

케이크 도넛의 흡유저감에 대한 두부 페이스트와 비전분성 탄수화물 고분자의 영향

정길영 · 이현정 · 고은솔 · 김현석*

국립안동대학교 식품생명공학과

Impact of Tofu Paste and Non-starch Polysaccharides on Oil Uptake Reduction in Cake Doughnuts

Gil-Young Jung, Hyeon-Jeong Lee, Eun-Sol Ko, and Hyun-Seok Kim*

Department of Food Science and Biotechnology, Andong National University

Abstract

The objective of this study was to investigate the effects of combinations of tofu paste and non-starch polysaccharides (NSP) on the oil uptake reduction (OTR) of deep-fat fried cake doughnuts. OTR agents were tofu paste (from grinding tofu with deionized water, followed by passage through a 60 mesh sieve), and five neutral and nine anionic NSPs. A control doughnut (without tofu paste or NSP), tofu doughnut (with tofu paste) and NSP-tofu doughnut (with tofu paste and NSP) were prepared. The moisture and total lipid (TL) content, cross-section image, color characteristic, and specific volume were measured. The tofu and NSP-tofu doughnuts exhibited higher moisture and lower TL content than the control. OTR was 10.8% for the tofu doughnut, and between 13.2% and 41.2% for the NSP-tofu doughnut. The highest OTR (41.2%) was found in the NSP-tofu doughnut with a combination of tofu paste and sodium alginate (NaA). The specific volume of the NSP-tofu doughnuts with combinations of tofu paste with NaA (2.5 mL/g), locust bean gum (2.5 mL/g), and κ -carrageenan (2.4 mL/g) was very close to that of the control (2.6 mL/g). Considering the OTR and specific volume of doughnuts, the combination of tofu paste and NaA would be most effective in reducing the oil uptake of doughnuts during deep-fat frying.

Key words: cake doughnut, oil uptake reduction, tofu paste, non-starch polysaccharide, deep-fat frying

서 론

가장 오래된 조리방법 중 하나인 유탕처리(deep-fat frying)는 파삭하면서 촉촉하고 부드러운 조직감과 식욕을 자극하는 풍미와 색을 식품에 부여할 수 있어 가정뿐만 아니라 요식업체 및 가공식품산업체에서 널리 사용되고 있다(Khalil, 1999). 유탕처리 동안 식품으로부터 수분이 증발된 공간을 통해 유조의 기름이 내부로 침투하여(Mellema, 2003), 식품원료, 배합 및 유탕처리 조건들에 따라 상이하지만 유탕처리 식품은 약 50%까지의 총 지질함량을 나타내는 것으로 보고되고 있다(García et al., 2002; Rimac-Brnčić et al., 2004; Yu et al., 2016). 빈번한 유탕처리 식품들의 소비에 따른 다량의 지질 섭취는 비만, 고혈압, 심

혈관질환 등을 유발시키는 건강위험요인으로 알려져 있다(García et al., 2002; Yu et al., 2016). 그래서 유탕처리 식품들의 지질함량을 낮추는 것은 최근 소비자들의 식품소비 경향에 따라 가공식품 제조 및 생산과 관련된 중 가장 중요한 관심들 중 하나이다(Yu et al., 2016).

한편 유탕처리 전 탄수화물(셀룰로오스 유도체, 구아검, 겔란검, 알긴산나트륨, 잔탄검, 펙틴)(Khalil, 1999; Rimac-Brnčić et al., 2004; Akdeniz et al., 2006; Suárez et al., 2008; Falguera et al., 2011; Yu et al., 2016) 및 단백질(대두분리단백, 유청분리단백, 옥수수 제인)(Mallikarjunan et al., 1997; Freitas et al., 2009; Falguera et al., 2011) 계통의 하이드로콜로이드로 대상식품을 코팅하는 방법이 유탕처리 식품의 흡유저감에 효과적인 것으로 알려져 있다. 그러나 이 방법은 대상식품을 코팅할 수 있거나 유탕처리 전 튀김옷을 입히는 형태의 식품들의 제조에 적용될 수 있지만, 스낵, 칩, 도넛, 고로케 등과 같이 코팅이나 튀김옷의 적용 없이 유탕처리하는 식품들에는 적합하지 않다. 또한 유탕처리 식품의 배합에 있어 흡유저감 소재들을 첨가하여 최종제품의 흡유량을 낮추는 연구는 좀처럼 수행되지 않고

*Corresponding author: Hyun-Seok Kim, Department of Food Science and Biotechnology, Andong National University, 1375 Gyeongdong-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 9, 2017

있다(Mellema, 2003; Shin et al., 2006; Lim et al., 2012). 따라서 본 연구에서는 유당처리에 의해 제조되는 도넛의 흡유에 대한 파지두부로부터 제조된 두부 페이스트와 두부 페이스트-비전분성 탄수화물고분자 혼합물들의 첨가에 대한 효과를 조사하여 저흡유 도넛을 개발하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

