

جایگزینی آرد گندم با آرد پوست کدو حلوائی در تولید دونات

نازنین حافظی فاتح^a، رضا کاراژیان^b، حجت کاراژیان^{c*}

^a دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تربت حیدریه، دانشگاه آزاد اسلامی، تربت حیدریه، ایران.
^b استادیار جهاد دانشگاهی مشهد، پژوهشکده بیوتکنولوژی صنعتی، گروه پژوهشی بیوتکنولوژی صنعتی میکروارگانیسم‌ها، مشهد، ایران.
^c دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تربت حیدریه، دانشگاه آزاد اسلامی، تربت حیدریه، ایران.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۶/۱۶

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۹/۰۶

۴۱

چکیده

مقدمه: امروزه توسعه محصولات غذایی با ارزش تغذیه‌ای بالا و استفاده بهینه از ضایعات کشاورزی اهمیت زیادی یافته است. پوست کدو حلوائی به عنوان یکی از پسماندهای غنی از ترکیبات زیست‌فعال، فیبر، پروتئین و رنگدانه‌ها، می‌تواند به عنوان یک منبع جایگزین در فرمولاسیون محصولات نانوائی و قنادی مورد استفاده قرار گیرد.

مواد و روش‌ها: آرد پوست کدو حلوائی به میزان ۰، ۳، ۷، ۱۱ و ۱۵ درصد به عنوان جایگزین بخشی از آرد گندم در فرمولاسیون دونات استفاده شد و نمونه‌ها، از نظر محتوای رطوبت، فعالیت آبی، چربی، پروتئین، فیبر، شاخصهای رنگ (a^* ، b^* و L^*)، ویژگیهای بافت و خصوصیات حسی مورد ارزیابی قرار گرفتند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد با افزایش درصد جایگزینی آرد پوست کدو حلوائی، میزان رطوبت، چربی، پروتئین و فیبر دونات‌ها افزایش یافت، در حالی که فعالیت آبی کاهش پیدا کرد. از نظر شاخص‌های رنگ، نمونه‌ها تیره‌تر شدند و مقادیر a^* و b^* افزایش یافت. در ارزیابی بافت، سختی، قابلیت جویدن و چسبندگی با افزایش سطح جایگزینی افزایش یافت، در حالی که پوکی و نرمی کاهش نشان داد. در آزمون حسی، نمونه‌های حاوی ۳ و ۷ درصد آرد پوست کدو حلوائی بیشترین امتیاز پذیرش کلی را به دست آوردند، در حالی که نمونه‌های با سطوح بالاتر (۱۱ و ۱۵ درصد) به دلیل تغییرات نامطلوب در رنگ و بافت، امتیازات پایین‌تری کسب کردند.

نتیجه‌گیری: استفاده از آرد پوست کدو حلوائی نه تنها ارزش تغذیه‌ای دونات را از نظر فیبر و پروتئین افزایش می‌دهد، بلکه با کاهش فعالیت آبی، پتانسیل بهبود ماندگاری محصول را نیز دارد.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات بافتی، دونات، کدو حلوائی، ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی، ویژگی‌های حسی

مقدمه

امروزه مصرف‌کنندگان بیش از پیش به اثرات غذا بر سلامتی خود اهمیت می‌دهند. مصرف محصولات غنی شده علاوه بر تأمین نیازهای بدن، نه تنها سبب بیماری نمی‌شود بلکه تأثیرات مثبتی را نیز برای مصرف‌کننده به دنبال دارد (Moghadasi and Hosseini Ghaboos, 2019).

کدو حلوائی به جنس کوکوربیتا^۱ از خانواده کوکوربیتاسه^۲ تعلق دارد که در تمام کشورهای گرمسیری استوایی و نزدیک استوا رشد می‌کند. کدو حلوائی منبع بسیار مناسبی از انواع مواد معدنی، ویتامین‌ها، ترکیبات فنلی، فیبر، بتاکاروتن، قند و پکتین است (Moghadasi and Hosseini Ghaboos, 2019). میزان تولید کدو حلوائی در ایران طبق آمار ارائه شده توسط فائو در سال ۲۰۱۶، ۹۵۱۲۵۳ تن می‌باشد که از این نظر در جایگاه پنجم دنیا قرار دارد. بعد از جمع‌آوری دانه‌ها، باقیمانده کدو حلوائی شامل پوست و کلاhek آن، قابلیت خوراکی نداشته و جزء ضایعات کشاورزی محسوب می‌شوند (Yazdanpanah and Darvishi, 2020). ضایعات کدو حلوائی پس از برداشت قسمت میوه آن، حدود ۲۰-۳۰ درصد تخمین‌زده شده است. گزارش شده است که پسماندهای کدو حلوائی منابع عالی پروتئین، ترکیبات فنلی، محتوای کاروتنوئید و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی است (Bemfeito et al., 2020). جایگزینی آرد گندم با آرد کدو حلوائی (پالپ و پوست) در تولید بیسکویت مورد استفاده قرار گرفت (George, 2020). آرد پوست کدو حلوائی در سطوح جایگزینی مختلف با آرد گندم برای تولید بیسکویت‌هایی با ویژگی‌های فیزیکی و حسی بهبود یافته استفاده شد (Hussain, 2022). همچنین در پژوهشی مشخص شد کوکی‌های تهیه شده توسط ۲۰ درصد آرد پوست کدو حلوائی در مقیاس ارزیابی حسی بیشتر مورد پذیرش اعضا قرار گرفتند (Mishra and Sharma, 2019).

دونات نوعی شیرینی آردی است که از سرخ کردن خمیر تازه و یا تخمیر شده در روغن تهیه می‌شود و به عنوان چاشت و یا پس غذا (دسر) از آن استفاده می‌شود. خوشمزه‌گی و پراورزی بودن دونات باعث شده در میان محصولات

شیرین حاصل از آرد گندم بسیار مورد توجه قرار گیرد (Entezari et al., 2017). با توجه به تقاضای بالا و صنعتی شدن تولید دونات، نیاز به افزودنی‌های غذایی مناسب به منظور بهبود ارزش تغذیه‌ای و ارتقاء خصوصیات تکنولوژیکی و حسی چنین محصولی احساس می‌شود (Zomorodi and Faramarzi, 2020).

Akbari و همکاران (۲۰۲۲) بررسی ویژگی‌های کیفی دونات تهیه شده با آرد خرفه و اسانس دارچین را انجام دادند. Khorsand و همکاران (۲۰۱۸) اثر جایگزینی آرد سویا و عدس بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی دونات تخمیری را بررسی کردند. نتایج نشان داد جایگزینی آرد سویا و آرد عدس موجب کاهش از دست دادن رطوبت و جذب روغن و همچنین کاهش حجم، تخلخل و روشنایی در نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد گردید. Zomorodi و Faramarzi (۲۰۲۰) تاثیر پودر دانه کتان و امولسیفایر بر خواص کیفی و حسی دونات را مورد ارزیابی قرار دادند.^۲

اگرچه تشکیل گلوتن یک خاصیت منحصر به فرد پروتئین در آرد گندم است، اما می‌توان آرد گندم موجود در فرآورده‌های نانوائی را تا حدی با استفاده از سایر غلات جایگزین کرد. به عنوان مثال محققان محصولات نانوائی را با استفاده از دانه‌های دیگر مانند سویا، چاودار و غیره و همچنین جایگزین‌های آرد گندم بدون گلوتن تولید کرده‌اند (Jideani, 2011; Ribotta et al., 2004; Rosales-Juárez et al., 2008). در صورتی که بتوان فقط ۲۰ درصد از فرمول نان را با سایر منابع جایگزین نمود، می‌توان از واردات ۵/۲ میلیون تن گندم به کشور جلوگیری نمود و حتی از بار فشار وارده بر نهادهای کشاورزی که صرف تولید گندم می‌شود کاست. از این رو مطالعات گسترده‌ای در زمینه استفاده از آرد حبوبات، بقولات و سایر غلات در تولید محصولات صنایع پخت به ویژه نان در ایران و سایر نقاط جهان صورت گرفته است (Ghiaeef Hadian and Davoodi, 2017).

با وجود اینکه پوست کدو حلوائی حاوی مواد مغذی با ارزشی است، استفاده از آن در تولید دونات مورد توجه قرار نگرفته است، لذا با توجه به نیاز جامعه به تولید محصولات با کیفیت و ایمن برای سلامتی، در این پژوهش، دونات حاوی آرد پوست کدو حلوائی و خصوصیات فیزیکوشیمیایی

¹ Cucurbita² Cucurbitaceae

۱۹۰۵۲ و با کمک دستگاه کلدال اندازه‌گیری شد (Molani, 2021). جهت اندازه‌گیری فیبر خام نمونه‌های دونات، از روش Adeoye و همکاران (۲۰۱۹) استفاده شد.

– اندازه‌گیری شاخص‌های رنگ

تجزیه و تحلیل رنگ پوسته‌های نمونه‌های دونات، اندکی پس از پخت از طریق شاخص‌های رنگ a^* ، L^* و b^* صورت گرفت. جهت اندازه‌گیری این شاخص‌ها از دستگاه کلریمتر (Hunterlab، چین) استفاده شد (Asadi, and Ahmadi, 2021; Oladzad Abbasabadi et al., 2017).

– ویژگی‌های بافتی

از دستگاه بافت سنج (Lloyd instruments، آمریکا) استفاده شد. آزمون مورد استفاده در این روش TPA^۱ بود. نمونه‌های دونات با برش‌های یکسان به ابعاد ۲×۲×۲ سانتیمتر روی صفحه نگهدارنده قرار داده شد، پروب^۲ دستگاه به قطر ۴ سانتی‌متر و با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه شروع به حرکت کرده و پس از تماس با سطح نمونه، به اندازه ۷۵ درصد از ارتفاع اولیه نمونه را فشرود. پارامترهای سختی بافت^۳، چسبندگی^۴، و قابلیت جویدن^۵ نمونه‌های دونات مورد ارزیابی قرار گرفت (Abbaszadeh et al., 2017).

