

파지두부와 옥수수전분을 이용한 글루텐 프리 머핀의 제조와 특성

이용훈^{1,2} · 정길영¹ · 고은솔¹ · 김현석^{1*}

¹국립안동대학교 식품생명공학과, ²대상중앙연구소

Preparation and Characterization of Gluten-free Muffins Using Fractured Tofu and Normal Corn Starch

Yonghun Lee^{1,2}, Gil-Young Jung¹, Eun-Sol Ko¹, and Hyun-Seok Kim^{1*}

¹Department of Food Science and Biotechnology, Andong National University

²Daesang R&D Center

Abstract

This study investigated the effects of the mixing ratio of tofu paste and normal corn starch on the characteristics of gluten-free (GF) muffins. Soft wheat flour for wheat flour-based muffins (control) was replaced with the mixture of tofu paste and normal corn starch (NCS). The mixing ratios of tofu paste and NCS were 1:6.4 (S100), 1:5.1 (S80), 1:3.8 (S60), 1:2.6 (S40), 1:1.3 (S20), and 1:0 (S00), based on their total solid contents. GF muffins of S40-S100 developed the porous, sponge-like structure without crumb collapse. The weight and baking loss did not significantly differ in the control and GF muffins. By decreasing NCS in GF muffin batters, the moisture content, firmness, and crumb redness/yellowness of GF muffins increased, while their volume, specific volume, and crumb lightness decreased. Nevertheless, these characteristics (except for firmness) of S100 were much closer to those of the control. In the preference test, however, S60 (possessing lower attributes than S100 and S80) was most favored among GF muffins, and was very similar in all evaluations (except for appearance) to the control. Overall, the mixture of tofu paste and NCS would be a potential material to replace soft wheat flour in muffins.

Key words: Gluten-free, muffin, fractured tofu, tofu paste, normal corn starch

서 론

셀리악병(celiac disease)은 밀, 보리, 호밀 등의 *Triticale* sp. 작물들 종자 내의 글리아딘(gliadin)과 프로라민류(prolamins)에 의한 알레르기 질환으로, 일반적으로 밀가루가 첨가된 가공식품들 및 제과·제빵 제품들을 섭취 시 발생하는 글루텐(gluten)의 과민성 소화장애로 알려져 있다(Gallagher et al., 2004; Lee, 2016). 국내에서 셀리악병 환자들에 대한 보고는 없지만, 서구(미국, 독일, 이탈리아 영국, 핀란드 등)에서는 빈번하며 전 세계 인구의 약 1% 정도가 셀리악병으로 고통 받고 있다(Cabrera-Chávez & de la Barca, 2010; Hüttner & Arendt, 2010; Lee, 2016). 소화기, 호흡기 및 운동기관에 있어 만성장애를 유발시키는 셀리악병은 유전질환으로 약물 및 외과적 치료로 완치될 수

없고, 셀리악병 유발성분들이 포함된 곡물들과 이들이 함 유된 가공식품들을 섭취하지 않는 것으로 증상을 개선할 수 있다(Gallagher et al., 2004; Cabrera-Chávez & de la Barca, 2010; Hüttner & Arendt, 2010; Green et al., 2015; Lee, 2016). 그래서 밀을 주식으로 하는 서구에서 글루텐 프리(gluten-free, GF) 식품들에 대한 연구와 개발이 활발히 이루어지고 있다.

GF 식품들에 대한 연구개발은 글루텐이 없는 쌀가루, 두류가루, specialty 곡물(아마란스, 테프, 퀴노아) 가루, 전분들(옥수수, 감자, 완두, 쌀, 카사바) 등을 활용한 베이커리 제품들에 집중되고 있으며, 최근에는 알레르기 유발성분이 없는 쌀가루가 밀가루 대체 소재로 각광받고 있다(Gallagher et al., 2004; Hüttner & Arendt, 2010; Park et al., 2012; Ronda et al., 2012; Jeong et al., 2013; Shevkani et al., 2015; Lee, 2016). 다른 곡류가공소재들로 밀가루의 대체에 따른 글루텐의 부재는 밀가루 기반 베이커리 제품들에 비해 GF 제품들의 품질을 저하시키며 글루텐의 단백질로서의 영양학적 가치가 상실된다(Gallagher et al., 2004). 그래서 글루텐의 물리적 기능성과 영양적 가치가 손실된 GF 베이커리 제품들의 품질과 단백질 결핍을 검류

*Corresponding author: Hyun-Seok Kim, Department of Food Science and Biotechnology, Andong National University, 1375 Gyeongsdong-ro, Andong, Gyeongsangbuk-do 36729, Korea
Tel.: +82-54-820-5846; Fax: +82-54-820-6264
E-mail: khstone@andong.ac.kr

Received January 31, 2017; revised February 6, 2017; accepted February 8, 2017

(gums)와 식물성 단백질을 이용하여 보완 및 개선하는 연구가 수행되고 있다(Gallagher et al., 2004; Hüttner & Arendt, 2010; Park et al., 2012; Ronda et al., 2012; Jeong et al., 2013; Shevkani et al., 2015; Lee, 2016).