파지두부는 포장이 완료된 두부의 모서리가 파손되거나 조직이 붕괴되었고 표면에 금이 가서 상품성을 상실한 두부 완제품(Lee et al., 2012)으로 중국산 대두로부터 경두부 제조 시 발생한 것을 (주)하회마을종합식품(Andong, Korea)에서 제공받아 4°C에서 저장하면서 본 연구에 사용하였다. 연구수행 동안 제공받은 파지두부의 유통기한이 초과될 경우에는 잔량을 폐기하였고, 신선한 파지두부를 다시 공급받아 사용하였다. 케이크 도넛 제조를 위한 강력분, 박력분, 정제염, 정백당, 대두유는 CJ제일제당(Seoul, Korea), 베이킹파우더는 제니코식품주식회사(Pyeongtaek, Korea), 쇼트닝은 롯데푸드(Cheonan, Korea), 탈지분유는 서울우유협동조합(Seoul, Korea), 식품첨가물등급의 Tween 80은 ES식품원료(Gunpo, Korea), 바닐라에센스는 삼영화학공업주식회사(Ansan, Korea)의 상업적인 제품들을 시중 마트에서 구입하여 사용하였다. 비전분성 탄수화물고분자(non-starch polysaccharide, NSP)는 중성(neutral)의 구아검(guar gum, GG), 로커스트콩검(locust bean gum, LBG)은 ES식품원료(Gunpo, Korea)에서, 겔보기 점도 수준이 다른 3종류(CN40H, 4,000 cp; CN15U, 15,000 cp; CN10T, 100,000 cp)의 히드록시프로필메틸셀룰로오스(hydroxypropylmethyl cellulose)들은 (주)케미넥스(Seongnam, Korea)로부터 얻었다. 세 종류의 히드록시프로필메틸셀룰로오스의 메톡시(methoxy) 및 히드록시프로폭시(hydroxypropoxy) 작용기들의 함량은 평균적으로 각각 21.5%와 8.0%로 유사하였다. 음이온성의 잔탄검(xanthan gum, XAT), 알긴산나트륨(sodium alginate, NaA)은 ES식품원료(Gunpo, Korea)에서, 겔란검(gellan gum, GLG), 저메톡시 펙틴(low-methoxyl pectin, LMP), 아미드 펙틴(amidated low-methoxyl pectin, ALMP), 고메톡시 펙틴(high-methoxyl pectin, HMP)은 쥬피터인터내셔널(Seoul, Korea)에서, 카파형(κ -type), 이오타형(ι -type) 및 람다형(λ -type) 카라기난(carrageenan, κ C, ι C, & λ C)들은 (주)엠에스씨(Yangsan, Korea)에서 구입하여 사용하였다.

두부 페이스트 제조

파지두부(300 g 규격의 제품)의 외포장지를 개봉하여 침지수를 제거하고 증류수로 3회 세척한 후 정육면체(2×2×2 cm) 형태로 절단하였다. 절단된 파지두부를 파지두부 중량

의 약 3배 가량의 끓는 물에 가하여 5분간 데치고 체반에 부어 파지두부를 회수하여 체반 위에서 흐르는 냉수로 1회 세척한 후 키친타올로 표면수분을 제거하였다. 준비된 파지두부 시료 300 g (w.b)은 증류수 100 g과 혼합하고 Warning blender (Warning Laboratory Science, Winsted, CT, USA)를 이용하여 high setting에서 2분간 분쇄한 후 60 mesh 표준체망(No. 60, Chunggye, Seoul, Korea)를 통과시켜 두부 페이스트(paste)를 제조하였다(Lee, 2016). 적외선수분측정기(LP6, Mettler-Toledo, LLC., Columbus, OH, USA)를 이용하여 제조된 두부 페이스트의 총 고형분 함량을 결정하고 증류수를 가하여 고형분 함량이 16% (w/w)가 되도록 조정된 후 두부도넛의 원료로 사용하였다.

도넛의 제조

케이크 도넛의 배합비(Shin et al., 2006)를 변형하여 대조군(control)을 제조하였으며, 예비실험을 통해 결정된 비율에 따라 두부 페이스트를 첨가한 두부도넛을 제조하였다. 두부도넛 제조 시 첨가되는 두부 페이스트의 고형분과 수분에 해당하는 양을 대조군 배합비의 박력분과 정제수에서 차감하였고, 두부도넛에 NSP를 첨가 시에는 NSP의 양을 박력분에서 추가로 차감하여 두부도넛 배합비를 조정하였다. 대조군과 두부도넛들에 대한 구체적인 배합비율은 Table 1에 제시하였다. 도넛을 제조하기 위해 분말재료들(강력분, 박력분, 정백당, 탈지분유, 정제염, 베이킹파우더, NSP)을 배합비율에 따라 혼합하고 50 mesh 표준체망(No. 50, Chunggye, Seoul, Korea)을 3회 통과시켜 분말재료들이 균일하게 혼합될 수 있도록 준비하였다. 또한 정제수, 두부 페이스트, 바닐라에센스와 Tween 80을 배합비율에 따라 혼합하여 액상재료를 준비하였다. 준비된 분말재료를 혼합보울(mixing bowl)에 넣고 비터(beater)가 장착된 키친에이드 반죽기(KitchenAid, Namyangju, Korea)를 저속(setting 2)으로 운전하면서 액상재료를 가하여 3분간 반죽하고 쇼트닝을 가하여 2분간 반죽한 후 중속(setting 6)에서 추가로 5분간 반죽하여 도넛반죽을 형성하였다. 형성된 반죽은 지퍼백에 넣어 상온에서 30분간 휴지하고 5 mm 두께로 sheeting한 후 원통커터(지름 35 mm)로 찍어 원형모양의 도넛반죽을 제조하였다. 제조된 도넛반죽은 170°C에서 3분간 유탕처리하고 체반으로 옮겨 상온에서 1시간 동안 탈유 및 방냉하여 도넛을 제조하였다.