– خصوصیات حسی

ارزیابی حسی به روش هدونیک ۵ نقطه‌ای برای طعم، پوکی، نرمی، رنگ و پذیرش کلی نمونه‌های دونات انجام گرفت و از ۲۰ ارزیاب جهت ارزیابی نمونه‌ها و امتیازدهی استفاده شد. امتیازهای ۱ تا ۵ به معنی بسیار ضعیف، ضعیف، متوسط، خوب و بسیار خوب در نظر گرفته شدند (Khodadadzadeh and Nasehi, 2018).

– تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمون‌های نمونه‌های دونات به غیر از آزمون ارزیابی حسی در سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها به کمک نرم‌افزار آماری SPSS ورژن ۲۲ انجام شد. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، میانگین‌های نتایج با استفاده از

آن به عنوان یک محصول فراسودمند مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

– تهیه آرد پوست کدوخلوایی

کدوخلوایی از بازار محلی تهیه و انتخاب شد، با استفاده از آب شسته و در آب حاوی کلر (با غلظت ۵۰ میکرولیتر در لیتر) به مدت ده دقیقه غوطه ور شد. سپس، پوست کدوها گرفته و به تیکه‌های کوچک برش داده شد و گوشت آن‌ها با چاقوهای استیل ضد زنگ جدا شد؛ پوست‌ها در خشک‌کن (GP 102، سایا، ایران) به مدت ۸ ساعت و در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. آرد پوست کدو با آسیاب کردن پوست‌های خشک شده در آسیاب (TSM6A011، بوش) به دست آمد (Hosseini, Ghaboos and Moghadasi, 2019).

– تهیه دونات

جهت تهیه دونات از روش Sheikholeslami و همکاران (۲۰۲۲) با کمی تغییرات استفاده شد. مواد اولیه مورد استفاده در تولید دونات، آرد گندم از شرکت بهنام تربت حیدریه، مخمر از شرکت خمیر مایه رضوی، بیکینگ پودر از شرکت گلها و روغن سرخ کردنی، شکر، نمک، شیر خشک بدون چربی، کره و تخم مرغ از بازار محلی خریداری شدند. جهت تولید نمونه‌های دونات از آرد کدوخلوایی به میزان ۰، ۳، ۷، ۱۱ و ۱۵ درصد به عنوان جایگزین آرد گندم استفاده شد.

– آزمون‌ها

– اندازه‌گیری خصوصیات شیمیایی

رطوبت طبق روش استاندارد ملی ایران به شماره ۲۷۰۵ و فعالیت آبی با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری فعالیت آبی (TH500، نواسینا سوئیس) در زمان پس از پخت اندازه‌گیری شد (Sabet Ghadam, 2021). میزان چربی با استفاده از روش AACC (2000) و با کمک دستگاه سوکسله (Molani, 2021) و میزان پروتئین نمونه‌ها با استفاده از روش مندرج در استاندارد ملی ایران به شماره

¹ Texture profile analyzer

² Probe

³ Hardness

⁴ Adhesiveness

⁵ Chewiness

جایگزینی آرد گندم با آرد پوست کدو حلوایی در تولید دونات

نمونه شاهد است که باعث جذب آب بیشتر در نمونه‌های دونات می‌گردد.

آزمون مقایسه میانگین‌های چند دامنه‌ای دانکن^۱ با سطح اطمینان بیشتر از ۹۵٪ و سطح احتمال کمتر از ۵٪ ($p < 0.05$) مقایسه شدند.

– فعالیت آبی دونات‌ها

نتایج مقایسه میانگین میزان فعالیت آبی نمونه‌های دونات در روز اول و دوم پخت در جدول ۱ نشان داده شده است.

میزان a_w نمونه‌های دونات در روز اول بین ۰/۸۳۸ در نمونه شاهد تا ۰/۷۸۵ در نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد پوست کدو حلوایی و در روز دوم بین ۰/۸۳۴ در نمونه شاهد تا ۰/۷۷۰ در نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد پوست کدو حلوایی متغیر است. بین نمونه شاهد و نمونه ۳ درصد در روز اول و دوم اختلاف معنی‌دار داشتند. در روز دوم، میزان a_w نمونه‌های دونات نسبت به روز اول، کاهش یافته است.

– میزان چربی دونات‌ها

نتایج مقایسه میانگین میزان چربی نمونه‌های دونات در روز اول پخت در جدول ۲ نشان داده شده است.

یافته‌ها

– رطوبت دونات‌ها

نتایج مقایسه میانگین میزان رطوبت نمونه‌های دونات در روز اول و دوم پخت در جدول ۱ نشان داده شده است. بین میانگین رطوبت نمونه‌های دونات در روز اول و دوم پخت، اختلاف معنادار وجود دارد ($p < 0.05$). کمترین میزان رطوبت در روز اول و دوم پخت مربوط به نمونه حاوی شاهد است که به ترتیب ۱۶/۱۲ و ۱۶/۲۱ درصد و بیشترین مقدار مربوط به نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد پوست کدو حلوایی است که به ترتیب ۲۲/۲۴۹۴ و ۲۳/۱۲ می‌باشد. در نمونه شاهد که ۱۰۰ درصد آرد گندم وجود دارد، میزان گلوتن بالاتر از سایر نمونه‌های دونات می‌باشد و رطوبت ۱۶/۱۲ درصد را نشان می‌دهد. در نمونه حاوی ۳، ۷، ۱۱ و ۱۵ درصد، میزان رطوبت نسبت به نمونه شاهد بالاتر است که نشان دهنده وجود فیبر بالاتر نسبت به

جدول ۱- نتایج مقایسه میزان رطوبت و a_w نمونه‌های دونات حاوی سطوح مختلف آرد پوست کدو حلوایی

Table 1-Results of moisture content and a_w of donut samples containing different levels of pumpkin peel flour

Sample	Moisture content (%)	Moisture content (%)	a_w	
	First day of cooking	Second day of cooking	First day of cooking	Second day of cooking
Control	16.12±0.02 ^{Ad}	16.21±0.01 ^{Ad}	0.838±0.001 ^{Aa}	0.834±0.003 ^{Ba}
3%	18.96±0.01 ^{Ad}	18.99±0.01 ^{Ad}	0.830±0.004 ^{Aa}	0.830±0.002 ^{Aa}
7%	20.94±0.04 ^{Ac}	20.98±0.02 ^{Ac}	0.812±0.003 ^{Ab}	0.800±0.004 ^{Bb}
11%	21.45±0.05 ^{Ab}	21.98±0.03 ^{Ab}	0.795±0.002 ^{Ac}	0.780±0.003 ^{Bc}
15%	22.24±0.04 ^{Aa}	23.12±0.03 ^{Aa}	0.785±0.003 ^{Ac}	0.770±0.004 ^{Bc}

نتایج جدول میانگین ۳ تکرار $\pm$ انحراف معیار می‌باشد. حروف کوچک در هر ستون و حروف بزرگ در هر سطر برای خصوصیت مورد بررسی نشان دهنده وجود اختلاف معنادار (روز اول و دوم) در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد.

The results are presented as the mean of three replicates $\pm$ standard deviation. Lowercase letters in each column and uppercase letters in each row indicate significant differences (between day 1 and day 2) at the 95% confidence level.

جدول ۲- نتایج مقایسه میزان چربی، پروتئین و فیبر نمونه‌های دونات حاوی سطوح مختلف آرد پوست کدو حلوایی

Table 2-Results of Fat, Protein and fiber content of donut samples containing different levels of pumpkin peel flour

Sample	Fat content (%)	Protein content (%)	Fiber content (%)
	First day of cooking	First day of cooking	First day of cooking
Control	39.94±0.40 ^c	6.58±0.02 ^e	0.00±0.00 ^e
3%	40.01±0.50 ^c	7.21±0.01 ^d	0.23±0.005 ^d
7%	42.12±0.26 ^b	7.80±0.02 ^c	1.66±0.03 ^c
11%	44.78±0.05 ^b	9.12±0.01 ^b	3.18±0.02 ^b
15%	48.90±0.03 ^a	10.20±0.03 ^a	6.12±0.01 ^a

نتایج جدول میانگین ۳ تکرار $\pm$ انحراف معیار می‌باشد. حروف کوچک در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنادار در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد.

The results are presented as the mean of three replicates $\pm$ standard deviation. Lowercase letters in each column indicate significant differences at the 95% confidence level.

¹ Duncan

نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد پوست کدوخلوایی دارای بیشترین مقدار فیبر است (۶/۱۲ درصد).

- شاخص‌های رنگ

- روش‌شنایی L*

نتایج مقایسه میانگین میزان L* نمونه‌های دونات در روز اول و دوم پخت در جدول ۳ نشان داده شده است. بین میانگین میزان L* (روش‌شنایی) در نمونه‌های دونات در روز اول و دوم پخت از نظر آماری اختلاف معنادار وجود دارد ($p < 0.05$). این اختلاف در روز اول بین نمونه شاهد با نمونه حاوی ۳ درصد آرد پوست کدوخلوایی معنادار نمی‌باشد ($p < 0.05$). علاوه بر آن در روز دوم نیز بین میزان روش‌شنایی نمونه حاوی ۷ درصد و نمونه حاوی ۱۱ درصد آرد پوست کدوخلوایی اختلاف معنادار وجود ندارد ($p < 0.05$). بیشترین میزان روش‌شنایی در نمونه‌های دونات در روز اول مربوط به نمونه شاهد است (۷۲/۷۶) و در روز دوم نیز مربوط به همین نمونه می‌باشد (۷۰/۰۱).

- شاخص رنگی a*

نتایج مقایسه میانگین میزان a* نمونه‌های دونات در روز اول و دوم پخت در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به نتایج (جدول ۳) بین میانگین میزان a* در نمونه‌های دونات در روز اول و دوم پخت از نظر آماری اختلاف معنادار وجود دارد ($p < 0.05$). کمترین میزان a* در نمونه‌های دونات در روز اول و دوم پخت مربوط به نمونه شاهد است.

