



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی امکان افزایش ماندگاری دونات تخمیری با استفاده از فیلم‌های خوراکی سلولزی

مهدی قیافه داودی^۱، مهدی کریمی^۱، فریا نقی پور^۲، علیرضا رحمانیان^۳

۱- بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۲- مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۳- شرکت صنایع غذایی رضوی، خراسان رضوی، مشهد، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۹

کلمات کلیدی:

دونات تخمیری،

میان وعده،

رومال،

جذب روغن،

ماندگاری.

بیاتی محصولات صنایع پخت به دو دسته بیاتی پوسته و مغز محصول تقسیم می شود که معمولاً در اثر انتقال رطوبت از مغز به پوسته صورت می گیرد. استفاده از رومال ها در محصولاتی نظیر دونات تخمیری به دلیل ایجاد یک فیلم پوششی بر روی محصول از بیاتی پوسته جلوگیری می نماید. از این رو هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر استفاده از رومال تهیه شده با دو هیدروکلوئید کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز در سطوح صفر، ۰/۳ و ۰/۵ بر خصوصیات نمونه های دونات تخمیری بود. نتایج نشان داد که نمونه حاوی ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز از بیشترین و نمونه شاهد از کمترین میزان رطوبت برخوردار بود. ذکر این نکته ضروری است که رطوبت تمامی نمونه های دونات تولیدی در محدوده مجاز استاندارد ملی ایران قرار داشتند. از سوی دیگر کمترین و بیشترین میزان روغن به ترتیب در دو نمونه رومال شده با ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و نمونه شاهد گزارش گردید. با بررسی خصوصیات تکنولوژیکی مشاهده شد که استفاده از رومال ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز سبب افزایش میزان حجم مخصوص، تخلخل و روشنایی پوسته (مؤلفه L^*) و کاهش میزان قرمزی (مؤلفه a^*) و زردی (مؤلفه b^*) پوسته دونات و همچنین عدد پراکسید در مقایسه با نمونه فاقد رومال شد. ارزیابی بافت و خصوصیات حسی طی مدت زمان نگهداری گویای بیشترین میزان نرمی و مقبولیت حسی نزد مصرف کننده در تیمار رومال شده با هیدروکسی پروپیل متیل سلولز به میزان ۰/۵ درصد بود. بنابراین استفاده از رومال تهیه شده از مشتقات سلولز به عنوان یکی از ترکیبات ایمن و در دسترس در افزایش ماندگاری و بهبود خصوصیات تکنولوژیکی این میان وعده پرمصرف توصیه می گردد.

DOI:10.22034/FSCT.22.163.242.

* مسئول مکاتبات:

Mehdidavoodi@yahoo.com

۱-مقدمه

بیاتی و از دست دادن رطوبت محصولات صنایع پخت در قفسه‌های فروشگاه‌ها فرآیندی است که سبب ضرر و زیان بالای تولیدکنندگان می‌گردد. همین امر سبب گردیده است تا محققان به دنبال یافتن راهکارهای عملی در جهت کاهش سرعت بیاتی و به دنبال آن کاهش ضایعات در این دسته از محصولات باشند. طبق بررسی‌های صورت گرفته از واحدهای تولیدی دونات در خراسان رضوی (نان رضوی) کل دونات تولیدی تنها در دو شهر مشهد و تهران طی شش ماه ابتدای سال ۱۴۰۲، بالغ بر ۳۰ میلیون عدد می‌باشد که از این میزان در حدود ۲۰ درصد آن ضایعات و محصول برگشتی است. شایان ذکر است که علت اصلی این برگشت کالا، از دست رفتن نرمی بافت و بیاتی محصول نهایی گزارش شده است. بنابراین همانگونه که در بالا اشاره گردید، ضروری است که مطالعات بیشتری در زمینه فرمولاسیون و بسته‌بندی این محصول صورت گیرد. دونات دارای دو بخش سرخ شده و بخش داخلی است. بخش سرخ شده در سطح است که مستقیماً در تماس با روغن قرار می‌گیرد. این قسمت بیشتر این دفع رطوبت و بیشترین جذب روغن را دارد و در حالت ایده‌آل رنگ قهوه ای طلایی و بافت ترد دارد. بخش داخلی مشابه کیک است و اگر در طول سرخ کردن حرارت کافی دریافت نکند ژلاتیناسیون نشاسته به تعویق می‌افتد. رطوبت این قسمت بالاتر از سطح است که باعث می‌شود در طول ذخیره‌سازی، رطوبت به بخش سرخ شده مهاجرت کنند و تردی سطح را از بین ببرد [۱].