수분함량과 총 지질함량

도넛 전체를 Warning blender (Warning Laboratory Science)를 이용하여 low setting에서 1분간, high setting에서 1분간 순차적으로 분쇄한 후 수분측정용 알루미늄디쉬에 넣고 적외선수분측정기(LP6, Mettler-Toledo, LLC., Columbus, OH, USA)를 이용하여 수분함량을 측정하였다. 총 지질함량은 분쇄된 도넛(30 g)을 *n*-hexane (300 mL)와 혼합하여

상온에서 3시간 동안 교반하면서 도넛의 지질을 추출하고 감압여과하여 여액을 회수한 후 진공회전농축기(N-1200B, Sunileyela Co., Ltd., Seongnam, Korea)을 이용하여 *n*-hexane을 분리하였다. 회수된 지질을 포함한 수기는 105°C에서 건조하여 함량을 측정하였고, 도넛의 총 지질함량은 초기 도넛의 건조중량에 대한 지질의 중량에 대한 백분비율로 하였다. 또한 도넛의 흡유저감율은 대조군의 총 지질 함량에 대한 대조군과 두부도넛 사이의 총 지질함량 차이에 대한 백분비율로 하였다.

도넛의 단면 관찰

제조된 도넛의 가장 높은 부분에서 수직으로 절단한 후 단면을 스캐너(Perfection V39, Epson Korea Co. Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 촬영하였다.

색도

분쇄된 도넛을 분쇄용 페트리디쉬에 채우고 색차계(CM-3500d, Minolta Image Inc., Osaka, Japan)를 이용하여 도넛의 색 특성을 Hunter 색체계에 따라 명도(*L*), 적색도(*a*), 황색도(*b*)를 분석하였다. 이때 사용한 색차계의 표준백판은 *L* 98.18, *a* -0.17, 및 *b* 1.68이었다.

비용적(specific volume)

제조된 도넛의 중량(w.b)을 측정한 후 동일한 도넛의 부피를 종자치환법(Matoss et al., 2014)에 따라 측정하였다. 도넛의 비용적(mL/g)은 도넛의 중량에 대한 부피의 비율로 계산하였다.

통계처리

도넛은 배합비에 따라 처리조건 별로 각각 3회 반복하여 제조하였으며, 제조된도넛들의 특성평가는 적어도 3회 반복하여 측정하였다. 측정된 특성치들은 일원분산분석(one-way ANOVA)을 수행하고 평균±표준편차로 제시하였다. 처리조건별 특성치들 사이의 통계적 유의성은 Tukey's HSD test를 이용하여 95% 신뢰수준에서 분석하였다. Minitab 16 (Minitab Inc., State College, PA, USA)을 이용하여 모든 통계적 계산과 분석을 수행하였다.

결과 및 고찰

흡유저감 소재를 첨가한 도넛의 반죽을 코팅처리 없이 유탕처리하는 본 연구에 있어, 식품단백질들 중 흡유저감에 가장 효과적인 것으로 알려진 분리대두단백(soy protein isolate, SPI)(Rayner et al., 2000; Bajaj & Singhal, 2007)은 상대적으로 저 수분함량의 도넛 반죽 내에서 용해가 어려울 것으로 판단되었다. 일반적으로 SPI를 흡유저감을 위한 코팅용액으로 제조 시 2.0-10.0% 농도로 증류수에 분산

하여 80°C도 이상에서 30분 이상 가열한다(Rayner et al., 2000; Bajaj & Singhal, 2007). 따라서 대두 유래 단백질로 구성되어 있으며 고 수분 환경에서 충분히 팽윤되어 있고 부드러운 겔을 형성하고 있으며 유탕처리 시 분리대두단백과 유사하게 피막을 형성할 수 있는 두부(Baik & Mittal, 2003)를 흡유저감 소재로 사용하였다. 또한 도넛의 원료들과 균일한 혼합이 가능하도록 두부를 증류수와 함께 분쇄하고 여과하여 제조한 두부 페이스트의 형태로 적용하였다. 게다가 본 연구에서 적용된 두부 페이스트의 첨가량은 예비실험을 통해 대조군(두부 페이스트와 NSP 첨가 없이 제조된 도넛)과 관능적으로 유사한 두부도넛을 제조할 수 있는 두부 페이스트의 첨가량을 결정하였고, Table 1에 제시된 3종의 도넛 배합비의 고형분 함량을 일정하게 유지하기 위해 두부도넛과 NSP를 첨가한 두부도넛(NSP-두부도넛)에 있어 두부 페이스트의 첨가량은 일정한 수준으로 유지하였다. 한편 두부 페이스트의 고형분과 NSP로 박력밀가루로 대체한 것은 글루텐 감소로 인한 도넛의 물성에 대한 영향을 최소화하고자 하였다. Table 1에서 보면 두부 페이스트만을 첨가할 경우에는 박력밀가루의 배합비는 3.3% 포인트 감소되었으며, 두부 페이스트와 NSP를 첨가할 경우에는 3.7% 포인트 감소되었다. 따라서 박력밀가루 감소에 의한 글루텐의 감소는 극히 미미한 수준이었다.