بین میانگین میزان چربی نمونه‌های دونات در روز اول پخت، از نظر آماری اختلاف معنادار وجود دارد ($p < 0.05$). کمترین میزان چربی در روز اول مربوط به نمونه حاوی شاهد است که ۳۹/۹۴ درصد و بیشترین مقدار مربوط به نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد پوست کدوخلوایی است که ۴۸/۹۰ درصد می‌باشد. در تحقیق حاضر نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد پوست کدوخلوایی دارای بیشترین مقدار چربی بود.

- میزان پروتئین دونات‌ها

نتایج مقایسه میانگین میزان پروتئین نمونه‌های دونات در روز اول پخت در جدول ۲ نشان داده شده است. بین میانگین میزان پروتئین نمونه‌های دونات در روز اول پخت، از نظر آماری اختلاف معنادار وجود دارد ($p < 0.05$). کمترین میزان پروتئین در روز اول مربوط به نمونه شاهد است که ۶/۵۸ درصد و بیشترین مقدار مربوط به نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد پوست کدوخلوایی است که ۱۰/۲۰ درصد می‌باشد.

- میزان فیبر دونات‌ها

نتایج مقایسه میانگین میزان فیبر نمونه‌های دونات در روز اول پخت در جدول ۲ نشان داده شده است. بین میانگین میزان فیبر نمونه‌های دونات در روز اول پخت، از نظر آماری اختلاف معنادار وجود دارد ($p < 0.05$). با افزایش میزان جایگزینی آرد پوست کدوخلوایی با آرد گندم در فرمولاسیون دونات‌ها، میزان فیبر نمونه‌ها افزایش می‌یابد.

جدول ۳- نتایج مقایسه شاخص‌های روش‌شنایی نمونه‌های دونات حاوی سطوح مختلف آرد پوست کدوخلوایی

Table 3-Results of color indices (L*, a* and b*) of donut samples containing different levels of pumpkin peel flour

Sample	L*	L*	a*	a*	b*	b*
	First day of cooking	Second day of cooking	First day of cooking	Second day of cooking	First day of cooking	First day of cooking
Control	72.76±0.35 ^{Aa}	70.01±0.29 ^{Aa}	-2/05±0.08 ^{Bd}	-0.72±0.07 ^{Ac}	33.57±1.51 ^{Bd}	36.02±0.87 ^{Ad}
3%	71.65±1.22 ^{Aa}	69.23±0.56 ^{Bb}	-0.88±0.03 ^{Ac}	-0.60±0.00 ^{Ac}	37.51±0.37 ^{Ac}	39.65±0.36 ^{Ac}
7%	66.50±1.70 ^{Ab}	62.34±0.82 ^{Bc}	2.17±0.50 ^{Ab}	1.42±0.14 ^{Bb}	42.62±0.20 ^{Bb}	47.48±0.12 ^{Ab}
11%	62.23±0.39 ^{Ac}	60.12±0.22 ^{Ac}	3.21±0.07 ^{Aa}	3.14±0.08 ^{Aa}	43.72±0.06 ^{Bb}	49.12±0.30 ^{Aa}
15%	61.98±0.25 ^{Ac}	58.20±0.12 ^{Bd}	3.75±0.09 ^{Aa}	3.31±0.22 ^{Aa}	48.33±0.17 ^{Aa}	50.12±0.25 ^{Aa}

نتایج جدول میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار می‌باشد. حروف کوچک در هر ستون و حروف بزرگ در هر سطر برای خصوصیت مورد بررسی نشان دهنده وجود اختلاف معنادار (روز اول و دوم) در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد.

The results are presented as the mean of three replicates ± standard deviation. Lowercase letters in each column and uppercase letters in each row indicate significant differences (between day 1 and day 2) at the 95% confidence level.

- شاخص رنگی b^*

نتایج مقایسه میانگین میزان b^* نمونه‌های دونات در روز اول و دوم پخت در جدول ۳ نشان داده شده است. با توجه به نتایج (جدول ۳) بین میانگین میزان b^* در نمونه‌های دونات در روز اول و دوم پخت از نظر آماری اختلاف معنادار وجود دارد ($p < 0.05$). کمترین میزان b^* در نمونه‌های دونات در روز اول و دوم پخت مربوط به نمونه شاهد است که به ترتیب شامل ۳۳/۵۷ در روز اول و ۳۶/۰۲ در روز دوم می‌باشد. با توجه به نتایج جدول، در روز دوم پخت، نمونه‌های دونات دارای میزان b^* بیشتری هستند.

- سختی بافت

نتایج مقایسه میانگین میزان سختی بافت نمونه‌های دونات در روز اول و دوم پخت در جدول ۴ نشان داده شده است.

بین میانگین میزان سختی نمونه‌های دونات در روز اول و دوم پخت، از نظر آماری اختلاف معنادار وجود دارد ($p < 0.05$). کمترین میزان سختی بافت مربوط به نمونه شاهد می‌باشد. بیشترین میزان سختی بافت نیز مربوط به نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد پوست کدو حلوائی می‌باشد. بین نمونه شاهد و نمونه حاوی ۳ درصد آرد پوست کدو حلوائی اختلاف معنا دار مشاهده نشد.

- قابلیت جویدن بافت

نتایج مقایسه میانگین میزان قابلیت جویدن بافت نمونه‌های دونات در روز اول و دوم پخت در جدول ۴ نشان

داده شده است. طبق نتایج (جدول ۴) بین میزان قابلیت جویدن بافت نمونه‌های دونات در روز اول و دوم پخت از نظر آماری اختلاف معنادار وجود دارد ($p < 0.05$). بیشترین میزان قابلیت جویدن در روز اول و دوم پخت مربوط به نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد پوست کدو حلوائی می‌باشد. در تمامی نمونه‌های مورد بررسی، در روز دوم قابلیت جویدن نمونه‌ها افزایش یافت، یعنی نیروی بیشتری برای جویدن نمونه‌ها لازم است.

- چسبندگی بافت

نتایج مقایسه میانگین میزان چسبندگی بافت نمونه‌های دونات در روز اول و دوم پخت در جدول ۴ نشان داده شده است. طبق نتایج (جدول ۴) بین میزان چسبندگی بافت نمونه‌های دونات در روز اول و دوم پخت، اختلاف معنادار وجود دارد ($p < 0.05$). بیشترین میزان چسبندگی بافت در روز اول و دوم مربوط به نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد پوست کدو حلوائی بود. بین نمونه شاهد و نمونه حاوی ۳ درصد آرد پوست کدو حلوائی در روز دوم اختلاف معنا داری مشاهده نشد.

- خواص حسی

نتایج مقایسه میانگین ارزیابی حسی نمونه‌های دونات در روز اول شامل رنگ، طعم، نرمی، پوک و پذیرش کلی در شکل ۱ نشان داده شده است.

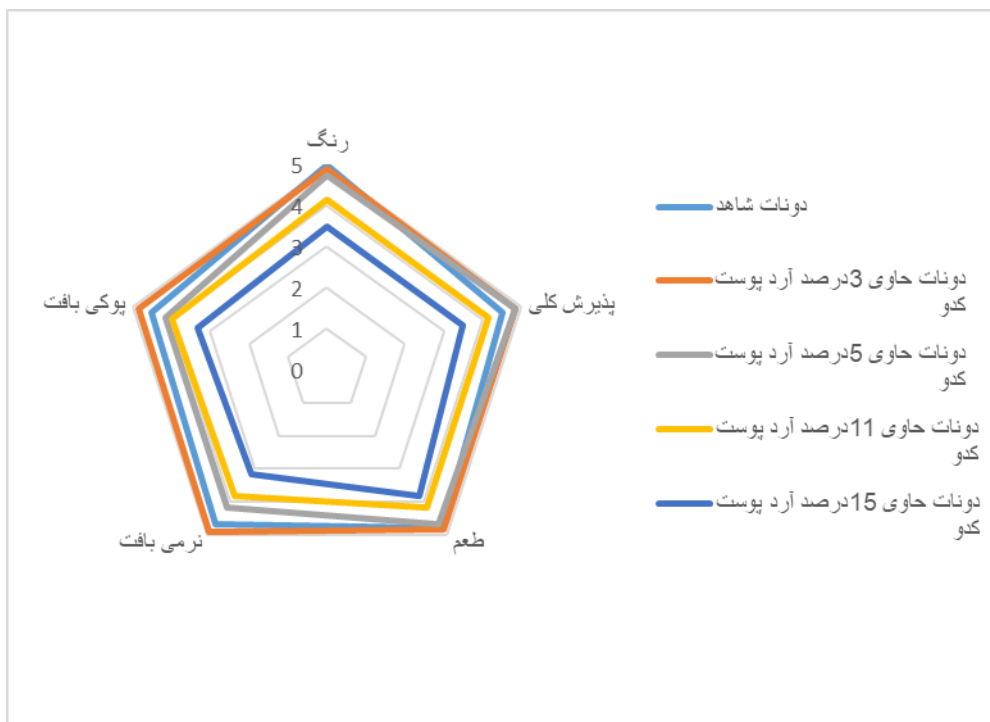
جدول ۴- نتایج مقایسه پارامترهای بافتی نمونه‌های دونات حاوی سطوح مختلف آرد پوست کدو حلوائی

Table 4-Results of textural attributes of donut samples containing different levels of pumpkin peel flour

Sample	Hardness (N)	Hardness (N)	Chewiness (Nmm)	Chewiness (Nmm)	Adhesiveness (Nmm)	Adhesiveness (Nmm)
	First day of cooking	Second day of cooking	First day of cooking	Second day of cooking	First day of cooking	Second day of cooking
Control	14.81±0.06 ^{Bd}	19.93±0.04 ^{Ad}	16.43±0.00 ^{Bd}	26.70±0.00 ^{Ae}	0.010±0.00 ^{Be}	0.024±0.00 ^{Ad}
3%	15.84±0.04 ^{Bd}	20.28±0.08 ^{Ad}	26.28±0.01 ^{Bc}	36.86±0.01 ^{Ad}	0.012±0.00 ^{Bd}	0.028±0.00 ^{Ad}
7%	22.82±0.01 ^{Bc}	25.41±0.02 ^{Ac}	41.71±0.00 ^{Ab}	45.21±0.00 ^{Ac}	0.072±0.00 ^{Bc}	0.039±0.01 ^{Ac}
11%	33.36±0.07 ^{Ab}	35.21±0.02 ^{Ab}	42.26±0.01 ^{Bb}	52.86±0.01 ^{Ab}	0.095±0.02 ^{Bb}	0.065±0.01 ^{Ab}
15%	37.41±0.02 ^{Ba}	42.28±0.02 ^{Aa}	49.50±0.01 ^{Ba}	85.04±0.00 ^{Aa}	0.101±0.01 ^{Aa}	0.081±0.08 ^{Aa}

نتایج جدول میانگین ۳ تکرار ± انحراف معیار می‌باشد. حروف کوچک در هر ستون و حروف بزرگ در هر سطر برای خصوصیت مورد بررسی نشان دهنده وجود اختلاف معنادار (روز اول و دوم) در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد.