한편 대두의 생리활성성분들(daidzein, genistein, lunasin)이 동정되고 이들의 다양한 생리활성효능들이 보고되고 있다(Seo et al., 2010; Choi et al., 2011; Kim et al., 2011). 대표적인 비발효 대두가공식품인 두부는 양질의 단백질(Seo et al., 2010)과 대두 유래 생리활성성분들이 함유(Choi et al., 2011; Kim et al., 2011)된 건강식품으로 인식되면서, 전 세계적으로 약 1조 6000억원 규모의 시장을 형성하고 있다(FIS, 2016). 이러한 두부의 생산 및 유통과정에서 귀퉁이나 표면이 파손되어 상품성이 상실된 과지두부가 생산업체에 따라 상이하지만 두부 완제품의 약 2% 내외로 발생한다(Lee et al., 2012). 그러나 과지두부는 식품학적으로나 위생학적으로 문제점이 없음에도 전량 폐기되는 실정으로, 이에 대한 산업적 활용성 재고를 위한 연구가 필요하다.

따라서 본 연구는 GF 식품을 위한 밀가루의 단백질 성분의 대체소재로서 과지두부의 활용가능성을 탐색하기 위해 밀가루의 전량을 과지두부와 옥수수전분 혼합물로 대체한 GF 머핀을 제조하였고, 제조된 GF 머핀의 형태학적 특성, 비체적, 물성, 색도, 기호도 검사를 통해 과지두부와 옥수수전분의 혼합비율이 GF 머핀에 미치는 영향을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

중국산 대두를 원료로 제조된 경두부의 과지두부는 (주)하회마을종합식품(Andong, Gyeongsangbuk-do, Korea)에서 얻어 4°C에서 저장하면서 본 연구에 사용하였다. 제공받은 과지두부가 유통기한을 초과할 때 전량 폐기하고, 신선한 과지두부를 공급받아 사용하였다. 옥수수전분(24.3% 아밀로오스)은 삼양제넥스(Daejeon, Korea), 박력밀가루, 정백당, 정제염은 CJ제일제당(Seoul, Korea), 쇼트닝은 롯데푸드(Cheonan, Korea), 전지분유는 서울우유협동조합(Seoul, Korea), 전란분말은 가루나라(Seoul, Korea), 베이킹파우더는 제니코식품주식회사(Pyeongtaek, Korea), 바닐라에센스는 삼영화학공업주식회사(Ansan, Korea)의 상업적인 제품들을 구입하여 사용하였다.

두부 페이스트(paste) 제조

과지두부(두부 완제품: 300 g 규격)의 외포장지를 개봉하여 침지수를 제거하고 증류수로 3회 세척한 후 표면수분을 키친타올로 제거하였다. 두부 고유의 풍미와 응고제 잔류

물을 제거하기 위해 세척된 과지두부를 정육면체(2×2×2 cm) 형태로 세절하고, 이를 끓는 물과 1:3의 중량비율로 혼합하여 5분간 데친 후 과지두부를 흐르는 냉수로 세척하고 키친타올로 표면의 수분을 제거하였다. 전처리된 과지두부 300 g (w.b)은 증류수 100 mL와 함께 Warning blender (Warning Laboratory Science, Winsted, CT, USA)를 이용하여 고속으로 2분간 분쇄하고 50 mesh 표준체망(No. 50, Chunggye, Seoul, Korea)으로 여과하여 두부 페이스트(paste)를 제조하였다(Lee, 2016). 실험 직전에 제조된 신선한 두부 페이스트는 적외선수분측정기(LP6, Mettler-Toledo, LLC., Columbus, OH, USA)를 이용하여 고형분 함량을 결정하고 증류수를 가하여 고형분 함량이 13.5% (w/w)의 두부 페이스트가 되도록 희석한 후 GF 머핀의 원료로 사용하였다.

두부 페이스트의 일반성분

제조된 두부 페이스트는 -45°C에서 48시간 동안 동결한 후 진공동결건조기(SFD-SM24, Samwon Industry Co., Seoul, Korea)를 이용하여 건조한 후 분쇄하여 일반성분 분석의 원료로 하였다. 수분은 적외선수분측정기(LP6, Mettler-Toledo, LLC.)를 이용하여 105°C에서 측정하였고, 조단백질은 Kjeldahl법(단백질 환산계수 5.71), 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 건식회화법에 따라 정량하였다(AOAC, 2000). 탄수화물은 두부 페이스트 건조중량 100 g에서 조단백질, 조지방 및 조회분의 건조중량을 차감하여 얻었다.

머핀의 제조

대조군(밀가루 머핀)과 GF 머핀들은 Table 1에 제시된 배합비에 따라 제조되었다. 탈지분유, 정백당, 정제염, 베이킹파우더는 박력밀가루 또는 옥수수전분과 혼합하여 50 mesh 표준체망을 3회 통과시켜 분말재료로 하였다. 전란분말, 증류수, 두부 페이스트, 바닐라에센스는 상온에서 10분간 혼합하여 액상재료로 하였다. 상온(약 24°C)에서 3시간 동안 방치한 쇼트닝을 혼합보울(mixing bowl)에 넣고 비터(beater)가 장착된 반죽기(KitchenAid, Benton Harbor, MI, USA)를 이용하여 저속(setting 2)에서 크림상으로 만든 후 준비한 액상재료를 가하여 중속(setting 6)에서 10분간 혼합하였다. 여기에 준비한 분말재료를 가하여 저속에서 분말재료들의 덩어리가 보이지 않을 때까지 혼합(약 3분)하여 머핀반죽을 제조하였다. 머핀반죽은 유산지 머핀컵에 50 g씩 넣고 머핀틀로 옮겨 아랫불 170°C, 윗불 180°C의 컨택션오븐(FDO-7102, Daeyung Bakery Machinery Ind. Co., Ltd., Seoul, Korea)에서 25분간 구운 후 상온에서 1시간 동안 방냉하여 실험에 사용하였다. 제조된 머핀의 수분함량은 적외선수분측정기(LP6, Mettler-Toledo, LLC.)에 의해 정량하였다.