도넛의 수분함량

제조된 대조군, 두부도넛 및 NSP-두부도넛들의 수분함량은 Table 2에 제시하였다. 대조군의 수분함량은 28.0%이었

Table 1. Formulations of control, tofu and NSP (non-starch polysaccharide)-tofu doughnuts

Ingredients	Doughnut formulation (% w/w)		
	Control (NSP-control) ²⁾	Tofu	NSP-tofu
Strong wheat flour	23.0	23.0	23.0
Soft wheat flour	25.9 (25.5) ²⁾	22.6	22.2
Tofu paste ¹⁾	-	20.5	20.5
Water	26.2	9.0	9.0
NSP	- (0.4) ²⁾	-	0.4
Sugar	12.2	12.2	12.2
Skimmed milk powder	2.4	2.4	2.4
Salt	0.3	0.3	0.3
Baking powder	2.0	2.0	2.0
Shortening	5.9	5.9	5.9
Emulsifier	1.4	1.4	1.4
Vanilla extract	0.7	0.7	0.7
Total	100.0	100.0	100.0

¹⁾Total solid content of tofu paste was 16.0% (w/w).

²⁾Formulation for the preparation of doughnuts adding NSP alone without tofu paste.

Table 2. Mean¹⁾ values for the moisture and total lipid contents and the oil uptake reduction of control, tofu and NSP (non-starch polysaccharide)-tofu doughnuts

Doughnut	NSP ²⁾		Moisture (%, w.b)	Total lipid (%, d.b)	Oil uptake reduction (%)
	Ionicity	Type			
Control	-	-	28.0±0.3 ^c	44.1±0.0 ^a	-
Tofu	-	-	30.1±0.1 ^b	39.3±0.1 ^b	10.8±0.1 ^o
NSP-tofu	Neutral	GG	30.8±0.1 ^a	32.2±0.1 ^g (33.3±0.2) ³⁾	27.0±0.2 ^f
		LBG	31.0±0.2 ^a	32.5±0.2 ^g (34.6±0.1) ³⁾	26.4±0.1 ⁱ
		CN40H	30.7±0.3 ^{ab}	38.3±0.1 ^c (43.9±0.3) ³⁾	13.2±0.1 ⁿ
		CN15U	30.7±0.2 ^a	37.5±0.0 ^d (41.0±0.2) ³⁾	15.1±0.0 ^l
		CN10T	30.3±0.1 ^{ab}	30.6±0.4 ^h (36.5±0.0) ³⁾	30.6±0.5 ^d
	Anionic	NaA	30.4±0.1 ^{ab}	26.0±0.1 ^k (38.9±0.1) ³⁾	41.2±0.2 ^a
		GLG	31.1±0.1 ^a	38.1±0.1 ^c (40.4±0.5) ³⁾	13.7±0.1 ^m
		XAT	31.5±0.5 ^a	28.3±0.1 ⁱ (30.6±0.8) ³⁾	35.8±0.1 ^c
		LMP	31.3±0.3 ^a	31.0±0.0 ^b (44.6±0.7) ³⁾	29.8±0.2 ^d
		ALMP	31.0±0.2 ^a	30.8±0.2 ^b (43.3±1.8) ³⁾	30.1±0.1 ^d
		HMP	31.0±0.1 ^a	27.2±0.1 ^j (42.5±0.5) ³⁾	38.4±0.3 ^b
		κC	30.9±0.3 ^a	36.9±0.0 ^e (44.0±0.1) ³⁾	16.3±0.2 ^k
		ιC	31.4±0.2 ^a	33.1±0.1 ^f (42.3±0.2) ³⁾	25.1±0.0 ^j
		λC	31.4±0.3 ^a	30.9±0.1 ^h (37.6±0.0) ³⁾	29.0±0.1 ^e

¹⁾Mean values of three replicate measurements; Values sharing the same uppercase letters within columns are not significantly different at $p < 0.05$.
²⁾GG, guar gum; LBG, locust bean gum; CN40H, CN15U, CN10T, hydroxymethyl cellulose (HPMC) with different levels of apparent viscosity; NaA, sodium alginate; GLG, gellan gum; XAT, xanthan gum; LMP, low-methoxyl pectin; ALMP, amidated low-methoxyl pectin; HMP, high-methoxyl pectin; κC, kappa-carrageenan; ιC, iota-carrageenan; λC, lambda-carrageenan.
³⁾Total lipid contents of NSP-control doughnuts indicated in Table 1.

으나, 두부도넛은 30.1%로 대조군에 비해 약 2.1% 포인트 높았다(Table 2). 이는 SPI 용액으로 카사바핑거스넥을 코팅하여 유당처리하였을 때, 코팅하지 않은 대조군에 비해 수분함량이 0.7-2.2% 포인트 높은 결과와 유사하다(Freitas et al., 2009). 따라서 본 연구에서 도넛 반죽에 직접 첨가된 두부 페이스트는 SPI 코팅과 유사하게 유당처리 시 식품으로부터 수분의 손실을 제한할 수 있는 적절한 소재로 생각된다. 한편 NSP-두부도넛들의 수분함량은 30.3-31.5%의 범위에 있었으나 두부도넛에 비해 단지 0.2-1.4% 포인트 높은 수준이었다(Table 2). 많은 선행된 연구들은 보수력이 높은 NSP를 이용하여 대상식품을 코팅한 후 유당처리하였을 때 코팅하지 않은 것보다 유당처리 조건들(온도, 시간, 전처리)과 NSP 종류에 따라 상이하지만 약 3.0-30.0% 포인트의 높은 수분함량을 보고하였다(Mallikarjunan et al., 1997; García et al., 2002; Akdeniz et al., 2006; Bajaj & Singhal, 2007; Freitas et al., 2009; Falguera et al., 2011; Yu et al., 2016). 결과적으로 본 연구에서 두부도넛의 반죽에 NSP를 직접 첨가하는 것은 NSP를 이용하여 코팅하는 것보다 두부도넛의 수분 유지에 있어 큰 효과를 보이지 않는 것 같다.