The results are presented as the mean of three replicates ± standard deviation. Lowercase letters in each column and uppercase letters in each row indicate significant differences (between day 1 and day 2) at the 95% confidence level.



شکل ۱- نتایج مقایسه ارزیابی حسی نمونه‌های دونات در روز اول حاوی سطوح مختلف آرد پوست کدو حلوایی.
Figure 1- Results of sensorial characteristics of donut samples containing different levels of pumpkin peel flour at first day of cooking.

بیشترین امتیاز نرمی بافت مربوط به نمونه حاوی ۳ درصد آرد پوست کدو حلوایی و کمترین آن مربوط به نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد پوست کدو حلوایی است. بین میانگین امتیازات طعم نمونه‌های دونات شاهد و نمونه‌های حاوی ۳ و ۷ درصد آرد پوست کدو حلوایی و بین نمونه دونات حاوی ۷ و ۱۱ درصد آرد پوست کدو حلوایی از نظر آماری اختلاف معنادار وجود ندارد همچنین این اختلاف بین نمونه حاوی ۱۱ و ۱۵ درصد آرد پوست کدو حلوایی نیز معنادار نیست ($p < 0.05$). بیشترین امتیاز طعم مربوط به نمونه حاوی ۳ درصد آرد پوست کدو حلوایی و کمترین آن مربوط به نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد پوست کدو حلوایی است. بین میانگین امتیازات پذیرش کلی نمونه‌های دونات شاهد و سایر نمونه‌های حاوی آرد پوست کدو حلوایی به غیر از نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد پوست کدو حلوایی از نظر آماری اختلاف معنادار وجود ندارد ($p < 0.05$). بیشترین امتیاز پذیرش کلی مربوط به نمونه حاوی ۳ و ۷ درصد آرد پوست کدو حلوایی و کمترین آن مربوط به نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد پوست کدو حلوایی است.

طبق نتایج به دست آمده از ارزیابی‌های حسی، بین میانگین امتیازات رنگ به نمونه‌های دونات شاهد و نمونه‌های حاوی ۳ و ۷ درصد آرد پوست کدو حلوایی اختلاف معنادار وجود ندارد اما این اختلاف بین این نمونه‌ها با نمونه‌های حاوی ۱۱ و ۱۵ درصد آرد پوست کدو حلوایی، معنادار است ($p < 0.05$). بیشترین امتیاز رنگ مربوط به نمونه شاهد و کمترین آن مربوط به نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد پوست کدو حلوایی است. بین میانگین امتیازات پوک‌ی بافت نمونه‌های دونات شاهد و نمونه‌های حاوی ۳، ۷ و ۱۱ درصد آرد پوست کدو حلوایی از نظر آماری اختلاف معنادار وجود ندارد اما این اختلاف بین این نمونه‌ها با نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد پوست کدو حلوایی، معنادار است ($p < 0.05$). بیشترین امتیاز پوک‌ی بافت مربوط به نمونه حاوی ۳ درصد آرد پوست کدو حلوایی و کمترین آن مربوط به نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد پوست کدو حلوایی است. بین میانگین امتیازات نرمی نمونه‌های دونات شاهد و نمونه حاوی ۳ درصد آرد پوست کدو حلوایی و بین نمونه دونات حاوی ۷ و ۱۱ درصد آرد پوست کدو حلوایی از نظر آماری اختلاف معنادار وجود ندارد اما این اختلاف بین این نمونه‌ها با نمونه حاوی ۱۵ درصد آرد پوست کدو حلوایی، معنادار است ($p < 0.05$).

بحث

در محصولات بر پایه غلات، حفظ رطوبت در زمان نگهداری باعث جلوگیری از بیاتی زودرس و سفت شدن بافت ماده غذایی می‌گردد.

با گذشت یک روز از تهیه دونات‌ها، مقادیر رطوبت نمونه‌ها قدری تغییر کرده است که این مقدار در تمامی نمونه‌های دونات معنادار نبود ($p < 0.05$). آرد پوست کدو فیبر زیادی دارد (به‌ویژه فیبرهای محلول مثل پکتین). این فیبرها مثل اسفنج عمل می‌کنند و مقدار زیادی آب را در بافت به دام می‌اندازند. بنابراین میزان آب کل دونات بالا می‌رود، حتی اگر احساس دهانی خشک‌تر باشد. بعلاوه ترکیبات پکتینی موجود در پوست کدو می‌توانند ژل تشکیل دهند. این ژل‌ها آب را محکم نگه می‌دارند و باعث می‌شوند اندازه‌گیری رطوبت افزایش یابد. همچنین فیبر و پلی‌ساکاریدها یک لایه ژل‌مانند در بافت ایجاد می‌کنند. این لایه سرعت خروج بخار آب را کاهش می‌دهد. آرد گندم بیشتر از نشاسته تشکیل شده که آب کمتری نسبت به فیبر و پکتین نگه می‌دارد. بنابراین جایگزینی حتی بخشی از آن با آرد پوست کدو می‌تواند باعث افزایش رطوبت کلی شود. لذا اگرچه از نظر حسی ممکن است بافت دونات‌های حاوی آرد پوست کدو خشک‌تر یا سفت‌تر به نظر برسد (به دلیل فیبر بالا)، اما از نظر اندازه‌گیری آزمایشگاهی، رطوبت این دونات‌ها بیشتر بود.

Huq و همکاران (۲۰۲۱)، بیان کردند که رطوبت دونات حاوی پودر اکارا (که حاوی فیبر بالایی است) نسبت به نمونه دونات شاهد بر پایه آرد گندم بالاتر است. Othman و همکاران (۲۰۲۳) از ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد پودر کدو حلوایی برای تولید دونات استفاده نمودند و طبق نتایج آنها با افزایش میزان جایگزینی پودر کدو حلوایی با آرد گندم، رطوبت نمونه‌ها افزایش یافت.

پودر پوست میوه‌ها حاوی مقادیر بالای فیبرهای محلول و نامحلول هستند. این فیبرها توانایی بالایی در جذب آب دارند و در مرحله خمیرسازی آب بیشتری را به خود جذب می‌کنند. به‌عبارتی، آب موجود در خمیر نان به‌جای باقی‌ماندن در فاز آزاد، توسط فیبرهای موجود در پودر پوست میوه‌ها جذب می‌شود. بنابراین، در زمان پخت و پس از آن، رطوبت محصول نهایی افزایش می‌یابد (Correa et al., 2021).

جایگزینی آرد گندم با آرد پوست کدو حلوایی در تولید دونات

با توجه به میزان aw نمونه‌های دونات، می‌توان گفت این محصول مستعد فساد کپکی می‌باشد و جزو مواد غذایی است که دارای aw خیلی بالا نیست. پوست کدو فیبر محلول (پکتین) و نامحلول دارد. این ترکیبات مقدار زیادی آب را به صورت باند شده نگه می‌دارند. بنابراین با وجود افزایش رطوبت کل، آب آزاد کم می‌شود. لذا انتظار داریم aw کاهش پیدا کند. بنابراین حتی با رطوبت بالاتر، دونات حاوی آرد پوست کدو می‌تواند ماندگاری میکروبی بهتری داشته باشد. در نتیجه محصول مرطوب‌تر ولی با aw پایین‌تر خواهیم داشت که ماندگاری میکروبی بهتری دارد.

Davoodi و همکاران (۲۰۲۳)، از نشاسته مقاوم به عنوان جایگزین آرد گندم در تولید دونات استفاده کرده و بیان نمودند با افزایش میزان جایگزینی، فعالیت آبی کاهش یافت. Coloup و Karazhiyan (۲۰۲۵) نشان دادند که افزایش فعالیت آبی در نمونه‌های حاوی آرد پوست هندوانه نسبت به نمونه‌های بدون آن نشان می‌دهد که آرد پوست هندوانه توانایی نگهداری آب را افزایش داده و ممکن است به بهبود ماندگاری نان کمک کند.

نمونه دونات در روغن سرخ می‌گردد و مانند کیک در فر گذاشته نمی‌شود؛ بنابراین میزان جذب روغن در نمونه‌های حاوی مقادیر متفاوت آرد گندم و آرد پوست کدو حلوایی به دلیل تفاوت در ترکیبات تشکیل دهنده آنها متفاوت می‌باشد. آرد پوست کدو فیبر بالایی دارد. فیبرها طی سرخ کردن، روغن بیشتری جذب می‌کنند چون سطح متخلخل و آبدوست دارند که باعث افزایش میزان چربی نهایی دونات بعد از سرخ شدن می‌شود. شبکه گلوتهی آرد گندم در سرخ کردن مانند یک سد عمل می‌کند و مانع جذب زیاد روغن می‌شود. در آرد پوست کدو چنین شبکه‌ای وجود ندارد لذا خمیر منافذ بازتر و جذب روغن بیشتر خواهد داشت. لذا جایگزینی آرد پوست کدو حلوایی با آرد گندم در دونات باعث افزایش میزان چربی نهایی محصول می‌شود، هم به دلیل چربی ذاتی بیشتر آرد پوست کدو و هم به دلیل جذب بیشتر روغن حین سرخ شدن (به خاطر فیبر بالا و نبود گلوته).