머핀의 형태학적 특성

머핀(처리조건 당 10개)의 가장 높고, 가장 넓은 위치에 버니어캘리퍼스(150 mm; Mitutoyo, Tokyo, Japan)를 이용하여 각각 높이와 넓이를 측정하여 기하학적 특성으로 하였다. 머핀의 단면을 관찰하기 위해 머핀의 가장 높은 위치에서 빵칼을 이용하여 수직으로 절단한 후 스캐너(SL-M2074, Samsung, Suwon, Korea)를 이용하여 촬영하였다(Marquet et al., 2015).

머핀의 굽기손실률과 수분함량

10개의 머핀들의 무게를 각각 측정한 후 다음의 계산식에 따라 굽기손실률(baking loss)을 계산하였다.

$$\text{굽기손실률(\%)} = \frac{\text{머핀반죽의 무게(50 g)} - \text{머핀의 무게(g, w.b)}}{\text{머핀반죽의 무게(50 g)}} \times 100$$

머핀의 부피와 비용적

머핀의 무게(w.b)를 측정한 후 동일한 머핀의 부피(mL)를 종자치환법을 이용하여 측정하였다(Matoss et al., 2014). 머핀의 비용적(mL/g)은 머핀의 무게에 대한 머핀의 부피의 비율로 계산하였다.

머핀 속(crumb)의 색도

머핀의 껍질(crust)을 제거한 머핀 속(crumb)을 Warning blender (Warning Laboratory Science)로 분쇄한 후 분쇄용 페트리디쉬에 채우고 색차계(CM-3500d, Minolta Image Inc., Osaka, Japan)를 이용하여 머핀 속의 색 특성을 Hunter 색체계에서 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)를 측정하였다. 이때 사용한 색차계의 표준백판은 L 98.21, a -0.16, 및 b 1.65이었다. 처리군당 머핀 색도는 3회 반복하여 분석되었다.

머핀의 경도(firmness)

머핀의 바닥으로부터 20 mm 높이에서 상부를 절단하여 경도측정용 시료를 제조하였다(처리군 당 5개). 머핀의 경도는 원통형 probe (지름 35 mm)가 장착된 물성측정기(TX-TAi, Stable Microsystems, Godalming, UK)를 이용하여 분석하였다. 변형율은 머핀 시료 높이의 50% 수준으로 하였고, 물성측정기는 pre-test speed 2.0 mm/s, test speed 1.0 mm/s와 post-test speed 10 mm/s로 조작되었다. 처리군당 머핀의 경도측정은 5회 반복되었다.

기호도 검사

대조군과 GF 머핀들의 기호도 검사는 머핀과 같은 제과를 좋아하는 안동대학교 식품생명공학과 학생 24명을 대상으로 수행되었다. 처리조건에 따라 제조된 머핀들은 제조

직후 상온에서 1시간 동안 방치한 후 2등분하여 처리군들의 평가 간에 입을 행굴 수 있도록 생수와 함께 제공하였다. 기호도 검사 항목은 외관, 향, 맛, 조직감 및 전반적인 기호도로 하여 9점 척도법(1점: 매우 나쁘다, 9점: 매우 좋다)으로 평가되었다.

통계처리

머핀은 배합비에 따라 3회 반복하여 제조되었으며, 제조된 머핀들의 특성은 3-10회 반복하여 측정하고 평균±표준편차로 제시하였다. 머핀의 특성치들의 배합비에 따른 통계적 유의성은 일원분산분석(one-way ANOVA)을 수행한 후 최소유의차(least significance difference, LSD) 검정법을 이용하여 95% 신뢰수준에서 분석하였다. 모든 통계적 계산과 분석은 SAS (version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 이용하여 수행되었다.

결과 및 고찰

GF 머핀의 제조 시 머핀의 주원료인 박력밀가루의 단백질과 전분 분획들은 파지두부의 두부단백질과 옥수수전분으로 각각 대체하였다. 파지두부는 다른 원료들과 균일하게 혼합될 수 있도록 물과 함께 분쇄하여 여과된 두부 페이스트를 제조하여 첨가하였다. GF 머핀의 대조군으로 박력밀가루를 주원료로 사용한 밀가루 머핀을 대조군으로 하였다(Table 1). S100의 두부 페이스트와 옥수수전분 혼합물의 총 고형분 함량은 대조군의 박력밀가루의 총 고형분 함량과 동일하게 하였으며, 두부 페이스트의 수분함량을 고려하여 대조군 배합의 정제수의 양을 차감하여 S100의 수분량을 조정하였다. 또한 GF 머핀을 위한 두부단백질과 옥수수전분의 최적 혼합비율을 결정하기 위해 S100의 옥수수전분의 첨가량에 대해 0-80%의 수준의 옥수수전분을 두부 페이스트와 혼합하여 GF 머핀을 제조하였다. 이때 두부 페이스트(총 고형분 함량 13.5%, w/w)의 첨가량은 일정하게 하면서 옥수수전분 첨가량만을 변화시킨 것은 두부 페이스트를 제조할 때마다 총 고형분 함량이 13.8-14.9% (w/w)의 범위로 얻어져 일정한 고형분을 유지하면서 GF 머핀 배합에 있어 박력밀가루의 제거로 인한 단백질의 손실을 최대도로 보완할 수 있기 때문이었다. GF 제품들에 있어 밀가루의 배제로 결핍된 단백질의 보완은 영양학적 측면에서 중요한 사항이다(Gularte et al., 2012; Ronda et al., 2012).