در صنعت تولید محصولات صنایع پخت از رومال و پوشش به منظور بهبود خصوصیات کمی و کیفی بر روی سطح برخی از محصولات استفاده می‌گردد. در واقع استفاده از رومال به‌عنوان یک نوع پوشش‌دهنده برای افزایش

ماندگاری، طعم و پذیرش کلی محصولات امری رایج می‌باشد. رومال‌ها به‌طور اختصاصی برای پوشش سطوح محصولات نانویی و فراهم کردن ظاهری شفاف در محصول استفاده می‌شود و به‌عنوان مانعی در برابر تبخیر رطوبت از سطح محصولات نانویی با رطوبت نسبتاً بالا می‌باشد. رومال‌ها به‌طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند یک دسته قبل از پخت و دسته دیگر بعد از پخت که بر روی سطح محصولات نانویی استفاده می‌شوند. رومال‌هایی که قبل از پخت استفاده می‌شوند معمولاً از تخم‌مرغ و آب تشکیل می‌شوند و امکان دارد که قندهای مختلف، صمغ‌ها و نشاسته‌ها نیز در آن استفاده شوند. این رومال‌ها در پی ایجاد خواصی مانند شفافیت، براقیت و تشکیل فیلم نازک بر سطح محصولات نانویی استفاده می‌شوند و همچنین سهمی در ایجاد رنگ قهوه‌ای بر سطح محصولات نانویی دارند. در همین راستا چن و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی تأثیر استفاده از رومال در فرآیند بیاتی پوسته و مغز نان طی مدت زمان نگهداری پرداختند و مشاهده نمودند که استفاده از نشاسته ذرت، سفیده تخم‌مرغ و شیر پس چرخ سبب کاهش سفتی مغز نان گردید و رطوبت مغز محصول طی مدت زمان نگهداری شش روز، حدود ۱ درصد کاهش یافت [۲]. در پژوهش حاضر از دو صمغ کربوکسی متیل سلولز (CMC^۱) و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز (HPMC^۲) به‌عنوان رومال استفاده شد. در واقع این ترکیبات سلولز اصلاح شده می‌باشند. کربوکسی متیل سلولز پلی ساکارید از نوع خطی، بلند زنجیره، محلول در آب و مهم‌ترین صمغ طبیعی بهبود یافته به روش شیمیایی می‌باشد.

هیدروکسی پروپیل متیل سلولز از واکنش سلولز قلیایی با مخلوط متیل کلراید و پروپیلن اکساید به دست می‌آید و یکی از ترکیبات است که به علت ساختار خطی آن ظرفیت

1-Carboxymethyl Cellulose (CMC)

2-Hydroxypropyl Methyl Cellulose (HPMC)

سرخ کردنی (با نام تجاری بهار، تهران)، شیر خشک، نمک، شکر و تخم مرغ از یکی از فروشگاه معتبر خریداری گردید. کلیه مواد شیمیایی نیز از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