Akter و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند که قابلیت نگهداری روغن در نمونه‌های حاوی پودر کدوتنبیل، افزایش می‌یابد. Khormali و همکاران (۲۰۲۱)، به افزایش میزان چربی نمونه‌های کیک حاوی آرد کدو حلوایی اشاره کردند.

Othman و همکاران (۲۰۲۳)، بیان نمودند با افزودن ۱۰ درصد پودر کدوخلوایی به نمونه دونات، میزان چربی از ۲۴/۴۳ به ۳۰/۳۶ درصد افزایش می‌یابد.

علت اختلاف در میزان پروتئین نمونه‌ها، به دلیل اختلاف مقدار پروتئین آرد گندم و آرد پوست کدوخلوایی می‌باشد. آرد گندم بسته به نوع (کم‌گلوتن یا پرگلوتن) حدود ۸ تا ۱۲ درصد پروتئین دارد. بخش اصلی پروتئین آن گلوتنین و گلیادین است که شبکه گلوتنی را می‌سازند. آرد پوست کدوخلوایی، پروتئین آن نسبتاً زیاد است (گزارش‌ها بین ۱۵ تا ۲۰ درصد پروتئین خام). اما این پروتئین‌ها غیرگلوتنی هستند (بیشتر آلبومین‌ها و گلوبولین‌ها). با افزودن آرد پوست کدو، میزان پروتئین خام دونات افزایش پیدا می‌کند (چون آرد پوست کدو پروتئین بالاتری از آرد گندم دارد). پروتئین آرد پوست کدو غیرگلوتنی است لذا در ایجاد شبکه نقش ندارد و بیشتر در تقویت ارزش غذایی مؤثر است. بنابراین با وجود افزایش پروتئین، کیفیت بافتی کاهش می‌یابد (سفت‌تر، متراکم‌تر، جویدنی‌تر).

Akter و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند با افزایش میزان جایگزینی پودر کدوتنبیل با آرد گندم در فرمولاسیون کیک، میزان پروتئین افزایش می‌یابد. Khormali و همکاران (۲۰۲۱)، به افزایش میزان پروتئین نمونه‌های کیک حاوی آرد کدوخلوایی اشاره کردند. طبق گزارشات Madadi و همکاران (۲۰۲۴)، میزان پروتئین آرد گندم مورد استفاده برای کیک ۹/۵ درصد و میزان پروتئین پودر کدوخلوایی ۱۰/۴ درصد می‌باشد و تفاوت زیادی از نظر پروتئین بین این دو وجود ندارد؛ بنابراین در نمونه‌های دونات تولیدی بالا رفتن پروتئین با افزایش میزان آرد پوست کدوخلوایی از قانون منظمی تبعیت نمی‌کند. Othman و همکاران (۲۰۲۳)، بیان نمودند با افزودن ۱۵ درصد پودر کدوخلوایی به نمونه دونات، پروتئین به ۷/۷۴ درصد افزایش می‌یابد.

Scarton و همکاران (۲۰۲۱)، بیان کردند با افزایش میزان مصرف کدوخلوایی، میزان فیبر افزایش می‌یابد. این محققان میزان فیبر مافین را ۱/۵۴ درصد گزارش دادند. Othman و همکاران (۲۰۲۳)، بیان نمودند با افزودن ۱۵ درصد پودر کدوخلوایی به نمونه دونات، میزان فیبر نمونه‌هایی دونات از ۱/۵۷ به ۲/۴۹ افزایش می‌یابد.

آرد گندم سفید فیبر کمی دارد (حدود ۲-۳ درصد)، چون در فرآیند آسیاب، سبوس و لایه‌های فیبری جدا می‌شوند. آرد پوست کدوخلوایی بسیار غنی از فیبر است (شامل فیبرهای محلول و نامحلول). هرچه درصد بیشتری از آرد گندم با آرد پوست کدو جایگزین شود، میزان فیبر دونات به‌طور خطی بالا می‌رود. فیبر آرد گندم بیشتر نامحلول (سبوس‌مانند) است. فیبر آرد پوست کدو ترکیبات محلول (پکتین‌ها) و نامحلول (سلولز و لیگنین) دارد. این ترکیب باعث بهبود ارزش تغذیه‌ای و همچنین تغییر ویژگی‌های بافتی (خشکی، سفتی و جذب روغن بیشتر) می‌شود. لذا جایگزینی آرد پوست کدوخلوایی با آرد گندم در دونات، میزان فیبر نهایی دونات به شکل چشمگیری افزایش یافت. این تغییر از نظر تغذیه‌ای یک مزیت محسوب می‌شود، اما از نظر بافتی می‌تواند باعث خشکی و سفتی شود.

افزودن پودر پوست میوه‌ها و فیبرهای مرتبط، به‌طور مستقیم بر روی ساختار پروتئین گلوتن تأثیر می‌گذارد. با افزایش فیبرها جذب آب بین فیبر و پروتئین‌های گلوتن افزایش می‌یابد. در نتیجه، فیبرها آب بیشتری را جذب کرده و شبکه گلوتنی مقاومتری تشکیل می‌شود که می‌تواند به‌خوبی رطوبت را حفظ کند (Zhou et al., 2021; Huang et al., 2020). فیبرهای غذایی با حفظ آب در طول فرایند پخت باعث می‌شوند که فرآورده نانویی پس از پخت، رطوبت بیشتری داشته باشد. به دلیل اینکه تخریب یا تغییرات ساختاری فیبر در دماهای بالای پخت منجر به آزاد شدن مقدار کمتری از آب به‌صورت بخار می‌گردد و رطوبت نهایی را افزایش می‌دهد (González, 2021). این نتایج با نتایج ارائه شده توسط Verbeke و همکاران (۲۰۲۴)، Pereira و همکاران (۲۰۲۴) و Plustea و همکاران (۲۰۲۲) مطابقت دارد.

در نمونه‌های دونات با افزایش میزان استفاده از آرد پوست کدوخلوایی به عنوان جایگزین آرد گندم میزان روشنایی کاسته می‌شود. رنگ محصول به میزان انجام واکنشهای قهوه‌ای شدن میلارد و کاراملیزاسیون طی پخت بستگی دارد. پوست کدوخلوایی حاوی کاروتنوئیدها (بتاکاروتن، لوتئین و غیره) و ترکیبات فنولی است. این مواد رنگ‌زا ذاتاً طیف زرد - نارنجی تا قهوه‌ای دارند. بنابراین وقتی وارد خمیر می‌شوند، زمینه‌ی روشن و سفید آرد گندم

را تیره‌تر می‌کنند. آرد پوست کدو فیبر خام و خاکستر بالاتری دارد. این اجزا نسبت به نشاسته خالص آرد گندم، نور را کمتر بازتاب می‌دهند و ظاهر محصول را مات‌تر و تیره‌تر می‌سازند. ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدان‌های موجود در پوست کدو در مجاورت حرارت و قندها، وارد واکنش‌های میلارد و کاراملیزاسیون می‌شوند. این فرآیندها رنگ قهوه‌ای بیشتری تولید می‌کنند و در نتیجه روشنایی دونات کاهش می‌یابد. آرد گندم دارای مقدار زیادی نشاسته سفید است که باعث افزایش درخشندگی و روشنایی محصول می‌شود. با جایگزینی آن با آرد پوست کدو، این اثر سفیدکننده طبیعی از بین می‌رود. لذا کاهش روشنایی دونات بیشتر به دلیل رنگدانه‌های طبیعی، فیبر و مواد فنولی آرد پوست کدو است که هم در حالت خام تیره‌ترند و هم در اثر حرارت تیره‌تر می‌شوند.

در آرد پوست کدو حلوائی میزان قندهای احیاکننده بالاتر است بنابراین میزان واکنش میلارد و کاراملیزاسیون بیشتر رخ می‌دهد که باعث تیرگی بیشتر پوسته دونات‌ها و کاهش شاخص روشنایی می‌گردد (Zomorodi et al., 2019). علاوه بر آن آرد پوست کدو حلوائی به دلیل داشتن خاکستر و فیبر بیشتر، از آرد گندم تیره‌تر است؛ بنابراین رنگ نمونه‌های حاوی درصد‌های بیشتر آرد پوست کدو حلوائی، تیره‌تر می‌باشد. Khormali و همکاران (۲۰۲۱)، به تیره‌تر شدن و کاهش L^* نمونه‌های کیک حاوی آرد کدو حلوائی اشاره کردند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. Scarton و همکاران (۲۰۲۱)، بیان کردند با افزایش میزان مصرف پودر کدو حلوائی در تولید مافین، میزان L^* کاهش می‌یابد. Othman و همکاران (۲۰۲۳)، بیان نمودند با افزودن پودر کدو حلوائی به نمونه دونات، میزان L^* کاهش می‌یابد. با افزایش میزان استفاده از آرد پوست کدو حلوائی، میزان a^* افزایش یافت. Scarton و همکاران (۲۰۲۱) و Othman و همکاران (۲۰۲۳) نتایج مشابهی را بیان کردند. با افزایش میزان جایگزینی آرد گندم با آرد پوست کدو حلوائی، میزان b^* افزایش می‌یابد که به دلیل وجود میزان کاروتن‌های بالا در کدو حلوائی می‌باشد و موجب افزایش رنگ زردی در نمونه‌ها می‌شود. Scarton و همکاران (۲۰۲۱) و Othman و همکاران (۲۰۲۳) نتایج مشابهی را بیان کردند. این نتایج با نتایج ارائه شده توسط Feili و همکاران (۲۰۱۳) برای نان‌های حاوی آرد میوه

جک فروت مطابقت دارد. پژوهش دیگر انجام شده توسط Celik, and Isik (۲۰۲۳) بر روی مافین که در آن از آرد پوست هندوانه استفاده شده بود نتایج مشابهی را نشان دادند که همراستا با نتایج پژوهش حاضر است.