두부 페이스트의 일반성분

두부 페이스트(총 고형분 함량 13.5%, w/w)의 일반성분은 Table 2에 나타내었다. 건조중량 대비 두부 페이스트의 조단백질, 조지방, 조회분 및 탄수화물 함량들은 각각 47.8%, 34.8%, 3.5% 및 13.9%이었고, 이러한 결과는 문헌

Table 1. Formulations of gluten-free muffin using tofu paste and normal corn starch

Ingredients	Formulation (g, w.b)						
	Control	S100	S80 ¹⁾	S60 ¹⁾	S40 ¹⁾	S20 ¹⁾	S00 ¹⁾
Soft wheat flour ²⁾	227.3	-	-	-	-	-	-
Normal corn starch ³⁾	-	196.0	156.8	117.6	78.4	39.2	0.0
Tofu paste ⁴⁾	-	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
Water	169.7	1.0	40.2	79.4	118.6	157.8	197.0
Shortening	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
Sugar	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0
Salt	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Whole milk powder	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4
Whole egg powder	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8	14.8
Baking powder	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Vanilla extract	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Total	641.7						

¹⁾S80, S60, S40, S20, and S00 indicated formulations of gluten-free muffin containing 80%, 60%, 40%, 20%, and 0% of corn starch weight (d.b) of S100, respectively.

²⁾Moisture content of soft wheat flour was 12.0%(w/w).

³⁾Moisture content of normal corn starch was 11.7%(w/w).

⁴⁾Total solid content of tofu paste was 13.5%(w/w).

Table 2. Proximate composition¹⁾ of tofu paste used in this study

Sample	Crude protein (%, d.b)	Crude fat (%, d.b)	Crude ash (%, d.b)	Carbohydrate (%, d.b)
Tofu paste	47.8±0.4	34.8±0.7	3.5±1.1	13.9±0.6

¹⁾Mean values of three replicate measurements.

²⁾Analyzed after freeze-drying.

상에 보고된 두부의 건량기준으로 환산된 함량들과 유사한 수준이었다(Seo et al., 2010; Yoo, 2011; Lee, 2016). Table 1의 배합비율을 고려할 때, GF 머핀에 첨가되는 두부 페이스트(200 g) 내의 조단백질은 약 12.9 g이고 대조군(밀가루 머핀)의 박력밀가루(조단백질 함량 6.6±0.4%, w.b)에 함유된 조단백질은 약 13.2 g으로 유사하였다. 따라서 두부 페이스트를 활용함으로써 박력밀가루의 제거로 인해 GF 머핀의 단백질 결핍을 보완할 수 있는 것으로 생각된다.

글루텐 프리 머핀의 형태학적 특성

Table 1의 배합에 따라 제조된 대조군과 GF 머핀들의 단면 이미지들은 Fig. 1에 나타내었다. S20 (S100의 옥수수전분 첨가량의 20% 수준의 옥수수전분을 두부 페이스트와 혼합한 처리군)과 S00 (옥수수전분을 전혀 가하지 않은 처리군)은 컨백션오븐 내에서 굽는 동안 팽창하였다가 중심부가 꺼지는 현상(crumb collapse)이 발생하였다. 그래서 S20과 S00은 머핀들의 특성 평가에서 제외하였다. 이와 같은 결과는 S20과 S00에 첨가된 옥수수전분의 함량이 굽는 동안 팽창된 머핀의 구조를 유지하는데 충분하지 않았기 때문으로 생각된다. 머핀과 같은 화학적 팽창제를 이용하는 제과류의 구조형성은 반죽 내의 전분의 함량 및 종류뿐만 아니라, 전분의 팽윤 및 호화 정도에 의해 결정되는

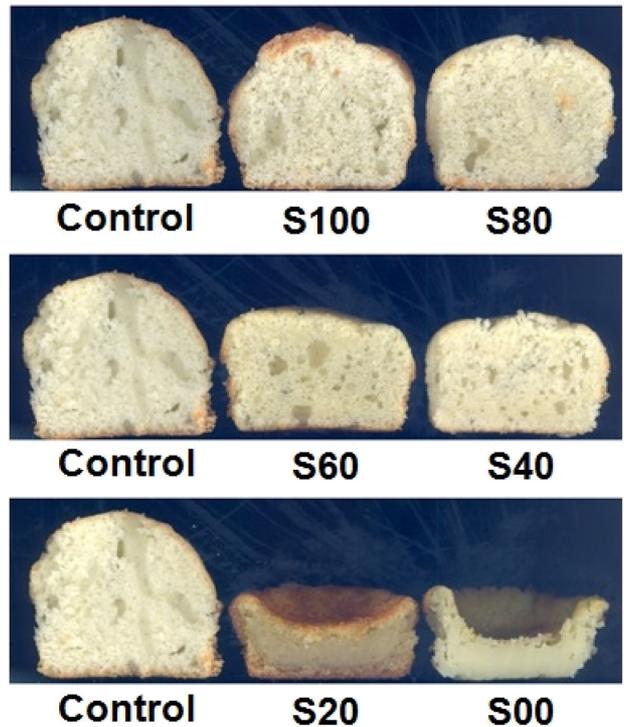


Fig. 1. Cross-section images of control (wheat flour-based muffin) and gluten-free (S100-S00) muffins prepared with different mixing ratios of tofu paste and normal corn starch.

