

마이크로웨이브 조사를 통한 알러지 저감 밀 오프리의 제과 가공적성 개선

박진희¹ · 윤영미² · 손재한³ · 최창현¹ · 김경훈¹ · 김경민¹ · 정영근⁴ · 강천식¹ · 양진우^{3,†}

Enhancement of Cookie Quality by Microwave Treatment of Allergy Reaction-reduced “Ofree” Wheat Flour

JinHee Park¹, Young-Mi Yoon², Jae-Han Son³, Chang-Hyun Choi¹, Kyeong-Hoon Kim¹, Kyeong-Min Kim¹, Young-Keun Cheong⁴, Chon-Sick Kang¹, and Jinwoo Yang^{3,†}

ABSTRACT The use of flour milled from the Ofree wheat cultivar for baking attenuates allergies because some of the genes related to the allergic reaction have been knocked because some of its genes related to allergic reactions have been knocked down or knocked out through genetic mutation. However, the utilization of this flour is limited because the Ofree grain contains high content of total protein and gluten. Microwave irradiation has been used for changing the protein and gluten characteristics of wheat flour. Thus, this study investigated appropriate conditions of microwave irradiation to enhance the utilization of Ofree flour. As a result, when the flour was microwave-treated for 2 min, although the total protein and gluten contents were not changed, some qualities of the baked sugar-snap cookies, such as spread factor (diameter and thickness) and appearance (crack), were ameliorated. However, excessive heat treatment of the flour for over 3 min led to protein denaturation, which negatively affected the quality of the products. These results indicate that 2 min of microwave irradiation of flour that has high content of total protein and gluten can be used for the enhancement of cookie quality. Therefore, these results are expected to increase the utilization of Ofree wheat flour.

Keywords : allergy, cookie, gluten, microwave, wheat

밀(*Triticum aestivum*. L)은 전세계적으로 재배되고 있는 대표적인 식량자원으로서 종실 내 함유되어 있는 단백질 함량과 그 구성에 따라 다양한 가공 식품형태로 만들 수 있는 특징을 가지고 있다(Pareyt & Delcour, 2008). 밀은 주로 제분 후 가루 형태로 이용되고 있으며, 밀가루는 단백질 함량에 따라 강력분, 중력분, 박력분으로 구분되며 목적에 따라 사용된다(Shuo-bi & Bi-yun, 2003). 밀 단백질의 주성분은 글루테닌과 글리아딘으로 이러한 단백질들은 다량의 proline을 함유하고 있어 소화장애를 일으킨다고 알려져 있다(Hausch

et al., 2002; Wieser, 2007). 또한 밀단백질의 일부 성분은 알레르기 반응을 유발하여 소화불량, 복통 및 설사를 유발하는 경우가 있으며, 심한 경우 호흡기 질환을 일으켜 사망에 이르게 되는 경우도 있다(Keet *et al.*, 2009). 이와 관련하여 최근 국내에서는 인공교배를 통해 밀 알레르기 반응을 유발하는 단백질 관련 유전자 일부를 결실시킨 ‘오프리’ 품종을 개발하였다(Kang *et al.*, 2018).

쿠키류는 밀가루를 주원료로 한 건과자(수분함량 5% 이하)로 수분함량이 낮아 저장성이 우수하고, 다양한 맛 과 외

¹농촌진흥청 국립식량과학원 밀연구팀 농업연구사 (Agriculture Researcher, Wheat Research Team, National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea)

²농촌진흥청 국립식량과학원 작물육종과 농업연구사 (Agriculture Researcher, Crop Breeding Division, National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea)

³농촌진흥청 국립식량과학원 밀연구팀 박사 후 연구원 (Post doctorate Researcher, Wheat Research Team, National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea)

⁴농촌진흥청 국립식량과학원 밀연구팀 농업연구관 (Agriculture Senior Researcher, Wheat Research Team, National Institute of Crop Science, RDA, Wanju 55365, Korea)

†Corresponding author: Jinwoo Yang; (Phone) +82-63-238-5464; (E-mail) jinwoo1127@korea.kr

<Received 27 September, 2019; Revised 3 November, 2019; Accepted 9 November, 2019>