۲-۲- روش‌ها

۲-۲-۱- تهیه دونات تخمیری و تیمارهای مورد بررسی

تهیه دونات به روش انتظاری و همکاران (۱۳۹۵) انجام شد. مواد اولیه دونات شامل ۵۵ درصد آرد گندم، ۵ درصد شکر، ۱۰ درصد تخم مرغ، ۵ درصد روغن، ۱/۵ درصد آب، ۳ درصد مخمر، ۰/۲ درصد وانیل، ۲/۸ درصد شیر خشک، ۰/۵ درصد نمک می‌باشد. پس از تهیه خمیر، قالب‌زنی با قطر بیرونی ۸ سانتی‌متر و قطر داخلی ۳ سانتی‌متر انجام شد و به ضخامت ۱۵ میلی‌متر پهن گردید. خمیر قالب خورده در داخل سینی و به مدت ۴۵ دقیقه در گرمخانه (مدل Miwe, backcombi، ساخت کشور آلمان) با رطوبت نسبی ۸۰ درصد و دمای ۴۳ درجه سلسیوس برای تکمیل دوره تخمیر قرار داده شد [۶].

در ادامه رومال تهیه شده با دو هیدروکلوئید کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز در سطوح صفر، ۰/۳ و ۰/۵ بر روی نمونه‌ها به صورت برس‌زنی اعمال شد. سپس نمونه‌های خمیر دونات در سرخ‌کن (مدل DF Beem, 2008S، ساخت کشور آلمان) با دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۶ دقیقه سرخ شدند. شایان ذکر است که به منظور تثبیت و پایدار شدن دمای روغن، یک ساعت قبل از شروع سرخ کردن دستگاه سرخ‌کن روشن شد و مخزن سرخ‌کن با دو لیتر روغن سرخ‌کردنی پر شد و در هر مرحله سرخ کردن، دو قطعه خمیر در سبد مخصوص دستگاه از جنس استیل زنگ‌نزن قرار گرفته و سرخ شدند. پس از گذشت نیمی از زمان سرخ کردن، سبد از دستگاه خارج شده و دونات‌ها برگردانده و در ادامه طرف دیگر نمونه‌ها سرخ شد. پس از این مرحله، نمونه‌ها روی کاغذ جاذب برای حذف روغن اضافی و سرد شدن (به مدت ۳۰ دقیقه در دمای حدود ۲۵ درجه سلسیوس) قرار گرفتند و در انتها درون کیسه‌های پلی اتیلنی به منظور ارزیابی

عالی برای تشکیل فیلم دارد. این پلیمر فاقد سمیت بوده، بی‌بو، بی‌مزه و ارزان بوده و ممانعت خوبی در برابر اکسیژن، دی‌اکسید کربن و لیپید ایجاد می‌کند [۳]. از سوی دیگر متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز تنها صمغ‌هایی هستند که در اثر حرارت تشکیل ژل می‌دهند و هنگامی که سرد می‌شوند، به ویسکوزیته اولیه خود باز می‌گردند. این خصوصیات باعث شده که این صمغ‌ها برای استفاده در غذاهای سرخ شده مناسب باشند، زیرا به‌عنوان سدی در برابر جذب روغن عمل می‌کنند. این ترکیبات اتلاف رطوبت محصول را کند کرده و موجب حفظ تازگی محصول طی مدت زمان نگهداری می‌شوند [۴].

در همین راستا زلفقاری و همکاران (۲۰۱۳) تغییرات کیفی دونات تحت تأثیر پوشش‌دهی با صمغ‌ها و استفاده از فرآیند تخمیر را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند شیب نمودار میزان افت رطوبت نمونه‌های دونات پوشش داده شده با صمغ متیل سلولز نسبت به نمونه‌هایی که فاقد پوشش بودند کمتر و یکنواخت‌تر می‌باشد [۵]. از این رو با توجه به مطالب ذکر شده، هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر استفاده از رومال تهیه شده از دو صمغ کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و ارزیابی خصوصیات محصول تولیدی بود و ماندگاری آن مورد ارزیابی قرار گرفت تا بهترین فرمولاسیون پوششی برای نمونه‌های دونات تخمیری معرفی گردد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد

آرد گندم (آرد ستاره) مورد استفاده در تهیه نمونه‌های دونات تخمیری با ۱۲/۰ درصد رطوبت، ۱۱/۷ درصد پروتئین، ۰/۶۴ درصد خاکستر و ۲۶/۷ درصد گلوتن مرطوب؛ از کارخانه آرد قدس رضوی (مشهد، ایران) تهیه گردید. آرد گندم مورد نیاز برای انجام آزمایشات به صورت یکجا تهیه و در سردخانه با دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری گردید. خمیرمایه نیز از شرکت خمیر مایه رضوی، صمغ‌های CMC و HPMC از شرکت پترو پارس نوین (تهران) و سایر مواد مورد نیاز در آزمایش‌ها شامل روغن

و میانگین اعداد به دست آمده برای دو پوسته به عنوان مؤلفه‌های رنگ گزارش گردید [۱۰].