되는 것으로 알려져 있다(Ronda et al., 2012; Matos et al., 2014). 또한 GF 머핀들(S100, S80, S60, S40)이 대조군 보다 기공세포가 붕괴되고 합쳐져 크기가 커진 것들의 빈도가 적었고, 상대적으로 균일한 크기의 기공세포가 분포되어 있는 것으로 보인다(Fig. 1). 팽창과정을 수반하는 제과 및 제빵 제품들에 있어 글루텐은 기공세포의 붕괴를 억제하는 역할을 한다(Wilderjans et al., 2008). Matos et al. (2014)는 GF 쌀 머핀 반죽에 단백질 소재들(글루텐, 분리대두단백, 분리완두단백, 난백단백, 카제인)의 첨가가 반죽의 점도를 증가시켜 굽는 과정에서 발생하는 이산화탄소와 수증기에 의한 기공세포들의 붕괴와 이로 인한 기공세포의 확장을 저해한다고 하였다. 본 연구에서 두부 페이스트를 이용한 GF 머핀 반죽의 점도는 측정하지 않았지만 반죽의 분할 시 대조군에 비해 두부 페이스트를 첨가한 반죽의 점조성이 증가하는 현상이 관찰되었다. 따라서 GF 머핀들의 기공세포가 대조군(머핀은 글루텐 형성을 최소화한 제과)에 비해 더 균일한 것은 두부 페이스트의 사용으로 글루텐 프리 머핀 반죽의 점도가 증가하였기 때문인 것 같다.

한편 제조된 머핀들의 높이는 대조군(48.7±0.5 mm)보다 S100 (50.3±1.5 mm)이 유의적으로 높았고($p<0.05$), S80 (43.7±0.3 mm), S60 (34.2±3.8 mm), S40 (31.2±0.9 mm) 순서로 감소하였다. 반면 제조된 머핀의 넓이는 54.2-57.3 mm의 범위로 머핀들 사이에서 차이가 미미하였고, 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$). 이는 일정한 크기의 머핀 틀에서 머핀을 구웠기 때문에 머핀이 횡으로 팽창되는 것이 제한되었기 때문이다. 또한 머핀의 높이와 관련하여 S00-S100의 전분의 함량이 달라 GF 머핀 반죽 내의 전분입자들의 총 팽윤력에서 차이가 발생하였기 때문으로 생각된다. 곡류가루 내의 전분의 팽윤력은 곡류가루를 원료로 사용하는 제품들의 최종 수율과 관련 있다고 보고되고 있다(Jung et al., 2008; Park et al., 2012; Jeong et al., 2013).

글루텐 프리 머핀의 수분함량, 굽기손실을 및 비용적

제조된 머핀들의 수분함량은 28.9-38.3%의 범위에 있었다(Table 3). 대조군과 S100은 통계적으로 유의적인 차이를

보이지 않았으나, S80에서 S40으로 옥수수전분 함량이 감소하면서 수분함량은 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 이는 S100에 비해 S80-S40의 옥수수전분 함량이 감소하면서 옥수수전분 감소량만큼 정제수를 추가하였기 때문에(Table 1) 제조된 GF 머핀의 수분함량이 높은 것으로 생각된다. 머핀들의 중량은 대조군이 45.0 g으로 44.6-45.1 g의 GF 머핀들과 유의적인 차이를 보이지 않았다($p>0.05$; Table 3). 이와 같은 결과는 GF 머핀 반죽에서 보수력을 보유한 옥수수전분의 결핍(Table 1)과 관계없이 머핀을 굽는 동안 수분손실이 일정하다는 것을 설명하며, 이는 단백질원으로 첨가된 두부 페이스트의 보수력 때문으로 생각된다. 한편 Lee & Son (2011a)은 스펀지 케이크의 수분함량이 낮을수록 굽기손실률이 증가한다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 머핀의 수분함량에 관계없이 머핀의 무게가 대조군과 처리군들 사이에 유사하기 때문에 머핀 반죽에 대한 머핀의 반죽과 머핀의 중량의 차이의 백분비율로 계산되는 굽기손실률은 10.1-12.9%로 대조군과 처리군들 사이에서 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다($p>0.05$; Table 3).

제조된 머핀들의 부피는 대조군이 76.7 mL이고, S100이 60.0 mL이나 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). 그러나 S80부터 S40까지 옥수수전분 함량이 감소하면서 머핀의 부피가 대조군에 비해 유의적으로 감소하였다($p<0.05$; Table 3). 이와 같은 결과는 밀가루를 쌀가루, 동부콩가루, 식물성단백소재들(분리대두단백, 완두대두단백)로 대체한 GF 머핀들에서 관찰되는 것처럼 본 연구의 두부 페이스트와 옥수수전분의 조합도 GF 머핀 반죽을 굽는 동안 발생한 수증기와 이산화탄소를 포집하는데 한계가 있는 것으로 보인다(Matos et al., 2014; Shevkani et al., 2015). 게다가 제조된 머핀들의 중량이 대조군과 처리군들 사이에서 유사하기 때문에 대조군과 글루텐 프리 머핀들의 비용적은 머핀의 부피에서 관찰된 결과와 유사한 양상을 나타내었다(Table 3).