형으로 인하여 그 수요가 증가하고 있다(Bae *et al.*, 2010). 이러한 쿠키는 주로 단백질과 글루텐 함량이 낮은 박력분을 이용하여 제조되고 있다(Ramseyer *et al.*, 2011). 알레르기 반응을 저감한 오프리 밀가루는 단백질과 글루텐 함량이 높아 그 용도가 한정되어 있다. 중력분 이상의 단백질 및 글루텐 함량이 높은 밀가루를 이용하여 쿠키를 제조 할 경우, 쿠키의 크기가 박력분에 비하여 작고 균열정도가 낮아 제과용으로는 적합하지 않은 것으로 보고 되고있다(Kang *et al.*, 2014). 이에 중력분 이상의 단백질 및 글루텐 함량을 가지고있는 오프리 밀가루는 제과용으로 적합하지 않은 밀가루로 여겨지고 있다. 따라서, 밀 단백질에 대한 알레르기 반응을 감소 시킨 특징을 가지고 있는 밀가루를 제과를 포함한 다양한 가공분야에서 활용하기 위해 제과 가공적성 개선에 대한 연구가 필요한 실정이다. 원곡 및 밀가루에 다양한 이화학적 처리를 통해 단백질의 특성을 변화시키기 위한 많은 연구들이 보고되고 있다(Bhat *et al.*, 2016; Bucsell *et al.*, 2016; Collar & Armero *et al.*, 2018). 그 중에서 최근에는 원곡 및 밀가루에 대한 microwave 처리는 밀이 가지고 있는 단백질의 특성을 변화시키는데 이용되고 있다. 원곡 및 밀가루에 대한 microwave 처리는 시료 내 수분의 급격한 온도 변화를 유도하여 단백질의 구조 변화를 야기 하는 것으로 알려져 있다(Gianfrani *et al.*, 2017; Lamacchia *et al.*, 2016). 이는 밀가루에 함유된 수분의 급격한 온도 상승으로 인하여 글루텐구조를 형성하는 결합에 영향을 미쳐, 글루텐 형성을 억제하는 것으로 보고 되고있다(Leszczynska *et al.*, 2003). 따라서 본 연구에서는 알레르기 저감효과와 높은 단백질과 글루텐 함유하는 특징을 가진 오프리 밀가루를 microwave 처리함으로써 오프리 밀가루의 제과 가공적성을 개선하여 그 활용범위를 다양화 하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용된 재료는 2017년에 국립식량과학원 전작포장(Jeonju, Korea)에서 생산된 오프리를 사용하였으며, 원백은 불려제분기(Buhler MLU-202, Buhler, Uzwil, Switzerland)를 이용하여 제분수율 60% 수준으로 제분하였다. 제분된 밀가루는 10°C 저온조건에서 보관하여 1개월 간 숙성한 후 실험에 사용하였다. 쿠키 가공적성을 비교하기 위하여 시중의 밀가루를 종류별(박력분, 중력분, 강력분; Samyang Co, Seoul, Korea)로 구입하여 사용하였다.

밀가루의 품질평가

사용된 밀가루의 품질을 평가하기 위하여 수분(44-15A), 조 단백질(46-30)과 회분(08-01)은 American association of cereal chemists (AACC, 2000) 방법에 준하여 측정하였으며, 글루텐 함량은 Kim *et al.* (2019)의 방법으로 Glutomatic system (Glumatic 2200, Springfield, IL, USA)을 이용하여 측정하였다. 밀가루의 단백질 특성 평가를 위한 침전법(SDS-sedimentation) 측정은 Axford *et al.* (1979)와 Baik *et al.* (1994)의 방법을 이용하였다. 밀가루의 입자 크기를 분석하기 위하여 입도분석기(LS 13 320, Beckman coulter, Brea, CA, USA)를 이용하였으며, 밀가루의 색은 Minolta JS-555 (Minolta Camera Co., Ltd, Tokyo, Japan)로 백도(L), 적색도(a), 황색도(b)를 측정하여 밀가루의 품질을 평가하였다.

밀가루에 대한 마이크로웨이브 조사

실험에 사용된 오프리에 대하여 마이크로웨이브 처리하기 위하여 700 W의 전자레인지(MS23K3513, Samsung, Seoul, Korea)를 사용하였다. 제분한 오프리 밀가루를 100 g씩 비닐에 담아 전자레인지에서 1~4분 동안 1분 간격으로 각각 처리 한 후, 쿠키 제조에 이용하였다.

밀가루의 단백질 추출

Glutenin 조성을 SDS-PAGE 통해 분석하기 위하여 밀가루로부터 glutenin을 추출하여 실험에 이용하였다. 밀가루 50 mg에 70% 에탄올을 120 μ L을 첨가한 후 30분간 교반하였다. 교반 후 13,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상층액을 분리제거한 후, 55% isopropanol을 500 μ L을 첨가한 후 65°C에서 5분간 교반하여 원심분리(13,000 rpm, 10분) 후 상층액을 제거하였다. 이 과정에서 gliadin을 제거한 후, 수용성 buffer (80 mM Tris-HCl, pH 8) buffer 100 μ L을 이용하여 30분간 65°C에서 glutenin을 추출하였다.