도넛의 총 지질함량 및 흡유저감

제조된 대조군, 두부도넛, 및 NSP-두부도넛들의 총 지질함량과 대조군의 총 지질함량을 기준으로 계산한 흡유저감

율을 Table 2에 제시하였다. 도넛의 건조중량 기준으로 대조군의 총 지질함량은 44.1%이었고, 두부도넛은 39.3%로 10.8%의 흡유저감율을 나타내었다(Table 2). Freitas et al. (2009)는 9.0-13.0% 농도의 SPI 용액으로 코팅하여 유당처리한 카사바핑거스넥들은 대조군에 비해 21.7-26.5%의 흡유저감율을 나타내었다고 보고하였다. 이와 같은 문헌상 연구결과와의 차이는 SPI 코팅용액이 유당처리 대상식품의 표면에서 직접적으로 수분의 이동을 제한하며 흡유를 지연 또는 억제하는 역할(Mellema, 2003)을 할 수 있는 반면에 본 연구에서는 도넛반죽에 두부 페이스트가 포함되어 있기 때문에 SPI 코팅과 같은 직접적인 흡유 억제 효과를 기대하기 어렵기 때문인 것 같다.

NSP-두부도넛들의 총 지질함량은 27.2-38.3%의 범위를 나타내었으며, 대조군과 두부도넛에 비해 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다($p < 0.05$)(Table 2). 또한 대조군에 대한 NSP-두부도넛들의 흡유저감율은 13.2-41.2%의 수준을 나타내었고(Table 2), 모든 NSP-두부도넛들이 두부도넛보다 유의적으로 높은 수준의 흡유저감율을 나타내었다($p < 0.05$). NSP-두부도넛의 흡유저감율은 NaA>HMP>XAT>CN10T = LMP = ALMP λC>GG>LBG>ιC>κC>CN15U>GLG>CN40H 순서로 증가하였다. 이와 같은 결과는 도넛의 반죽 제조 시 두부 페이스트와 보수력이 높은 NSP들을 함께 첨가함으로써 유당처리 시 도넛반죽으로부터 수분손실이 제한되어 흡유를 억제할 수 있는 것으로 생각된다(Mellema, 2003;

Falguera et al., 2011). 한편 유탕처리 시 NSP-두부도넛의 흡유가 진행되는 양상을 관찰하기 위해 도넛의 단면들을 Fig. 1에 제시하였다. 대조군의 단면을 보면 흡유된 부분과 그렇지 않은 부분이 명확히 구분되는 것을 알 수 있었으며 (Fig. 1), 유탕처리 시 기름이 대상식품의 외곽에서부터 내부로 침투되는 보편적인 양상을 나타내었다(Mellema, 2003). 도넛들의 단면에서 관찰된 것과 같이 흡유된 층의