글루텐 프리 머핀의 경도(firmness)

제조된 머핀의 경도(firmness)는 Fig. 2에 나타내었다. 대조군이 처리군들에 비해 낮은 경도를 나타내었으며, 처리

Table 3. Mean¹⁾ values for color characteristics of control (wheat flour-based muffin) and gluten-muffins (S100-S40) prepared with different mixing ratios of tofu paste and normal corn starch

Muffins	MC ²⁾ (% w.b)	W ²⁾ (g, w.b)	BL ²⁾ (%)	V ²⁾ (mL)	SV ²⁾ (mL/g)
Control	29.2±0.2 ^d	45.0±1.7 ^a	10.4±3.2 ^a	76.7±11.5 ^a	1.8±0.3 ^a
S100	28.9±0.3 ^d	45.1±1.4 ^a	10.1±2.5 ^a	60.0±10.0 ^{ab}	1.4±0.2 ^b
S80	32.5±0.1 ^c	45.6±3.1 ^a	10.1±2.2 ^a	46.7±5.8 ^b	1.1±0.0 ^c
S60	35.8±0.2 ^b	45.6±1.5 ^a	10.3±2.1 ^a	36.7±2.9 ^c	0.8±0.1 ^d
S40	38.3±0.1 ^a	44.6±2.2 ^{ab}	12.9±2.3 ^a	33.3±5.8 ^c	1.1±0.0 ^c

¹⁾Mean values of three replicate measurements; Values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p<0.05$.

²⁾MC, moisture content; BL, baking loss; V, volume; W, weight; SV, specific volume.

군들에 있어 옥수수전분의 첨가량이 적어지면서 GF 머핀들의 경도는 증가하는 양상을 나타내었다. 그럼에도 대조군과 S80의 경도는 통계적으로 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$; Fig. 2). Lee & Son (2011a, b)은 야콘분말이나 꾸지뽕잎 분말의 첨가량이 증가하면서 케이크의 경도가 증가하는 것은 이들이 반죽의 기포형성을 방해함으로써 케이크 부피의 감소로 인해 내부 조직이 치밀하게 형성되기 때문이라고 하였다. Preichardt et al. (2011)은 쌀가루와 옥수수가루를 이용하여 케이크 제조 시 잔탄검의 첨가량이 증가할수록 케이크의 비용적은 증가하면서 경도는 감소한다고 하였다. 따라서 본 연구에서 옥수수전분의 첨가량이 적을수록 글루텐 프리 머핀의 경도가 증가하는 것은 머핀의 비용적이 감소하여 내부 조직이 치밀하게 되었기 때문이다(Table 3 & Fig. 1).

글루텐 프리 머핀 속(crumb)의 색 특성

제조된 머핀의 속(crumb)의 색 특성은 Table 4에 나타내었다. S100의 명도가 대조군과 차이가 없는 것을 제외하고,

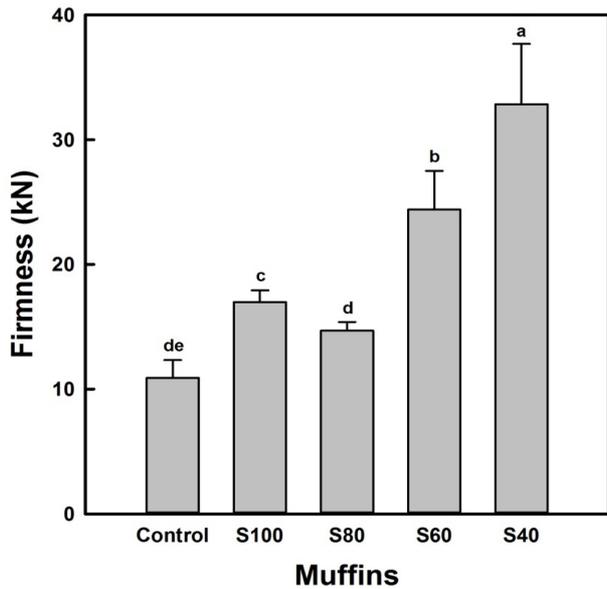


Fig. 2. Firmness of control (wheat flour-based muffin) and gluten-free (S100-S40) muffins prepared with different mixing ratios of tofu paste and normal corn starch. Bars sharing the same letters in Fig. 2 are not significantly different at $p<0.05$.

대조군에 비해 GF 머핀의 명도는 유의적으로 감소하였고, 적색도와 황색도는 유의적으로 증가하였다(Table 4). Park et al. (2015)는 비지와 대두가루(soy flour)를 첨가하여 제조한 글루텐 프리 쿠키의 색 특성이 대조군에 비해 어두워지는 것은 대두가루의 비효소적 갈변반응 때문이라 하였다. Matos et al. (2014)는 머핀 제조 시 분리대두단백의 첨가가 분리완두단백과 난백분말과립보다 머핀 속의 색을 어둡게 하였다고 보고하였다. 따라서 본 연구에서 관찰된 GF 머핀 속의 색이 어두워지는 것은 두부 페이스트의 단백질과 가용성 탄수화물들 사이의 굽는 과정 초기에 마이야르 반응에 의해, 이후에는 두부 페이스트의 가용성 탄수화물과 전분에 있어 카라멜화 반응이 일어났기 때문일 것으로 생각된다.