SDS-PAGE pattern 분석

마이크로웨이브 조사가 밀가루에 단백질의 구조에 영향을 미치는지 알아보기 위하여 단백질을 추출하여 단백질의 조성을 SDS-PAGE를 통해 알아보았다. 1 mg/mL으로 희석한 시료와 sample buffer 및 2-mercaptanol을 혼합 한 후 10분간 가열하였다. 가열 후 냉동보관하여 실험에 이용하였다. 10% acrylamide gel을 제조하여 실험에 사용하였으며, 각 lane에 10 μ L씩 loading 한 후 gel은 coomassie brilliant blue (CBB)용액(50% methanol, 10% acetic acid, 10% CBB R-250)으로 염색한 후 탈색액(water : methanol : acetic acid = 7 : 2 : 1, v/v/v)을 이용하여 2시간 동안 탈색하였다. 단백질의

크기를 구분하기 위하여 protein maker (iNtRonBiotechnology, Sungnam, Korea)을 이용하였다.

쿠키제조 및 품질평가

오프리와 시중 밀가루(박력분)에 대한 제과적성을 비교 평가하기 위하여 sugar snap cookie 방법(AACC 10-52.02, 2000)으로 쿠키를 제조하였다. 설탕 24.3 g, 쇼트닝 12.2 g, NaHCO₃ 0.41 g, 탈지분유 1.21 g을 혼합 한 후 solution A (0.95M sodium bicarbonate) 5 mL과 solution B (1.9M ammonium chloride + 1.52M sodium chloride in water) 3 mL 을 혼합 한 후 교반하였다. 교반 후 밀가루 40 g을 4번에 나누어 넣으며 3분 동안 반죽하였다. 반죽이 끝난 후 쿠키 sheet에 반죽을 펴고 쿠키 cutter (지름 60 mm)로 잘라 내었다. 204°C에서 10분 간 오븐에서 굽고, 30분 동안 상온에서냉각 후 쿠키의 직경, 두께(과자 3개합) 그리고 균열 정도(Top grain)을 측정하였다.

통계처리

실험결과의 통계처리는 SAS program (Statistical Analytical System V9.4, SAS Institute Inc., Carry, NC, USA)을 이용하여 분석하였으며, 항목들 간의 유의성 검정은 $P < 0.05$ 수준으로 ANOVA one-way Test (Duncan's test)방식을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

오프리 밀가루 품질 특성 평가

밀가루의 품질특성은 주로 단백질의 함량과 그 구성에 따라 평가되고 용도에 따라 구분되어 사용된다(Pareyt & Delcour, 2008). 본 실험에 사용한 오프리품종은 국내 밀 품종인 금강과 올그루의 인공교배를 통해 개발되었으며,

밀 알레르기 반응을 유발하는 주요 원인 단백질인 Glu-B3와 오메가-5 글리아딘 유전자를 결실시킨 품종이다(Kang *et al.*, 2018). 오프리 밀가루의 품질분석 결과는 Table 1과 같다. 밀가루의 주요 품질 지표인 회분의 함량은 시중 밀가루보다 높은 특징을 가지고 있었으며, 글루텐함량은 시중 강력분보다 높은 함량을 보유하고 있었다. 밀가루 입자 크기를 입도분석기를 이용하여 분석한 결과, 오프리 밀가루의 입자크기는 54.01 μm 으로, 중력분이나 강력분의 입자크기보다 유의적으로 작은 입자크기를 가지고 있다. 그러나 밀가루의 주요 품질 평가지표인 단백질의 경우 그 함량이 17.14%로 시중 강력분(14.81%)보다 높았으며, 글루텐 함량은 13.43%, 침전가는 43.32 mL으로 강력분(10.43%, 48.50 mL)보다 낮게 나타났다. 오프리 밀가루의 단백질 함량이 높은 이유는 생육환경이나 유전적 특성이 밀의 단백질 함량에 영향을 미칠 수 있다는 연구에 따라 재배조건 및 품종의 특성으로 생각된다(Graybosch *et al.*, 1995). 또한 단백질의 질적 특성인 침전가가 높은 단백질 함량에도 강력분보다 낮은 결과를 나타내었는데, 이는 오프리에 결손된 Glu-B3와 오메가-5 글리아딘에 의한 것으로 예상된다. 이 단백질들이 글루텐 형성에 미치는 영향에 대한 연구는 추가적으로 필요한 실정이다. 오프리 밀가루의 단백질 및 글루텐 함량은 강력분 수준과 유사한 특징을 가지고 있는 것을 알 수 있었다. 따라서 강력분의 밀가루와 유사한 특성을 가지고 있는 오프리 밀가루를 이용하여 쿠키와 같은 제과 제품을 제조 하였을 때, 그 가공적성이 저하 될 것으로 예상된다.

