 따라 G'과 G'' 값들이 증가하는 경향을 나타내었다. RVA에 의한 쌀가루의 페이스팅 특성은 농도가 증가할수록 peak viscosity, trough viscosity, final viscosity, breakdown viscosity, setback viscosity 값이 증가하였다. 재가열 조건에 따른 냉동 강황밥의 수분함량은 스팀기, 스마트오븐, 전자레인지로 해동한 순으로 유의적으로 높았다. 색도 측정 결과 L값은 스팀기가 유의적으로 높은 값을 보였다. a값은 음의 값을 보였으며, 스팀기에서 가장 낮았고 전자레인지에서 가장 높은 값을 보였다. b값은 전자레인지가 가장 높은 값을 보였으며, 스팀기와 스마트오븐은 유의적으로 차이가 없었다. 기계적 텍스처 특성 분석 결과 경도, 부착성, 탄력성, 응집성, 깨짐성, 씹힘성 모든 값에서 스팀기가 유의적으로 낮은 값을 보였다. 결과적으로 스팀기를 이용하여 해동한 냉동 강황밥이 가장 부드러운 조직감을 보였다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ011550 032017)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Lee BD, Eun JB. 2008. Rice processing in food industry. *Food Industry and Nutrition* 13(2): 1-8.
- Park H, Oh N, Jang JA, Yoon HR, Cho MS. 2016. Study on Importance-Performance Analysis regarding selection attributes of rice-convenience foods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45: 593-601.
- Park JD. 2016. Study on processing properties of convenience rice product with different rice. *Food Science and Industry* 49(2): 71-77.
- Kim SS, Chung HY. 2007. Texture properties of a Korean rice cake (Karedduk) with addition of carbohydrate materials. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1205-1210.
- Park CE, Kim YS, Park DJ, Park KJ, Kim BK. 2011. Pasting and sensory properties of commercial rice products. *Korean J Food Sci Technol* 43: 401-406.
- Kim SK, Choi YS. 2013. The quality characteristics of rice cookies added with guava (*Psidium guajava* L.) powder. *Korean J Culinary Res* 19: 248-258.
- Kwon CS. 2012. Antioxidant properties of red yeast rice

- (*Monascus purpureus*) extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 437-442.
8. Lee LS, Kim CH, Choi EJ, Sung JM, Choi HW, Choi YS, Kum JS, Park JD. 2016. Effect of degree of milling on physicochemical properties of rice flour and rice noodles. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45: 1762-1768.
 9. Yun HM. 2007. A study on production and export strategies of major rice exporting countries. *MS Thesis*. Chonnam National University, Gwangju, Korea.
 10. Chun SY, Yoo B. 2004. Rheological behavior of cooked rice flour dispersions in steady and dynamic shear. *J Food Eng* 65: 363-370.
 11. Chun SY, Yoo B. 2006. Steady and dynamic shear rheological properties of sweet potato flour dispersions. *Eur Food Res Technol* 223: 313-319.
 12. Bhattacharya S, Bhattacharya S. 1996. Rheology of cooked debranned maize flour suspensions. *J Food Eng* 27: 97-105.
 13. Ye L, Wang C, Wang S, Zhou S, Liu X. 2016. Thermal and rheological properties of brown flour from *Indica* rice. *J Cereal Sci* 70: 270-274.
 14. Cho S, Yoon SH, Min J, Lee S, Tokar T, Lee SO, Seo HS. 2014. Sensory characteristics of *Seolgitteok* (Korean rice cake) in relation to the added levels of brown rice flour and sugar. *J Sens Stud* 29: 371-383.
 15. AACC. 2000. *Approved methods of the AACC International*. 10th ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. 08-01, 30-10, 44-15A, 46-13, 76-13.01.
 16. Kyoung OY, Oh SH, Kim HJ, Lee JH, Kim HC, Yoon WK, Kim HM, Kim MR. 2006. Analyses of nutrients and anti-nutrients of rice cultivars. *Korean J Food Cook Sci* 22: 949-956.
 17. Morris ER. 1989. Polysaccharide solution properties: Origin, rheological characterization and implications for food systems. In *Frontiers in Carbohydrate Research-1: Food Applications*. Millane RP, BeMiller JN, Chandrasekaran R, eds. Elsevier Applied Science, New York, NY, USA. p 132-163.
 18. Bhattacharya S, Bhattacharya S. 1994. Flow behavior of cooked maize flour suspensions and applicability of mathematical models. *J Food Process Eng* 17: 263-278.
 19. Sun D, Yoo B. 2015. Effect of tapioca starch addition on rheological, thermal, and gelling properties of rice starch. *LWT-Food Sci Technol* 64: 205-211.
 20. Cho SA, Yoo B. 2008. Rheological properties of sweet potato starch-sucrose composite. *Korean J Food Sci Technol* 40: 184-189.
 21. Lii CY, Shao YY, Tseng KH. 1995. Gelation mechanism and rheological properties of rice starch. *Cereal Chem* 72: 393-400.
 22. Arocas A, Sanz T, Fiszman SM. 2009. Clean label starches as thickeners in white sauces. Shearing, heating and freeze/thaw stability. *Food Hydrocolloids* 23: 2031-2037.
 23. Oh MS. 1997. Eating qualities of frozen cooked rice on the thawing condition. *J Korean Home Econ* 35: 147-157.