글루텐 프리 머핀의 기호도

제조된 머핀들의 기호도 검사의 결과를 Table 5에 나타내었다. 대조군에 비해 S100, S80, S40의 GF 머핀들은 모든 평가항목에서 낮은 점수를 나타내었다(Table 5). 그러나 S60의 경우 외관 항목을 제외하고는 풍미, 맛, 조직감 및 전반적 기호도에 있어 대조군과 유사하거나 높은 점수를 패널들로부터 얻었다(Table 5). 검사에 참여한 패널들은 S60에 비해 S100과 S80은 입안에서 텁텁하거나 거친 느낌이 있으며, 조직이 부드럽지 않고, 전분향과 같은 이취가 있다고 호소하였다. 따라서 GF 머핀들 사이에 부피, 비용적이나 경도와 같은 객관적 특성들의 차이에도 불구하고 기호도 검사에 있어 GF 머핀의 기호도에 대한 두부 페이

Table 4. Mean¹⁾ values for color characteristics of control (wheat flour-based muffin) and gluten-muffins (S100-S40) prepared with different mixing ratios of tofu paste and normal corn starch

Muffins	L	a	b
Control	84.3±0.1 ^a	0.0±0.2 ^c	24.5±0.2 ^d
S100	84.4±0.1 ^a	1.0±0.4 ^b	25.4±0.1 ^c
S80	83.0±0.1 ^b	1.1±0.1 ^b	27.3±0.2 ^b
S60	80.7±0.1 ^c	0.1±1.4 ^c	27.8±0.3 ^b
S40	75.9±0.6 ^d	8.1±1.3 ^a	31.6±0.4 ^a

¹⁾Mean values of three replicate measurements; Values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p<0.05$.

Table 5. Mean¹⁾ values for the preference of control (wheat flour-based muffin) and gluten-muffins (S100-S40) prepared with different mixing ratios of tofu paste and normal corn starch

Muffins	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptability
Control	8.1±2.3 ^a	7.1±2.6 ^{ab}	7.3±2.2 ^a	7.3±2.2 ^a	7.1±2.1 ^{ab}
S100	6.5±2.9 ^{ab}	6.4±3.2 ^{ab}	5.2±2.4 ^{bc}	5.0±2.5 ^c	4.8±2.3 ^{cd}
S80	6.9±2.8 ^{ab}	7.2±2.1 ^{ab}	6.4±2.4 ^{ab}	6.5±1.9 ^{ab}	6.4±2.1 ^{bc}
S60	6.9±2.8 ^{ab}	8.0±2.4 ^a	7.9±2.6 ^a	7.7±2.8 ^a	8.2±2.3 ^a
S40	6.1±3.4 ^{ab}	8.0±3.7 ^a	7.4±3.2 ^a	6.7±3.2 ^{ab}	6.9±3.5 ^{abc}

¹⁾Mean values of measurements from 24 panels; Values sharing the same lowercase letters within columns are not significantly different at $p<0.05$.

스트와 옥수수전분의 최적 혼합비율이 존재하는 것을 알 수 있었다.

요 약

과지두부와 옥수수전분을 이용하여 GF 머핀의 개발을 위해 두부 페이스트와 옥수수전분의 혼합비율을 결정하고자 하였다. 과지두부는 페이스트 형태로 옥수수전분과 다양한 비율로 혼합하여 박력밀가루를 전량 대체하였다. 대조군(밀가루 머핀)과 S100 (고형분 기준으로 박력밀가루의 전분 및 단백질 분획과 동일하도록 옥수수전분과 두부 페이스트를 혼합하여 제조된 글루텐 프리 머핀)은 수분함량, 중량, 굽기손실률, 부피, 머핀 속의 명도에 있어 유의적인 차이를 나타내지 않았으나, 비용적은 낮은 수준을, 경도와 머핀 속의 적색도 및 황색도는 높은 수준을 나타내었다. 머핀의 중량과 굽기손실률을 제외하고 GF 머핀 반죽 내의 옥수수전분의 함량이 적어지면서 대조군에 비해 수분함량, 경도, 머핀 속의 적색도와 황색도는 증가하였으며, 부피, 비용적과 머핀 속의 명도는 감소하는 경향을 나타내었다. 모든 물리적 특성의 결과들을 고려할 때 S100이 대조군과 가장 유사한 GF 머핀이었다. 그러나 기호도 검사에 있어 대조군이나 S100과 상당한 차이의 부피, 비용적 및 경도를 보이는 S60 (건조중량 기준으로 두부 페이스트와 옥수수전분을 1:3.8의 비율로 혼합하여 박력밀가루를 대체하는 것)이 외관특성을 제외한 기호도 검사항목들에 있어 대조군과 유사하거나 높았다. 결과적으로 본 연구에서 박력밀가루의 단백질 및 전분 분획을 두부 페이스트의 두부 단백질과 옥수수전분으로 전량 대체하였을 때 밀가루 머핀의 물리적 특성들과 가장 유사한 GF 머핀(S100)을 제조할 수 있었다. 그러나 밀가루 머핀과 기호도가 가장 유사한 GF 머핀(S60)의 두부 페이스트와 옥수수전분의 혼합비율의 사용은 상업적인 측면에서 효용성이 높을 것으로 판단된다. 이와 같은 경우 밀가루 머핀의 부피, 비용적, 및 경도에 근접할 수 있는 GF 머핀의 특성 개선에 대한 연구가 선행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 논문은 2016학년도 안동대학교 연구비에 의하여 연구되었음.