마이크로웨이브 조사한 오프리 밀가루의 품질 특성 변화

밀가루에 microwave 조사에 따른 품질특성에 대하여 많은 연구가 이루어졌다. 밀의 microwave처리는 단백질의 함량 및 조성에는 영향을 미치지 않는 것으로 보고(Bucsellact

Table 1. Comparison of wheat flour characteristics between Ofree wheat flour and commercial products.

	Moisture (%)	Ash (%)	Total protein ¹⁾ (%)	Gluten ²⁾ (%)	Sedimentation value (ml)	Particle size (μm)
Ofree	12.40 \pm 0.30 ³⁾	0.60 \pm 0.06 ⁴⁾	17.14 \pm 1.09 ^{ba}	13.43 \pm 0.94 ^a	43.32 \pm 2.71 ^a	54.01 \pm 1.21 ^c
Strong flour	13.46 \pm 0.26 ^a	0.43 \pm 0.02 ^b	15.15 \pm 0.04 ^b	10.43 \pm 0.31 ^b	48.50 \pm 2.45 ^b	69.57 \pm 0.50 ^a
Plain flour	13.06 \pm 0.15 ^b	0.45 \pm 0.11 ^b	11.45 \pm 0.14 ^c	7.38 \pm 0.16 ^c	35.50 \pm 0.90 ^c	57.51 \pm 0.86 ^b
Weak flour	12.25 \pm 0.05 ^c	0.39 \pm 0.01 ^b	9.93 \pm 0.13 ^d	6.52 \pm 0.19 ^d	22.00 \pm 1.51 ^d	45.25 \pm 0.23 ^d

¹⁾ Total protein means the protein content adjusted for the moisture content of 14%

²⁾ Gluten means the dry gluten contents per dried wheat flour

³⁾ Each value is expressed as the mean \pm standard deviation ($n \geq 3$)

⁴⁾ Means with different letters within the same column are significantly different ($P < 0.05$)

et al., 2016) 되고 있으나, 일부 연구에서는 글루텐 함량을 감소시킨다는 연구결과가 보고 되고 있다(Kim et al., 2012; Kwak et al., 2012). 밀가루에 전자레인지로 이용한 열처리는 밀 단백질의 결합력에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 특히 글루텐 형성에 관여하는 단백질 간 결합을 방해하여 글루텐 형성을 억제한다는 보고가 있다(Lamacchia et al., 2016).

오프리 밀가루는 단백질 및 글루텐 함량이 높은 특징을 가지고 있으나 그 조성이 가공적성에 적합하지 않아 활용에 있어 제한적인 특징을 가지고 있다. 이를 극복하기 위하여 오프리 밀가루에 microwave를 처리하여 개선하고자 하

였다. 본 연구에서는 오프리 밀가루에 microwave를 처리한 후 밀가루에 대한 품질을 측정하였고, 그 결과는 Table 2와 같다. Microwave 처리시간에 따라 수분함량이 감소하는 경향을 보였으며, 글루텐과 단백질의 함량에는 영향을 미치지 않았다. 또한 microwave처리가 글루텐 단백질에 조성에 영향을 미치는지 알아보기 위하여 밀 단백질을 추출한 후, SDS-PAGE를 이용하여 단백질 조성을 분석하였다(Fig. 1). 그 결과, 밀가루에 대한 microwave 처리가 글루텐 조성에는 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. 이는 이전 연구에서 발표한 것과 동일한 결과로서 microwave 처리가 단백질의 조성에는 영향을 미치지 않는 것을 확인 할 수 있었다

Table 2. Changes of wheat flour characteristics after microwave treatment.