سختی بافت عبارت است از حداکثر نیروی لازم برای فشردن ماده غذایی بین دندان‌ها تا تغییر شکل دادن آن می‌باشد. سختی بافت محصولات بر پایه غلات بعلت از دست دادن آب نمونه‌ها و رتروگراداسیون نشاسته می‌باشد (Chaiya, and Pongsawatmanit, 2011). علت افزایش سختی بافت در اثر افزایش ۱۵ درصد آرد پوست کدو حلوائی، متراکم شدن بافت و کاهش حبابهای هوا در خمیر دونات می‌باشد (Sabanis et al., 2009; Sahraian et al., 2018).

آرد گندم گلوتن دارد و شبکه‌ای الاستیک تشکیل می‌دهد که هوا و رطوبت در خمیر به دام می‌افتند و بافت نرم و پوک می‌شود. آرد پوست کدو گلوتن ندارد، ساختار اسفنجی شکل نمی‌گیرد و خمیر متراکم و سفت می‌شود. فیبر نامحلول و لیگنین موجود در آرد پوست کدو آب را جذب می‌کند. در آرد پوست کدو نشاسته کم است، در نتیجه ژل نشاسته‌ای کمتر و بافت متراکم‌تر و سخت‌تر. وجود ترکیبات فنولی و پروتئین‌های غیرگلوتنی می‌توانند با پروتئین‌های موجود در فرمولاسیون یا سایر اجزای خمیر پیوند برقرار کنند، در نتیجه شبکه‌ای سخت‌تر و کم‌انعطاف ایجاد می‌شود و بافت نهایی سفت‌تر حس می‌شود. لذا سفتی بافت به دلیل نبود گلوتن، فیبر بالا، نشاسته کمتر و کاهش توانایی حبس گاز اتفاق می‌افتد. علاوه بر آن افزایش سختی می‌تواند به دلیل ارتباط بین آرد پوست کدو حلوائی و گرانول‌های نشاسته باشد که مانع از ژلاتینه شدن نشاسته شده و باعث پاره شدن دیواره سلول و افزایش ضخامت دیواره سلول در طی تشکیل حبابها می‌شود؛ این امر به این دلیل است که فیبر در تشکیل حبابهای هوا مداخله کرده و ضخامت دیواره سلولها را افزایش می‌دهد. Sudha و همکاران (۲۰۰۷)، علت افزایش سختی بافت با افزایش میزان فیبر در نمونه را احتمال تشکیل میکروگلوبول‌ها بین پلی ساکاریدها و چربی بیان کردند. Jan و همکاران (۲۰۱۸)، نیز افزایش میزان سختی در نمونه‌های حاوی آرد کدو حلوائی را، ایجاد کمپلکس بین پروتئین و فیبر در دمای بالای پخت گزارش دادند. Samie

و همکاران (۲۰۲۳) و Akter و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که با افزودن میزان آرد کدوخلوایی در کیک، میزان سختی بافت افزایش می‌یابد.

به دلیل افزایش سختی در برخی نمونه‌ها با اضافه کردن آرد پوست کدوخلوایی در فرمولاسیون آنها، میزان قابلیت جویدن افزایش یافت. نمونه‌های دارای قابلیت جویدن بالاتر دارای سختی بیشتری هستند. در آرد گندم، گلوتن شبکه‌ای الاستیک و هوادار می‌سازد و بافت سبک و نرم پدیدار می‌شود. در آرد پوست کدو گلوتن وجود ندارد، خمیر متراکم‌تر می‌شود، جویدن سخت‌تر و طولانی‌تر حس می‌شود. فیبرهای نامحلول پوست کدو، آب زیادی جذب می‌کنند ولی آن را در بافت نرم نگه نمی‌دارند. این موضوع منجر به بافتی سفت‌تر و جویدنی‌تر می‌شود. نشاسته آرد گندم هنگام حرارت ژل نرم ایجاد می‌کند. آرد پوست کدو نشاسته کمی دارد، ژل نشاسته‌ای کمتر، بافت به جای نرمی، حالت کشسان و جویدنی پیدا می‌کند. ترکیبات فنولی و پروتئین‌های غیرگلوته‌ای موجود در پوست کدو می‌توانند با پروتئین‌ها و دیگر اجزای خمیر واکنش بدهند. این پیوندها باعث سخت‌تر شدن شبکه خمیر و افزایش احساس جویدن می‌شوند. در آرد پوست کدو، گاز کمتر نگه داشته می‌شود، بافت ریزدانه و متراکم که جویدن طولانی‌تری می‌شود. لذا افزایش قابلیت جویدن در دونات با آرد پوست کدو ناشی از بافت متراکم‌تر، فیبر بالا، کاهش ژلاتینه شدن نشاسته و نبود گلوتن است. Samie و همکاران (۲۰۲۳) بیان کردند، با افزایش میزان آرد کدوخلوایی در فرمولاسیون کیک تا ۳۰ درصد، قابلیت جویدن بافت نمونه افزایش یافت که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. Moghadasi و Hosseini Ghaboos (۲۰۱۹) نیز بیان نمودند با افزایش میزان آرد کدوخلوایی در فرمولاسیون کیک قابلیت جویدن بافت افزایش می‌یابد. Akter و همکاران (۲۰۲۰) نیز بیان کردند با افزایش میزان جایگزینی پودر کدوخلوایی با آرد گندم در فرمولاسیون کیک، میزان قابلیت جویدن افزایش می‌یابد.

در اکثر نمونه‌های دونات حاوی آرد پوست کدوخلوایی، میزان چسبندگی بافت نسبت به نمونه شاهد بیشتر می‌باشد که می‌تواند به دلیل افزایش میزان جذب آب خمیر آنها باشد (Indrianti et al., 2021). Mirhosseini و همکاران (۲۰۱۵) بیان نمودند با افزایش درصد جایگزینی

آرد کدوخلوایی با آرد گندم در تولید پاستا، چسبندگی نمونه‌ها افزایش می‌یابد. افزایش چسبندگی به دلیل تغییر شرایط ژلاتینه شدن نشاسته در فرمولاسیون می‌باشد. آرد پوست کدوخلوایی سرشار از فیبرهای محلول و نامحلول است. این فیبرها مقدار زیادی آب جذب می‌کنند و در سطح بافت آزاد می‌گذارند. این آب آزاد اضافی باعث احساس سطح مرطوب و چسبنده در دهان و هنگام لمس می‌شود. در آرد گندم، شبکه گلوته‌ای آب و نشاسته را به دام می‌اندازد و ساختار پایدار و کمتر چسبنده ایجاد می‌کند. در آرد پوست کدو چنین شبکه‌ای وجود ندارد و بخشی از آب و ترکیبات ژلاتینه به صورت آزاد باقی می‌مانند که سطح محصول حالت چسبنک پیدا می‌کند. آرد گندم نشاسته فراوان دارد که پس از ژلاتینه شدن ژل سفت و پایدار ایجاد می‌کند. در آرد پوست کدو نشاسته بسیار کمتر است و ژل تشکیل شده ضعیف‌تر لذا بافت مرطوب و چسبنده باقی می‌ماند. پوست کدو دارای پلی‌ساکاریدهایی شبیه پکتین است که خاصیت ژل‌کنندگی دارند. این ترکیبات می‌توانند با آب یک ماتریکس ویسکوز و چسبنک بسازند که افزایش حس چسبندگی در دهان ایجاد می‌کند. چسبندگی بیشتر با جایگزینی آرد پوست کدو به دلیل فیبر زیاد، نبود شبکه گلوته‌ای، نشاسته کمتر، وجود پلی‌ساکاریدهای پکتینی و قندهای ساده رخ می‌دهد که منجر به باقی ماندن آب آزاد و سطح چسبنک‌تر در دونات می‌شود.

تغییرات چسبندگی نمونه‌ها به دلیل تأثیر فیبرهای موجود در پوست کدوخلوایی بر سطح خمیر است (Bouaziz et al., 2020). نتایج ارائه شده توسط سایر پژوهشگران برای تأثیر افزودن ترکیبات با فیبر بالا نظیر پوست مرکبات (Korus et al., 2020)، اسفرزه (Abdullah et al., 2021)، شاه بلوط (Wang et al., 2023) و غلاف باقلا (Ni et al., 2020) بر بافت با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

با افزایش میزان استفاده از آرد پوست کدوخلوایی در فرمولاسیون نمونه‌های دونات، امتیاز رنگ کاسته می‌شود که به دلیل وجود رنگدانه‌های موجود در پوست کدوخلوایی است که باعث تیره‌تر شدن نمونه‌ها می‌گردد. همچنین امتیاز پوکی بافت و نرمی بافت کاسته شد که به دلیل افزایش سختی بافت در نمونه‌ها می‌باشد. همچنین، امتیاز طعم کاهش نشان داد.