References

AOAC. 2000. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemists (No. 955.04, 960.39, 923.03), Arlington, VA, USA.

Cabrera-Chávez F, de la Barca AMC. 2010. Trends in wheat technology and modification of gluten proteins for dietary treat-

ment of coeliac disease patients. *J. Cereal Sci.* 52: 337-341.

Choi M, Kim JI, Jeong JB, Lee S, Jeong JN, Jeong HJ, Seo EW, Kim TY, Kwon OJ, Lim JH. 2011. Suppressive effects of by-product extracts from soybean on adipocyte differentiation and expression of obesity-related genes in 3T3-L1 adipocyte. *J. Life Sci.* 21: 358-367.

FIS. 2016. Trends in 2016 Processed Food Market Segmentation: Tofu market. Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation (aT), Naju, Jeollanamdo, Korea.

Gallagher E, Gormley TR, Arendt EK. 2004. Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends Food Sci. Tech.* 15: 143-152.

Green PHR, Lebwohl B, Greywoode R. 2015. Celiac disease. *J. Allergy Clin. Immun.* 135: 1099-1106.

Gularte MA, de la Hera E, Gómez M, Rosell CM. 2012. Effect of different fibers on the enrichment of gluten-free layer cake. *LWT-Food Sci. Technol.* 48: 209-214.

Hüttner EK, Arendt EK. 2010. Recent advances in gluten-free baking and the current status of oats. *Trends Food Sci. Tech.* 21: 303-312.

Jeong S, Kang WS, Shin M. 2013. Improvement of the quality of gluten-free rice pound cake using extruded rice flour. *Food Sci. Biotechnol.* 22: 173-180.

Jung KI, Shin ES, Kim SA. 2008. Quality characteristics of muffin with fat and methods Korean *J. Food Cook. Sci.* 24: 473-479.

Kim JS, Park YM, Jeong JB, Lim JH, Jeong HJ, Seo EW. 2011. Effect of LES on recovery capability of DNCB-induced allergic contact dermatitis in rat. *J. Life Sci.* 21: 713-719.

Lee JH, Son SM. 2011a. Quality of sponge cakes incorporated with yacon powder. *Food Eng. Prog.* 15: 269-275.

Lee JH, Son SM. 2011b. Effect of *Cudrania tricuspidata* leaf powder addition on the quality of sponge cakes. *Food Eng. Prog.* 15: 376-381.

Lee YH, Kim TY, Lim JH, Chung KM, Kim HS. 2012. Development of gluten-free muffin using reconstructed *Tofu* protein. In Proceedings of 2012 Annual Meeting of Korea Society of Food Science and Technology. June 13-15, Daejeon, Korea, pp. 328.

Lee YH. 2016. Development of gluten-free *Tofu* muffin using fractured *Tofu*. MS Thesis, Andong, Gyeongsangbukdo, Korea.

Marcet I, Paredes B, Díaz M. 2015. Egg yolk granules as low-cholesterol replacer of whole egg yolk in the preparation of gluten-free muffins. *LWT-Food Sci. Technol.* 62: 613-619.

Matos ME, Sanz T, Rosell CM. 2014. Establishing the function of proteins on the rheological and quality properties of rice based gluten free muffins. *Food Hydrocolloid.* 35: 150-158.

Park JH, Choi I, Kim Y. 2015. Cookies formulated from fresh okara using starch, soy flour and hydroxypropyl methylcellulose have high quality and nutritional value. *LWT-Food Sci. Technol.* 63: 660-666.

Park SJ, Ha KY, Shin M. 2012. Properties and qualities of rice flours and gluten-free cupcakes made with higher-yield rice varieties in Korea. *Food Sci. Biotechnol.* 21: 365-372.

Preichardt LD, Vendruscolo CT, Gularte MA, Moreira AS. 2011. The role of xanthan gum in the quality of gluten free cakes: improved bakery products for coeliac patients. *Int. J. Food Sci. Technol.* 46: 2591-2597.

Ronda F, Oliete B, Gómez M, Caballero PA, Pando V. 2012.

- Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources. *J. Food Eng.* 102: 272-277.
- Seo YJ, Kim MK, Lee S, Hwang IK. 2010. Physicochemical characteristics of soybeans cultivated in different regions and the accompanying soybean curd properties. *Korean J. Food Cook. Sci.* 26: 441-449.
- Shevkani K, Kaur A, Kumar S, Singh N. 2015. Cowpea protein isolates: Functional properties and application in gluten-free rice muffins. *LWT-Food Sci. Technol.* 63: 927-933.
- Wilderjans E, Pareyt B, Goesaert H, Brijs K, Delcour JA. 2008. The role of gluten in a pound cake system: A model approach based on gluten-starch blends. *Food Chem.* 110: 909-915.
- Yoo KM. 2011. Effects of soybean varieties on the physicochemical and sensory characteristics of Tofu. *Korean J. Food Nutr.* 24: 451-457.