Sample	Moisture (%)	Total protein ¹⁾ (%)	Gluten ²⁾ (%)	Sedimentation value (ml)	Color			$\Delta E^3)$	
					L (Lightness)	a (Redness)	b (Yellowness)		
Weak flour	Control	12.25 ± 0.05 ^{a4)}	10.64 ± 0.13 ^{a5)}	6.52 ± 0.19 ^a	22.00 ± 1.51 ^b	93.12 ± 0.03 ^a	-0.45 ± 0.02 ^c	8.07 ± 0.05 ^b	-
	1 min	9.00 ± 0.01 ^b	10.71 ± 0.01 ^a	6.20 ± 0.71 ^a	20.00 ± 0.0 ^b	92.45 ± 0.26 ^a	-0.36 ± 0.02 ^b	8.06 ± 0.06 ^b	0.68 ± 0.25 ^d
	2 min	6.14 ± 0.01 ^c	10.80 ± 0.01 ^a	5.05 ± 0.07 ^b	30.00 ± 1.41 ^a	92.32 ± 0.12 ^a	-0.57 ± 0.02 ^d	8.24 ± 0.06 ^b	0.83 ± 0.09 ^c
	3 min	3.68 ± 0.05 ^d	10.67 ± 0.03 ^a	4.55 ± 0.64 ^c	29.00 ± 1.41 ^a	92.14 ± 0.01 ^a	-0.72 ± 0.02 ^e	8.73 ± 0.06 ^b	1.21 ± 0.05 ^b
	4 min	2.45 ± 0.02 ^e	10.64 ± 0.02 ^a	2.55 ± 1.47 ^d	15.00 ± 0.00 ^c	88.99 ± 0.14 ^b	0.33 ± 0.01 ^a	12.16 ± 0.05 ^a	5.86 ± 0.15 ^a
Ofree	Control	12.40 ± 0.30 ^a	17.14 ± 1.09 ^a	13.43 ± 0.94 ^a	43.32 ± 2.71 ^c	92.61 ± 0.10 ^a	0.11 ± 0.01 ^a	5.95 ± 0.03 ^e	-
	1 min	9.74 ± 0.01 ^b	17.71 ± 0.13 ^a	11.80 ± 1.13 ^{ab}	57.00 ± 0.00 ^b	91.03 ± 0.11 ^a	-0.05 ± 0.02 ^b	7.52 ± 0.03 ^e	2.23 ± 0.08 ^b
	2 min	7.41 ± 0.01 ^c	17.73 ± 0.04 ^a	13.40 ± 0.14 ^a	60.50 ± 0.71 ^a	90.95 ± 0.14 ^a	-0.11 ± 0.03 ^b	7.50 ± 0.12 ^b	2.28 ± 0.17 ^b
	3 min	4.82 ± 0.03 ^d	17.47 ± 0.39 ^a	13.80 ± 0.14 ^a	63.50 ± 0.71 ^a	90.99 ± 0.08 ^a	-0.21 ± 0.02 ^b	7.73 ± 0.07 ^b	2.42 ± 0.05 ^b
	4 min	3.76 ± 0.03 ^e	17.62 ± 0.02 ^a	11.45 ± 0.07 ^{ab}	56.00 ± 1.41 ^b	90.22 ± 0.07 ^a	-0.16 ± 0.01 ^b	8.99 ± 0.04 ^a	3.87 ± 0.06 ^a

¹⁾ Total protein means the protein content adjusted for the moisture content of 14%

²⁾ Gluten means the dry gluten contents per dried wheat flour

³⁾ ΔE is the color difference ($\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$)

⁴⁾ Each value is expressed as the mean ± standard deviation ($n \geq 3$)

⁵⁾ Means with different letters within the same column in the same sample are significantly different ($P < 0.05$)

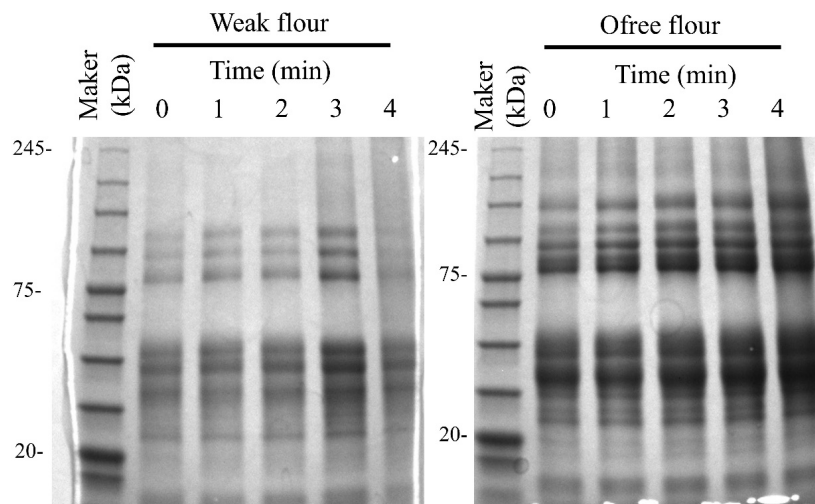


Fig. 1. SDS-PAGE patterns of the gluten fractions from Ofree wheat flour treated with different microwave times.

(Bucellaet *et al.*, 2016). 대조군으로 사용된 시중 박력분의 경우, microwave 조사 후 단백질의 함량에는 변화가 없었지만 글루텐 함량이 조사시간이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 또한 박력분과 오프리 밀가루 모두 microwave 조사 시간에 따라서 유의적으로 색의 변화가 발생하였는데, 이는 고온의 열처리로 인하여 갈변반응이 일어나 명도(L)는 감소하고 황색도(b)는 증가하는 경향을 보였으며, microwave 조사 시간에 따라서 색의 변화가 유의적으로 증가하는 것을 알 수 있었다(Mottram *et al.*, 2002; Ramirez-Jimenez *et al.*, 2000).