References

- Abbaszadeh, F., Alami, M., Sadeghi Mahoonak, A. & Kashaninejad, M. (2017). Influence of sweet almond protein concentrate and xanthan gum on physico-chemical and textural properties of dough and rice cakes. *Innovative Food Technologies*, 4 (3), 107-118. <http://doi.org/10.22104/jift.2017.354>.
- Abdullah, M. M., Aldughpassi, A. D., Sidhu, J. S., Al-Foudari, M. Y. & Al-Othman, A.R. (2021). Effect of psyllium husk addition on the instrumental texture and consumer acceptability of high-fiber wheat pan bread and buns. *Annals of Agricultural Sciences*, 66(1), 75-80. <http://doi.org/10.1016/j.aos.2021.05.002>.
- Adeoye, B.K., Adeleye, K.A., Ani, I.F., Akinlade, A.R., Ngozi, E.O. & Ajuzie, N.C. (2019). Quality evaluation of bread enriched with mushroom powder. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 13(6), 11-18.
- Akbari, R., Salehifar, M. & Shahsavani Mojarad, L. (2022). Evaluation of qualitative characteristics of donuts made with purslane and cinnamon essential oil. *Journal of Food Research*, 32(2), 15-30.
- Akter, S., Alam, M. J., Hosen, F., Mustafa, R. & Huq, A. O. (2020). Enhancing bioactive compound and antioxidant activity of cake by using pumpkin powder. *Current Nutrition & Food Science*, 16(9), 1431-1438. <http://doi.org/10.2174/15734013166662003261212> 36.
- Anon. (2000). American Association of Cereal Chemists (AACC). *Approved methods of the American Association of Cereal Chemists*. St. Paul, MN.
- Asadi, M. & Ahmadi, E. (2021). Investigation of the Influence of Packaging Film Type and Packaging Atmosphere on the Characteristics of Sangak Bread Enriched with Carrot Powder. *Journal of Food Researches*, 31 (3), 23-37. <http://doi.org/10.22034/fr.2021.38340.1717>.
- Bemfeito, C. M., Carneiro, J. D. D. S., Carvalho, E. E. N., Coli, P. C., Pereira, R. C. & Vilas Boas, E. V. D. B. (2020). Nutritional and functional potential of pumpkin (*Cucurbita moschata*) pulp and pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) peel flours. *Journal of Food Science and Technology*, 57(10), 3920-3925. <http://doi.org/10.1007/s13197-020-04590-4>.
- Bouaziz, F., Ben Abdeddayem, A., Koubaa, M., Ellouz Ghorbel, R. & Ellouz Chaabouni, S. (2020). Date seeds as a natural source of dietary fibers to improve texture and sensory properties of wheat bread. *Foods*, 9(6), 737. <https://doi.org/10.3390/foods9060737>.
- Celik, C. & Isik, F. (2023). Quality characteristics of gluten-free muffins fortified with watermelon rind powder. *Food Science and*

Scarton و همکاران (۲۰۲۱)، از ۵ و ۱۰ درصد آرد کدو حلوائی جهت تولید مافین استفاده نمودند، طبق نتایج آنها نمونه‌های مافین حاوی ۵ درصد کدو حلوائی، دارای امتیازات بیشتری بودند البته این امتیازات با امتیازات داده شده به نمونه حاوی ۱۰ درصد کدو حلوائی، معنادار نبود. در نمونه‌های تحقیق حاضر نیز در بسیاری از فاکتورها و پذیرش کلی نمونه حاوی ۳ و ۷ درصد امتیازات خوبی کسب نمودند، حتی امتیازات نمونه حاوی ۳ درصد آرد پوست کدو حلوائی نیز بیشتر بود. Othman و همکاران (۲۰۲۳)، بیان نمودند با افزودن پودر کدو حلوائی به میزان ۱۰ درصد به فرمولاسیون نمونه دونات، ویژگی‌های حسی با نمونه شاهد اختلاف معنادار ندارند.

نتیجه‌گیری

اثرات مختلف افزودن آرد پوست کدو حلوائی به فرمولاسیون دونات بر روی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی دونات بررسی شد. بررسی جایگزینی آرد پوست کدو حلوائی به جای بخشی از آرد گندم در فرمولاسیون دونات نشان داد که این تغییر باعث افزایش رطوبت، فیبر، پروتئین و چربی نمونه‌ها شد، در حالی که میزان فعالیت آبی کاهش یافت و از نظر ماندگاری میکروبی شرایط مطلوب‌تری ایجاد گردید. از نظر ویژگی‌های بافتی، با افزایش درصد آرد پوست کدو حلوائی، سختی، قابلیت جویدن و چسبندگی بافت بیشتر شد که این امر با کاهش پوکی و نرمی نمونه‌ها همراه بود. همچنین به دلیل وجود رنگدانه‌های طبیعی و ترکیبات فنولی در پوست کدو حلوائی، شاخص‌های رنگی دچار تغییر شده و روشنایی نمونه‌ها کاهش یافت. از نظر حسی، نمونه‌های حاوی ۳ و ۷ درصد آرد پوست کدو حلوائی بیشترین پذیرش کلی را کسب کردند، در حالی که نمونه‌های با درصد بالاتر (۱۱ و به‌ویژه ۱۵ درصد) به علت تغییرات نامطلوب در بافت و رنگ، امتیاز کمتری دریافت نمودند. در مجموع می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از آرد پوست کدو حلوائی نه تنها ارزش تغذیه‌ای دونات را از نظر افزایش فیبر و پروتئین ارتقا می‌دهد، بلکه با کاهش فعالیت آبی می‌تواند به بهبود ماندگاری نیز کمک کند. با این حال، به منظور حفظ ویژگی‌های حسی و پذیرش مصرف‌کننده، سطح جایگزینی بهینه بین ۳ تا ۷ درصد توصیه می‌شود.

- Technology, 43, e113822. <https://doi.org/10.1590/fst.113822>.
- Chaiya, B. & Pongsawatmanit, R. (2011). Quality of batter and sponge cake prepared from wheat-tapioca flour blends. *Kasetsart Journal (Natural Sciences)*, 45(45), 305-313.
- Coloup, M. & Karazhiyan, H. (2025). Substitution of wheat flour with watermelon peel flour in the production of baguette bread. *Journal of Food Science and Technology*, 22 (165), 261-275. <https://doi.org/10.22034/FSCT.22.165.261>.
- Correa, M. J. Arp, C. G. & Ferrero, C. (2021). Hydrocolloids in wheat breadmaking: traditional and novel uses. *Trends in wheat and bread making*, 227-254. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821048-2.00008-8>.
- Darvishi, M. & Yazdanpanah, S. (2020). Evaluation and comparison of emulsion, rheological and spectroscopic properties of FT-IR extracted pectin from peel and cap of pumpkin. *Journal of Food Science and Technology*, 17(104), 149-162. <https://doi.org/10.52547/fsct.17.104.149>.
- Davoodi, M., Karimi, M., Naghipour, F. & Sheikholeslami, Z. (2023). Investigating on Production Healthy Snack Food Based on Cereal by Type III Resistant Starch Addition. *Journal of Food Science and Technology*, 20 (138), 133-146. <https://doi.org/10.22034/FSCT.20.138.133>.
- Entezari, B., Karazhiyan, H. & Sharifi, A. (2017). Effect of Chubak Extract on Antioxidant Properties and Donut Shelf Life. *Journal of Innovation in Food Science and Technology*, 9(1), 27-40.
- Feili, R., Zzaman, W., Abdullah, W.N.W. & Yang, T.A. (2013). Physical and sensory analysis of high fiber bread incorporated with jackfruit rind flour. *Food Science and Technology*, 1(2), 30-36. <https://doi.org/10.13189/fst.2013.010203>.
- George, S. A. S. S. S. (2020). Preparation of pumpkin pulp and peel flour and study their impact in the biscuit industry. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 10(6), 25-33. <https://doi.org/10.7176/JBAH/10-6-05>.
- González, M., Vernon-Carter, E., Alvarez-Ramirez, J. & Carrera-Tarela, Y. (2021). Effects of dry heat treatment temperature on the structure of wheat flour and starch in vitro digestibility of bread. *International Journal of Biological Macromolecules*, 166, 1439-1447. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.11.023>.
- Hadian, M. & Ghiafeh Davoodi, M. (2017). Evaluation OF Wheat Flour Substitution by Corn - Potato Flour on Quantitative and Qualitative Properties of Baguette. *Journal of food science and technology*, 14(66), 95-103.
- Huang, Z., Wang, J.J., Chen, Y., Wei, N., Hou, Y., Bai, W. & Hu, S.Q. (2020). Effect of water-soluble dietary fiber resistant dextrin on flour and bread qualities. *Food Chemistry*, 317, 126452. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126452>.
- Huq, S., Das, P. C., Islam, M. A., Jubayer, M. F., Ranganathan, T. V. & Mazumder, M. A. R. (2021). Nutritional, textural, and sensory quality of oil fried donut enriched with extracted dietary fiber and okara flour. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(3), e15310. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15310>.
- Hussain, A., Kausar, T., Sehar, S., Sarwar, A., Ashraf, A. H., Jamil, M. A., Saima Noreen, S., Rafique, A., Iftikhar, K., Quddoos, M.Y., Aslam, J. & Majeed, M. A. A. (2022). Comprehensive review of functional ingredients, especially bioactive compounds present in pumpkin peel, flesh and seeds, and their health benefits. *Food Chemistry Advances*, 1, 100067. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100067>.
- Indrianti, N.N., Sholichah, E. & Afifah, N. (2021). Pumpkin flour effects on antioxidant activity, texture, and sensory attributes of flat tubers noodle. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1011, 012007. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1011/1/012007>.
- Iran Institute of Standards and Industrial Research. (2001). *Moisture content of cereal and cereal products national standards*. Standard no 2705.
- Iran Institute of Standards and Industrial Research. (2001). *Cereal and nuts standard. Nitrogen content analysis and crude protein content based on Kjeldahl method national standards*. Standard no 19052.
- Jan, K. N., Panesar, P. S. & Singh, S. (2018). Optimization of antioxidant activity, textural and sensory characteristics of gluten-free cookies made from whole Indian quinoa flour. *LWT - Food Science and Technology*, 93, 573-582. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.013>.
- Jideani, V.A. (2011). Optimisation of wheat-sprouted soybean flour bread using response surface methodology. *African journal of biotechnology*, 8 (22). <https://doi.org/10.5897/AJB09.707>.
- Khodadadzadeh, M. & Nasehi, B. (2018). Evaluation of physicochemical properties, sensory and textural sponge cake enriched with bagasse fiber powder. *Journal of Food Science and Technology*, 78 (15), 21-29.
- Khormali, F., Hosseini Ghaboos, S. H. & Fadavi, A. (2021). Effect of pumpkin and spinach powder on physicochemical and sensory properties of fortified sponge cake. *Journal of Food Research*, 31(3), 133-150. <https://doi.org/10.22034/fr.2021.41436.1756>.
- Khorsand, M., Aliabadi, M. & Jarrahi Feriz, J. (2018). The Effect of Adding Flour Soy and Lentil to Doughnut on its Physicochemical Properties. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 7 (2), 197-212. <https://doi.org/10.22101/JRIFST.2018.07.17.726>.