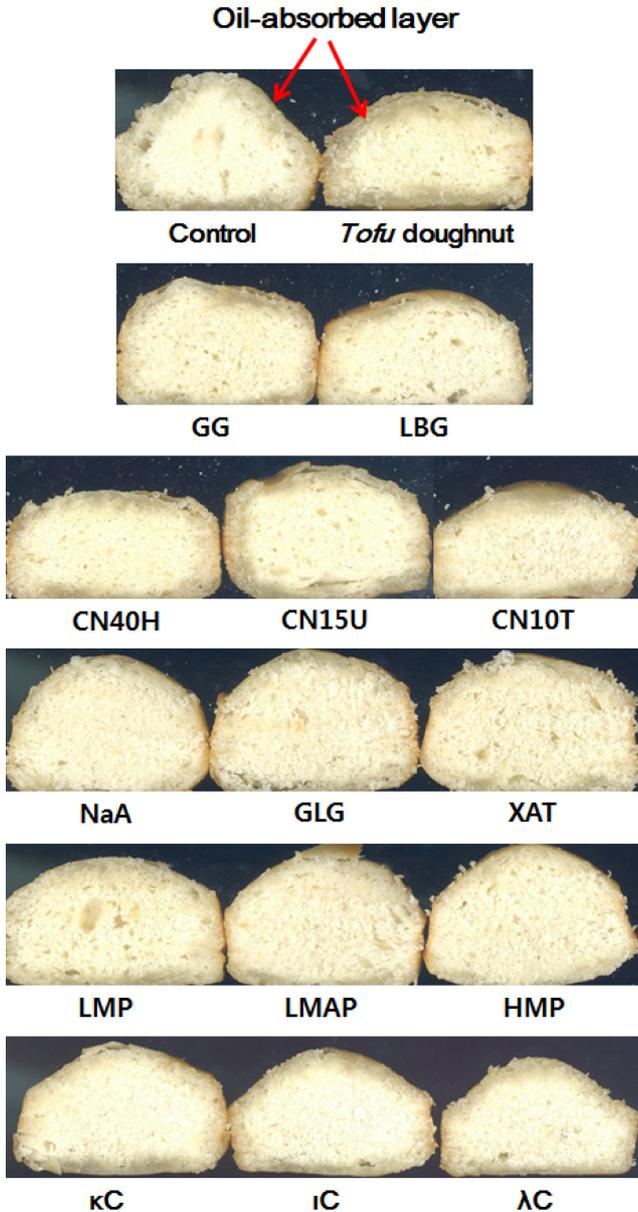


Fig. 1. Cross-section images of control doughnut and tofu doughnuts without and with non-starch polysaccharide (NSP) (GG, guar gum; LBG, locust bean gum; CN40H, CN15U, CN10T, hydroxymethyl cellulose (HPMC) with different levels of apparent viscosity; NaA, sodium alginate; GLG, gellan gum; XAT, xanthan gum; LMP, low-methoxyl pectin; LMAP, low-methoxyl amidated pectin; HMP, high-methoxyl pectin; κC, kappa-carrageenan; ιC, iota-carrageenan; λC, lambda-carrageenan).

두께는 도넛들의 총 지질함량과 흡유저감율에 대한 양상 (Table 2)과 유사한 패턴을 보이는 것을 알 수 있었다. 또한 흡유저감 소재들을 도넛의 반죽에 첨가하여도 이들에 의한 흡유저감 작용은 흡유저감 소재들의 용액을 이용하여 코팅하였을 때와 같이 도넛의 껍질(crust)부분에서 일어나는 것으로 생각된다.

NSP-두부도넛들은 두부도넛에 비해 높은 흡유저감율을 나타낸 것이 두부 페이스트와 NSP 사이의 상호작용을 통한 흡유저감의 상승효과(synergistic effect)에 의한 것인지를 조사하기 위해 NSP-두부도넛의 NSP 첨가량을 대조군 배합비에 있어 박력분의 일부로 대체하여 도넛(NSP-대조군; Table 1)을 제조한 후 총 지질함량을 분석하여 Table 2에 제시하였다. NSP-대조군의 총 지질함량은 30.6-44.6%의 범위에 있었으며, CN40H, LMP, ALMP, κC를 제외하고 대조군의 총 지질함량보다 낮은 수준을 나타내었고 (Table 2), 이는 선행된 연구들에서 보고된 NSP들의 흡유저감 효과와 정도의 차이는 있지만 유사하였다(Mellema, 2003; Akdeniz et al., 2006; Bajaj & Singhal, 2007; Freitas et al., 2009; Falguera et al., 2011; Yu et al., 2016). 그러나 주어진 NSP에 있어서 NSP-대조군의 총 지질함량은 NSP-두부도넛보다 높은 수준을 나타내어 (Table 2) 두부 페이스트와 NSP를 함께 사용하는 것이 도넛의 흡유저감에 더욱 효과적인 것으로 생각된다. 또한 NSP-대조군과 NSP-두부도넛의 총 지질함량의 차이가 중성 NSP를 사용한 경우 1.1-5.9% 포인트 범위에 있지만, GLG와 XAT를 제외한 음이온성 NSP를 사용한 경우에는 6.7-15.3% 포인트 범위를 나타내었다. 그래서 중성 NSP 보다는 음이온성 NSP들과 두부 페이스트와 함께 사용하는 것이 도넛의 흡유저감에 대한 상승효과가 더욱 큰 것으로 보인다. 이와 같은 결과는 음이온성 NSP들이 두부 페이스트 내의 대두단백에 부분적으로 결합되었거나 잔류하고 있는 두부 응고제로부터 유래한 다가양이온(Mg^{2+} 및 Ca^{2+})들과 경직된 가교화된 망상구조(rigid crosslinked network)를 형성하여 도넛반죽의 외부표면을 밀봉함으로써 유탕처리 시 수분의 증발과 기름의 침투를 방해하였기 때문으로 생각된다(Khalil, 1999; Rimac-Brnčić et al., 2004).

도넛의 색도

두부 페이스트와 NSP 첨가에 따른 도넛의 색 특성의 변화를 조사하기 위해 제조된 도넛들의 색 특성을 측정하여 Table 3에 제시하였다. 도넛들의 명도는 대조군에 비해 두부도넛과 NSP-두부도넛들은 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다($p < 0.05$). 두부도넛과 NSP-두부도넛들 사이에서는 유의적인 차이를 나타내는 처리군들이 존재하였지만 이들의 명도(L) 값이 85.6-86.2의 범위로 처리군들 사이에서 미미한 차이를 나타내었다. 제조된 도넛들의 적색도(a)는 0.1-0.4의 범위로 유의적인 차이를 보이는 처리군들도 있었

Table 3. Mean¹⁾ values for color characteristic and specific volume of control, tofu and NSP (non-starch polysaccharide)-tofu doughnuts