마이크로웨이브 조사한 오프리 밀가루를 이용한 sugar-snap 쿠키의 가공 적성변화

박력분과 마이크로웨이브 조사한 오프리 밀가루를 이용하

여 제과적성을 비교하기 위하여 AACC 10-52 (AACC, 2000) 방법을 일부 변형하여 sugar-snap 쿠키를 제조하고, 그 품질을 평가하였다. Sugar-snap 쿠키는 제조 후, 쿠키의 직경, 두께, 경도 그리고 외관의 균열 정도를 주요 품질지표로 이용하였다(Table 3). 오프리 밀가루를 이용하여 쿠키를 제조하였을 때, 직경 및 두께는 기존의 박력분과 비교하였을 때 크기는 작고, 더 두꺼운 특징을 가지고 있었으며 경도 또한 기존의 박력분 보다 더 단단한 식감을 가지고 있었다. 또한 sugar-snap 쿠키의 주요한 품질평가 지표인 균열의 수준이 매우 낮아 제과적성이 떨어지는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 2). 그 원인은 오프리 밀가루의 높은 단백질과 글루텐 함량으로 생각된다. 이에 글루텐형성을 억제하는 효과가 있는 마이크로웨이브 처리를 통해 오프리 밀가루의 가공적성을 개선하고자 하였다. 쿠키의 경우, 조리되는 과정에서 오븐

Table 3. Comparison of the quality of cookies made with microwave-treated Ofree wheat flour.

Sample	Diameter (mm)	Thickness (mm)	Hardness (N)	
Weak flour	93.16 ± 0.29 ^{c1)}	29.79 ± 0.42 ^{b2)}	12.37 ± 1.27 ^d	
Ofree flour	89.09 ± 0.45 ^d	32.87 ± 0.43 ^a	13.76 ± 0.99 ^c	
Ofree microwave	1 min	99.26 ± 1.02 ^a	29.51 ± 0.90 ^b	11.40 ± 0.26 ^d
	2 min	96.09 ± 0.58 ^b	30.35 ± 0.26 ^b	14.16 ± 1.01 ^c
	3 min	92.02 ± 0.31 ^c	31.97 ± 0.16 ^a	16.70 ± 0.43 ^b
	4 min	90.30 ± 0.58 ^d	32.78 ± 0.47 ^a	18.03 ± 0.39 ^a

¹⁾ Each value is expressed as the mean ± standard deviation ($n \geq 3$)

²⁾ Means with different letters within the same column are significantly different ($P < 0.05$)

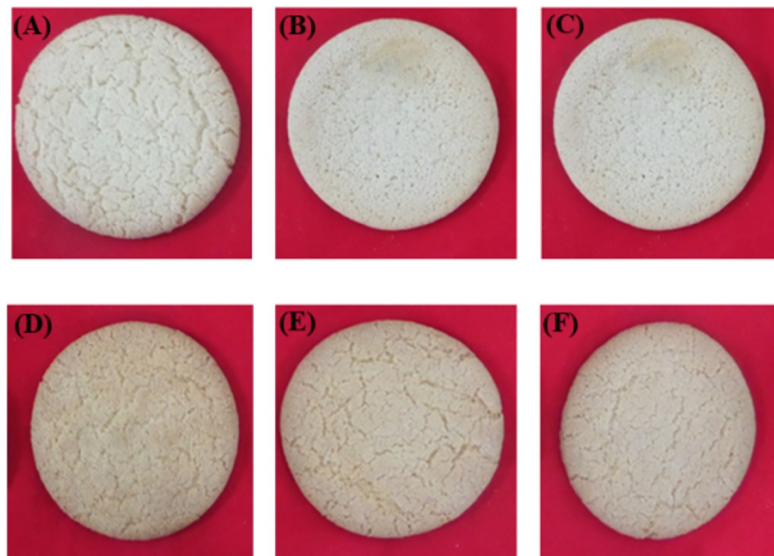


Fig. 2. Sugar-snap cookies baked using Ofree wheat flour that had been microwave-irradiated for different times. (A) Weak flour, (B) Non-irradiated Ofree flour, (C) 1 min-irradiated Ofree flour, (D) 2 min-irradiated Ofree flour, (E) 3 min-irradiated Ofree flour, and (F) 4 min-irradiated Ofree flour.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 밀 알러지 저감 유용 자원 탐색, 세부과제번호: PJ012527042019)에 의해 이루어진 것임.