- Korus, J., Juszczak, L., Witczak, M. & Ziobro, R. (2010). Effect of citrus fiber on the rheological properties of dough and quality of the gluten-free bread. *Applied Sciences*, 10(19), 6633. <https://doi.org/10.3390/app10196633>.
- Madadi, M., Roshanak, S., Shahidi, F. & Varidi, M.J. (2024). Optimization of a gluten-free sponge cake formulation based on quinoa, oleaster, and pumpkin flour using mixture design methodology. *Food Science and Nutrition*, 12(4), 2973-2984. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3977>.
- Mirhosseini, H., Abdul Rashid, N.F., Tabatabaee Amid, B., Cheong, K.W., Kazemi, M. & Zulkurnain, M. (2015). Effect of partial replacement of corn flour with durian seed flour and pumpkin flour on cooking yield, texture properties, and sensory attributes of gluten free pasta. *LWT – Food Science and Technology*, 63 (1), 184-190. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.078>.
- Mishra, S. & Sharma, K. (2019). Development of pumpkin peel cookies and its nutritional composition. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(4), 370-372.
- Moghadasi, M. & Hosseini Ghaboos, SH. (2019). Formulation of Functional Puffy Snack Containing Pumpkin Powder. *Electronic Journal of Food Processing and Preservation*, 11(1), 65-80. <https://doi.org/10.22069/ejfp.2019.12487.1401>.
- Molani, S., Naghipour, F. & Faraji, A. (2021). Evaluation on Corn Gluten Meal and Tahini Meal Efficiency as Gluten Substitute in Fermented Doughnut Formulation. *Journal of Food Science and Technology*, 18 (117), 81-93. <https://doi.org/10.52547/fsct.18.117.81>.
- Ni, Q., Ranawana, V., Hayes, H.E., Hayward, N.J., Stead, D. & Raikos, V. (2020). Addition of broad bean hull to wheat flour for the development of high-fiber bread: Effects on physical and nutritional properties. *Foods*, 9(9), 1192. <https://doi.org/10.3390/foods9091192>.
- Oladzad Abbasabadi, N., Karazhiyan, H. & Keyhani, V. (2017). Addition of the chubak extract and egg white on biophysical properties of grape juice during evaporation process. *Journal of Food Process Engineering*, 40(5), 12538. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12538>.
- Othman, S. M., Hamasadek, Z. O. & Khalil, H. (2023). The effect of pumpkin powder establishes on the nutritional, texture, and sensory characteristics of doughnuts compared to traditional doughnuts. *Annals of Forest Research*, 66(1), 1466-1481.
- Pereira, T., Costa, S., Barroso, S., Teixeira, P., Mendes, S. & Gil, M.M. (2024). Development and optimization of high-protein and low-saturated fat bread formulations enriched with lupin and microalgae. *LWT – Food Science and Technology*, 191, 115612. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115612>.
- Plustea, L., Negrea, M., Cocan, I., Radulov, I., Tulcan, C., Berbecea, A., Popescu, I., Obistoiu, D., Hotea, I., Suster, G., Boeriu, A.E. & Alexa, E. (2022). Lupin (*Lupinus* spp.)-fortified bread: A sustainable, nutritionally, functionally, and technologically valuable solution for bakery. *Foods*, 11(14), 2067. <https://doi.org/10.3390/foods11142067>.
- Ribotta, P.D., Ausar, S.F., Morcillo, M.H., Pérez, G.T., Beltramo, D.M. & León, A.E. (2004). Production of gluten-free bread using soybean flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84 (14), 1969-1974. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1915>.
- Rosales-Juárez, M., González-Mendoza, B., López-Guel, E., Lozano-Bautista, F., Chanona-Pérez, J., Gutiérrez-López, G., Farrera-Rebollo, R. & Calderón-Domínguez, G. (2008). Changes on Dough Rheological Characteristics and Bread Quality as a Result of the Addition of Germinated and Non-Germinated Soybean Flour. *Food and Bioprocess Technology*, 1 (2), 152-160. <https://doi.org/10.1007/s11947-007-0004-3>.
- Sabanis, D., Lebesi, D. & Tzia, C. (2009). Effect of dietary fiber enrichment on selected properties of gluten-free bread. *LWT. Food Science and Technology*, 42, 1380 –1389. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.03.010>.
- Sabet Ghadam, M., Saeedi Asl, M. R., Sharifi, A., Armin, M. & Pedram Nia, A. (2021). Effect of fat replacement with apple pomace fiber on the chemical and textural properties of the cake. *Journal of Food Science and Technology*, 18 (119), 259-274. <https://doi.org/10.52547/fsct.18.119.259>.
- Sahraian, B., Karimi, M. & Sheikholeslami, Z. (2018). Evaluation and Comparison of Effect of *Lepidium Sativum* Seed Gum and Xanthan on Texture and Functional Properties of Gluten Free Cake (Rice-Corn). *Food Engineering Research (Journal of Agricultural Engineering Research)*, 17 (65), 1-14. <http://doi.org/10.22092/fooder.2018.120898.1111>.
- Samie, M. M., Emamifar, A. & Salehi, F. (2023). Rheological batter and textural characteristics of gluten-free sponge cake containing pumpkin powder. *Journal of Food Science and Technology*, 20 (142), 68-81. <http://doi.org/10.22034/FSCT.20.142.68>.
- Scarton, M., Nascimento, G. C., Felisberto, M. H. F., Moro, T. D. M. A., Behrens, J. H., Barbin, D. F. & Clerici, M. T. P. S. (2021). Muffin with pumpkin flour: technological, sensory and nutritional quality. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24, e2020229. <http://doi.org/10.1590/1981-6723.22920>.
- Sheikholeslami, Z., Karimi, M. & Sahraian, B. (2022). Production of low-fat doughnut using triticale flour and Basil gum and investigation of the effect of green cardamom essential oil on its shelf life. *Iranian Food Science and Technology*

Research Journal, 18(2), 307-329.
<https://doi.org/10.22067/ifstrj.2021.67239.0>.

Sudha, M., Baskaran, V. & Leelavathi, K. (2006). Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food Chemistry*, 104(2), 686-692.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.12.016>.

Verbeke, C., Debonne, E., Versele, S., Van Bockstaele, F. & Eeckhout, M. (2024). Technological Evaluation of Fiber Effects in Wheat-Based Dough and Bread. *Foods*, 13(16), 2582. <https://doi.org/10.3390/foods13162582>.

Wang, L., Shi, D., Chen, J., Dong, H. & Chen, L. (2023). Effects of Chinese chestnut powder on starch digestion, texture properties, and staling characteristics of bread. *Grain & Oil Science and*

Technology, 6(2), 82-90.
<https://doi.org/10.1016/j.gaost.2023.01.001>.

Zhou, Y., Dhital, S., Zhao, C., Ye, F., Chen, J. & Zhao, G. (2021). Dietary fibre-gluten protein interaction in wheat flour dough: Analysis, consequences and proposed mechanisms. *Food Hydrocolloids*, 111, 106203.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106203>.

Zomorodi, S.H. & Faramarzi, S. (2020). The effect of flaxseed powder (*linum usitalissimum*) and (DATEM) as emulsifier on the qualitative and sensory properties of Doughnut. *Food Research Journal*, 30(1), 99-111

Zomorodi, S., Heidari, R. & Behnam, S. (2019). The effect of pumpkin powder on the quality properties of gluten-free sponge cake prepared with corn flour. *Food Engineering Research*, 18 (67), 1-14. <https://doi.org/10.22034/FSCT.20.137.129>.

Substitution of Wheat Flour with Pumpkin Peel Flour in the Production of Donuts

N. Hafezi Fateh^a, R. Karazhyan^b, H. Karazhiyan^{c*}

^a MSc Graduated of the Department of Food Science and Technology, ToH.C., Islamic Azad University, Torbat Heydarieh, Iran.

^b Assistant Professor of the Research Institute for Industrial Biotechnology, Department of Industrial Microbial Biotechnology, Mashhad, Iran.

^c Associate Professor of the Department of Food Science and Technology, ToH.C., Islamic Azad University, Torbat Heydarieh, Iran.

Received: 7 September 2025

Accepted: 27 November 2025

Abstract

8

Introduction: In recent years, the development of nutritionally enhanced food products and the optimal use of agricultural by-products have gained significant importance. Pumpkin peel, as a by-product rich in bioactive compounds, fibre, protein, and pigments, can serve as a valuable substitute in bakery and confectionery formulations.

Materials and Methods: In this study, pumpkin peel flour was used at levels of 0, 3, 7, 11, and 15 % as a partial substitute for wheat flour in the donut formulation. After preparation, the donuts were evaluated for moisture content, water activity, fat, protein, fiber, color indices (a*, b*, and L*), textural attributes, and sensory properties.

Results: The results indicated that increasing the substitution level of pumpkin peel flour led to higher moisture, fat, protein, and fiber contents, while water activity decreased. Regarding color attributes, samples became darker, with increased a* and b* values. Textural analysis revealed that hardness, chewiness, and adhesiveness increased with higher substitution levels, while porosity and softness decreased. Sensory evaluation showed that donuts containing 3 and 7% pumpkin peel flour received the highest scores for overall acceptability, whereas samples with higher substitution levels (11 and 15%) were less favored due to undesirable changes in color and texture.

Conclusion: Pumpkin peel flour not only enhances the nutritional value of donuts by enriching them with fiber and protein but also contributes to improved shelf stability by reducing water activity.

Keywords: Donut, Pumpkin, Physicochemical Characteristics, Sensory Properties, Textural Attributes.

* Corresponding Author: Hojjat.karazhiyan@iau.ac.ir