Doughnut	NSP		Color characteristic			Specific volume (mL/g)
	Ionicity	Type	L	a	b	
Control	-	-	89.2±0.1 ^a	0.4±0.0 ^a	16.5±0.3 ^d	2.6±0.2 ^a
Tofu	-	-	86.2±0.2 ^b	0.3±0.1 ^a	20.1±0.1 ^a	2.1±0.2 ^{ab}
NSP-tofu	Neutral	GG	85.7±0.5 ^{bc}	0.4±0.1 ^a	20.6±0.1 ^a	1.5±0.6 ^b
		LBG	86.4±0.1 ^b	0.3±0.1 ^a	20.1±0.4 ^a	2.4±0.2 ^a
		CN40H	86.1±0.2 ^b	0.2±0.2 ^{ab}	19.8±0.2 ^a	2.3±0.2 ^a
		CN15U	85.9±0.2 ^{bc}	0.2±0.0 ^{ab}	20.2±0.3 ^a	2.2±0.4 ^a
		CN10T	85.9±0.3 ^{bc}	0.4±0.1 ^a	20.6±0.2 ^a	1.6±0.3 ^b
	Anionic	NaA	86.5±0.1 ^b	0.1±0.2 ^{ab}	18.9±0.1 ^c	2.5±0.2 ^a
		GLG	86.5±0.2 ^b	0.3±0.0 ^a	19.8±0.1 ^a	2.0±0.2 ^{ab}
		XAT	85.9±0.1 ^{bc}	0.2±0.0 ^{ab}	19.3±0.2 ^b	1.6±0.3 ^b
		LMP	85.6±0.1 ^c	0.2±0.2 ^{ab}	20.1±0.3 ^a	1.8±0.2 ^b
		ALMP	85.1±0.3 ^c	0.2±0.2 ^{ab}	19.7±0.2 ^a	2.1±0.0 ^{ab}
		HMP	86.2±0.1 ^b	0.0±0.1 ^b	19.3±0.2 ^b	1.8±0.2 ^b
		κC	85.8±0.1 ^{bc}	0.1±0.1 ^b	19.7±0.3 ^a	2.5±0.2 ^a
		ιC	86.3±0.1 ^b	0.1±0.1 ^b	19.7±0.2 ^a	1.8±0.3 ^b
λC	85.9±0.1 ^{bc}	0.1±0.1 ^b	19.7±0.1 ^a	1.6±0.3 ^b		

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

²⁾GG, guar gum; LBG, locust bean gum; CN40H, CN15U, CN10T, hydroxymethyl cellulose (HPMC) with different levels of apparent viscosity; NaA, sodium alginate; GLG, gellan gum; XAT, xanthan gum; LMP, low-methoxyl pectin; ALMP, amidated low-methoxyl pectin; HMP, high-methoxyl pectin; κC, kappa-carrageenan; ιC, iota-carrageenan; λC, lambda-carrageenan.

지만 그 범위가 미미하였다. 또한 대조군에 비해 두부도넛과 NSP-두부도넛들의 황색도(b)는 유의적으로 증가하였으나($p<0.05$), 이들의 황색도 값이 18.9-20.6의 범위로 처리군들 사이에서 미미한 차이를 나타내었다(Table 3). 제조된 도넛들의 색 특성을 고려할 때, 두부 페이스트와 NSP를 함께 첨가하는 경우 두부 페이스트 만을 첨가할 때와 모든 색 특성치들에 있어 큰 차이를 보이지 않아 NSP 첨가에 의한 두부도넛의 색 변화는 미미한 것으로 판단된다. 그럼에도 흡유저감 소재로 두부 페이스트를 사용하는 것은 도넛의 명도와 황색도를 유의적으로 변화시켰고($p<0.05$), 이는 두부도넛과 NSP-두부도넛 반죽들에 포함되어 있는 두부의 유탕처리 시 갈변반응에 의한 것으로 생각된다. Baik & Mittal (2003)는 튀김두부 제조 시 유탕처리 시간이 증가할수록 명도는 감소하고, 적색도와 황색도는 증가한다고 하였으며, 이러한 현상은 유탕처리 초기에는 마이야르(maillard) 반응에 의해, 이후에는 카라멜화반응(caramelization)에 의해 발생한다고 보고하였다.

도넛의 비용적

화학적 팽창제를 사용하는 케이크류에 있어 비용적의 증가는 최종제품의 수율을 증가시키고 경도를 낮춰 조직감을 부드럽게 한다(Book & Brill, 2015). 그래서 본 연구에서 제조된 도넛들의 주요한 품질지표로 비용적을 채택하여 측

정하였고, 그 결과를 Table 3에 제시하였다. 제조된 도넛들 중 비용적은 대조군(2.6 mL/g)이 가장 높았으며, 두부도넛(2.1 mL/g)과 LBG (2.4 mL/g), CN40H (2.3 mL/g), CN15U (2.2 mL/g), NaA (2.5 mL/g), GLG (2.0 mL/g), ALMP (2.1 mL/g), κC (2.5 mL/g)을 첨가한 NSP-두부도넛들과 유의적인 차이를 보이지 않았다($p<0.05$). 그러나 GG (1.5 mL/g), CN10T (1.6 mL/g), XAT (1.6 mL/g), LMP (1.8 mL/g), HMP (1.8 mL/g), ιC (1.8 mL/g), λC (1.6 mL/g)을 첨가한 NSP-두부도넛들은 대조군에 비해 유의적으로 낮은 수준을 나타내었다($p<0.05$). 통계학적 유의성이 존재하지 않더라도 두부도넛과 NSP-두부도넛들의 비용적이 대조군에 비해 낮은 현상은 두부 페이스트와 NSP의 첨가(두부 페이스트 고형분과 NSP의 박력밀가루 대체율은 3.7%; Table 1)로 인한 글루텐의 희석작용에 의한 영향(Lee & Son, 2011a; Book & Brill, 2015)보다는 이미 충분히 수화되어 있는 두부 페이스트 내의 단백질과 보수력이 높은 NSP (Mellema, 2003) 때문에 글루텐의 형성이 억제되었기 때문으로 생각된다(Lee & Son, 2011b). 이상의 결과로부터 대조군의 비용적과 유사하며 흡유저감율이 높은 도넛은 NaA (흡유저감율 41.2%), κC (흡유저감율 29.0%)나 LBG (흡유저감율 26.4%)을 두부 페이스트와 함께 첨가하여 제조될 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