인용문헌(REFERENCES)

- American Association of Cereal Chemists (AACC). 2000. Approved Methods of the AACC. 10th ed. The Association: St. Paul, MN.
- Bae, H. J., H. Y. Lee, and J. H. Lee. 2010. Effect of *Saururus chinensis* powder addition on the quality of sugar snap cookies. *Food. Eng. Prog.* 14 : 256-262.
- Bhat, N. A., I. A. Wani, A. M. Hamdani, A. Gani, and F. A. Masoodi. 2016. Physicochemical properties of whole wheat flour as affected by gamma irradiation. *LWT-Food Sci Technol.* 71 : 175-183.
- Bucella, B., Á. Takács, V. Vizer, U. Schwendener, and S. Tömösközi. 2016. Comparison of the effects of different heat treatment processes on rheological properties of cake and bread wheat flours. *Food Chem.* 190 : 990-996.
- Collar, C. and E. Armero. 2018. Impact of heat moisture treatment and hydration level on physico-chemical and viscoelastic properties of doughs from wheat-barley composite flours. *Eur. Food. Res. Technol.* 244 : 355-366.
- Graybosch, R. A., C. J. Peterson, P. S. Baenziger, and D. R. Shelton. 1995. Environmental modification of hard red winter wheat flour protein composition. *J. Cereal. Sci.* 22 : 45-51.
- Gianfrani, C., G. Mamone, B. La Gatta, A. Camarca, L. Di Stasio, F. Maurano, S. Picascia, V. Capozzi, G. Perna, G. Picariello, and A. D. Luccia. 2017. Microwave-based treatments of wheat kernels do not abolish gluten epitopes implicated in celiac disease. *Food Chem. Toxicol.* 101 : 105-113.
- Hausch, F., L. Shan, N. A. Santiago, G. M. Gray, and C. Khosla. 2002. Intestinal digestive resistance of immunodominant gliadin peptides. *Am. J. Physiol. Gastrointest. Liver. Physiol.* 283 : G996-G1003.
- Kang, B. K., K. B. W. R. Kim, S. A. Jung, H. J. Kim, D. H. Jeong, S. W. Bark, J. S. Choi, H. D. Choi, and D. H. 2013. Effects of autoclave and microwave treatments on quality of cookies. *J. Korean Soc. Food. Sci. Nutr.* 42 : 1103-1108.
- Kang, C. S., J. Y. Lee, C. S. Park, Y. K. Cheong, K. H. Kim, J. H. Son, and S. H. Lim. 2018. Patent Application No. 15/752,992. U.S.
- Kang, C. S., J. U. Jung, B. K. Baik, and C. S. Park. 2014. Relationship between physicochemical characteristics of flour and sugar-snap cookie quality in Korean wheat cultivar. *Int. Food. Res. J.* 21 : 617.
- Keet, C. A., E. C. Matsui, G. Dhillon, P. Lenehan, M. Paterakis, and

의 온도가 올라갈수록 반죽이 팽창하는 동안 유리점(glass transition)상태가 되면서 쿠키의 직경과 두께가 결정되며, 이러한 쿠키의 품질은 반죽점성을 비롯하여 당 함량 및 보습성이 영향을 미친다고 알려져있다(Pareyt & Delcour, 2008; Pareyt *et al.*, 2009). 마이크로웨이브조사된 밀가루를 이용하여 쿠키를 제조 하였을때, 마이크로웨이브를 사용한 과도한 열처리는 밀가루의 수분함량 감소와 단백질의 열변성을 유도하여 쿠키의 품질을 감소시키는 결과를 나타내었으며, 밀가루를 대상으로 2분 정도 조사 하였을 때, 직경과 두께가 기존의 박력분과 유사한 수준으로 개선되는 것을 확인 할 수 있었다. 이를 통해 마이크로웨이브 조사가 글루텐의 형성을 억제하여 반죽점성을 감소시킴으로써 퍼짐성이 개선되는 것을 유추 할 수 있었다(Bucella *et al.*, 2016). 또한 쿠키의 경도는 마이크로웨이브를 처리하지 않은 오프리 밀가루와 유사한 정도를 나타냄을 알 수 있었다. 이 결과를 통해 박력분보다 높은 단백질 및 글루텐 함량을 가지고 있는 오프리는 비교적 높은 반죽점성을 가지고 있어 제과에 적절하지 않은 특성을 가지고 있지만, 높은 반죽점성을 마이크로웨이브 조사를 통해 글루텐형성을 조절하여 가공특성을 개선 시킬 수 있음을 알 수 있었다.