전량 폐기되는 파지두부로부터 제조된 두부 페이스트와 14종의 NSP들을 혼합하여 도넛의 흡유저감에 대한 효과를 조사하였다. 두부 페이스트만을 첨가한 도넛(두부도넛)의 흡유저감율은 10.8%이었으나, 두부 페이스트와 NSP를 함께 사용하는 경우 도넛(NSP-두부도넛)의 흡유저감율은 두부도넛에 비해 향상되었다. 두부 페이스트와 함께 첨가된 NSP들의 흡유저감율에 대한 효과는 NaA가 41.2%로 가장 높았으며, HMP>XAT>CN10T = LMP = ALMP λC>GG >LBG>κC>κC>CN15U>GLG>CN40H 순으로 증가하였다. 또한 NSP 만을 흡유저감 소재로 첨가하였을 때보다 두부 페이스트와 함께 사용하는 것이 도넛의 흡유저감에 더욱 효과적이었고, 그 효과는 음이온성 검류들에서 뚜렷하였다. 유탕처리 시 두부 페이스트의 갈변으로 인해 두부 페이스트 및 두부 페이스트-NSP를 첨가한 도넛들은 대조군에 비해 명도가 감소하고 황색도가 증가하였으나 그 차이는 미미하였다. 두부 페이스트와 함께 NaA, κC, LBG를 첨가하여 제조된 도넛의 비용적은 대조군과 유사한 수준을 나타내었다. 따라서 도넛의 흡유저감율과 비용적을 고려하면 두부 페이스트와 NaA를 흡유저감 소재로 함께 사용하는 것이 흡유저감 도넛을 제조하는데 가장 적합한 것으로 판단된다. 그럼에도 NaA 보다는 흡유저감율이 적지만 κC과 LBG을 두부 페이스트와 혼합하여 사용하는 것도 차선책으로서 의미가 있을 것 같다.

감사의 글

본 논문은 2015학년도 안동대학교 연구비에 의하여 연구되었음.

References

- Akdeniz N, Sahin S, Sumnu G. 2006. Functionality of batters containing different gums for deep-fat frying of carrot slices. *J. Food Eng.* 75: 522-526.
- Bajaj I, Singhal R. 2007. Gellan gum for reducing oil uptake in sev, a legume based product during deep-fat frying. *Food Chem.* 104: 1472-1477.
- Baik OD, Mittal GS. 2003. Kinetics of tofu color changes during deep-fat frying. *LWT-Food Sci. Technol.* 36: 43-48.
- Book S, Brill R. 2015. Effects of chemical leavening on yellow cake properties. *Cereal Food. World* 60: 71-75.
- Falguera V, Quintero JP, Jiménez A, Muñoz JA, Ibarz A. 2011. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends Food Sci. Technol.* 22: 292-303.
- Freitas DDGC, Berbari SAG, Prati P, Fakhouri FM, Queiroz FPC, Vicente E. 2009. Reducing of fat uptake in cassava product during deep-fat frying. *J. Food Eng.* 94: 390-394.
- García MA, Ferrero C, Bértola N, Martino M, Zaritzky N. 2002. Edible coatings from cellulose derivatives to reduce oil uptake in fried products. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 3: 391-397.
- Khalil AH. 1999. Quality of French fried potatoes as influenced by coating with hydrocolloids. *Food Hydrocolloid.* 66: 201-208.
- Lee JH, Son SM. 2011a. Effect of *Cudrania tricuspidata* leaf powder addition on the quality of sponge cakes. *Food Eng. Prog.* 15: 376-381.
- Lee JH, Son SM. 2011b. Quality of sponge cakes incorporated with yacon powder. *Food Eng. Prog.* 15: 269-275.
- 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, Gyeongsangbuk-do, Korea.
- Lim SM, Kim J, Shim JY, Imm BY, Sung MH, Imm JY. 2012. Effect of poly-γ-glutamic acid (PGA) on oil uptake and sensory quality in doughnuts. *Food Sci. Biotechnol.* 21: 247-252.
- Mallikarjunan P, Chinnan MS, Balasubramaniam VM, Phillips RD. 1997. Edible coatings for deep-fat frying of starchy products. *LWT-Food Sci. Technol.* 30: 709-714.
- 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.
- Mellema M. 2003. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends Food Sci. Technol.* 14: 364-373.
- Rayner M, Ciolfi V, Maves B, Stedoman, Mittal GS. 2000. Development and application of soy-protein films to reduce fat intake in deep-fried foods. *J. Sci. Food Agric.* 80: 777-782.
- Rimac-Brnčić S, Lelas V, Rade D, Šimundić B. 2004. Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying. *J. Food Eng.* 64: 237-241.
- Shin FF, Daigle KW, Clawson EL. 2006. Development of low oil-uptake donuts. *J. Food Sci.* 66: 141-144.
- Suárez RB, Campañone LA, García MA, Zaritzky NE. 2008. Comparison of the deep frying process in coated and uncoated dough systems. *J. Food Eng.* 84: 383-393.
- Yu L, Li J, Ding S, Hang F, Fan L. 2016. Effect of guar gum with glycerol coating on the properties and oil absorption of fried potato chips. *Food Hydrocolloid.* 54: 211-219.