적 요

본 연구에서는 알러지 반응 저감의 특성을 가지고 있는 오프리 밀가루를 이용하여 적절한 물리적 방법을 통해 제과적성을 개선시키고자 하였다. 오프리 밀가루는 높은 단백질 및 글루텐 함량을 가지고 있어 쿠키를 제조하였을 때 가공적성이 낮은 특징을 가지고 있다. 밀가루에 대한 마이크로웨이브 조사는 글루텐의 형성에 영향을 미친다는 보고에 따라, 본 연구에서는 오프리 밀가루에 마이크로웨이브 조사를 통해 제과 가공적성을 개선하고자 하였다. 그 결과, 마이크로웨이브조사는 오프리 밀가루의 단백질의 함량 및 글루텐 함량에는 영향을 미치지 않았지만 이를 이용하여 쿠키를 만들었을 때 퍼짐성과 균열정도가 개선되는 것을 확인 할 수 있었다. 이는 마이크로웨이브조사가 글루텐 형성에 영향을 미쳐 반죽점도를 감소시켜 쿠키의 가공적성이 개선되는 것을 확인 할 수 있었다. 하지만 과도한 열처리는 단백질의 변성을 유도하여 오히려 가공적성을 감소시켰고, 이에 따라 사용목적에 따른 적절한 처리조건을 규명하는 것이 필요하다. 따라서 이러한 연구결과를 통해 높은 단백질 및 글루텐함량을 가지고 있는 밀가루를 대상으로 적절한 마이크로웨이브와 같은 물리적 처리를 통해 가공적성을 개선하여 활용도를 높일 수 있을 것으로 예상된다.

- R. A. Wood. 2009. The natural history of wheat allergy. *Ann. Allergy. Asthma. Immunol.* 102 : 410-415.
- Kim, K. B. W. R., J. S. Choi, D. H. Kim, W. C. Sun, S. A. Jung, H. J. Kim, D. H. Jeong, Y. H. Jeong, H. D. Choi, and D. H. Ahn. 2012. Effect of autoclave and microwave treatments on quality of bread. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41 : 681-686.
- Kim, K. H., C. S. Kang, I. D. Choi, H. S. Kim, J. N. Hyun, and C. H. Park. 2019. Analysis of grain characteristics in Korean wheat and screening wheat for quality using near infrared reflectance spectroscopy. *Korean J. Breed. Sci.* 48(4) : 442-449
- Kwak, J. H., K. B. W. R. Kim, C. J. Lee, M. J. Kim, D. H. Kim, S. W. Chan, S. A. Jung, H. J. Kim, J. S. Choi, S. W. Kim, and D. H. Ahn. 2012. Effects of autoclave and microwave treatments on the antigenicity of gliadin in medium wheat dough. *J. Korean Soc. Food. Sci. Nutr.* 44 : 55-60.
- Lamacchia, C., L. Landriscina, and P. D'Agnello. 2016. Changes in wheat kernel proteins induced by microwave treatment. *Food Chem.* 197 : 634-640.
- Leszczynska, J., A. Łacka, J. Szemraj, J. Lukamowicz, and H. Zegota. 2003. The effect of microwave treatment on the immunoreactivity of gliadin and wheat flour. *Eur. Food. Res. Technol.* 217 : 387-391.
- Mottram, D. S., B. L. Wedzicha, and A. T. Dodson. 2002. Food chemistry: acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature* 419 : 448.
- Pareyt, B. and J. A. Delcour. 2008. The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: a review on sugar-snap cookies. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 48 : 824-839.
- Ramirez-Jimenez, A., E. Guerra-Hernández, and B. García-Villanova. 2000. Browning indicators in bread. *J. Agric. Food Chem.* 48 : 4176-4181.
- Ramseyer, D. D., A. D. Bettge, and C. F. Morris. 2011. Flour mill stream blending affects sugar snap cookie and japanese sponge cake quality and oxidative cross-linking potential of soft white wheat. *J. Food Sci.* 76 : C1300-C1306.
- Shuo-bi, L. I. and L. I. Bi-yun. 2003. Change of quality characters of flour mixed by different wheat varieties. *J. Acta. Tritical. Crops.* 4.
- Wieser, H. 2007. Chemistry of gluten proteins. *Food Microbiol.* 24 : 115-119.
- Pareyt, B. and J. A. Delcour. 2008. The role of wheat flour constituents, sugar, and fat in low moisture cereal based products: a review on sugar-snap cookies. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 48 : 824-839.
- Pareyt, B., F. Talhaoui, G. Kerckhofs, K. Brijs, H. Goesaert, M. Wevers, and J. A. Delcour. 2009. The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties. *J. Food Eng.* 90 : 400-408.