۴-۲-۲-۲-آزمون ارزیابی بافت

سفتی بافت دونات در فاصله‌های زمانی دو ساعت و هفت

روز پس از تولید، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (مدل XT plus، ساخت کشور انگلستان) ارزیابی شد. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب استوانه‌ای با انتهای صاف (۲ سانتی‌متر قطر در ۲/۳ سانتی‌متر ارتفاع) با سرعت ۳۰ میلی‌متر در دقیقه در نمونه، به‌عنوان شاخص سفتی^۴ محاسبه گردید.

۵-۲-۲-۲- اندازه گیری عدد پراکسید

جهت اندازه‌گیری عدد پراکسید روغن استخراج شده از نمونه‌های دونات تولیدی از استاندارد ملی ایران به شماره ۳۷ استفاده شد [۱۱] و محاسبه عدد پراکسید روغن استخراج شده بر اساس رابطه ۱ انجام گردید:

که در این رابطه V میزان حجم هیپوسولفیت سدیم (برحسب میلی لیتر)، N نرمالیه محلول هیپوسولفیت سدیم و W وزن چربی بر حسب گرم و P عدد پراکسید بر حسب میلی اکی والان اکسیژن در کیلوگرم چربی است.

۶-۲-۲-۲- ارزیابی خصوصیات حسی

به منظور ارزیابی ویژگی‌های حسی مانند فرم و شکل، پوکی و تخلخل، سفتی و نرمی بافت و بو، طعم و مزه که به ترتیب دارای ضریب رتبه ۴، ۲، ۲ و ۳ بودند، از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (۱: بسیار نامطلوب، ۲: نامطلوب و ... ۵: بسیار مطلوب) استفاده شد. هریک از نمونه‌های دونات را ۱۰ داور طی سه بازه زمانی ۲ ساعت، ۳ و ۷ روز پس از پخت ارزیابی کردند. میزان پذیرش کلی نمونه‌های تولیدی با استفاده از رابطه ۲ گزارش گردید.

$$Q = \frac{\Sigma(P \times G)}{\Sigma P} \quad \text{رابطه ۲:}$$

که در آن: Q = پذیرش کلی، P = ضریب رتبه صفات و G = ضریب ارزیابی صفات است.

۳-۲-۳- طرح آماری و روش آنالیز نتایج

نتایج بدست آمده از این پژوهش با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین منظور از یک طرح کاملاً تصادفی استفاده گردید. نمونه‌ها در سه تکرار تهیه شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی داری ۵ درصد ($P < 0.05$) مورد مقایسه قرار گرفتند. در انتها برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی دونات

تخمیری

Table 1. The effect of edible cellulose films on physicochemical and technological properties of fermented doughnut

Glaze	Moisture (%)	Oil (%)	Specific Volume (ml/g)	Porosity (%)
Blank	20.10±0.00 ^c	23.10±0.53 ^a	3.12±0.02 ^b	18.42±0.21 ^c
0.3% CMC	20.73±0.14 ^b	22.72±0.60 ^{ab}	3.51±0.01 ^{ab}	18.92±0.09 ^{bc}
0.5% CMC	21.68±0.47 ^{ab}	22.16±0.48 ^{ab}	3.75±0.03 ^{ab}	19.66±0.10 ^b
0.3% HPMC	21.30±0.05 ^{ab}	22.03±0.48 ^{ab}	3.62±0.00 ^{ab}	19.52±0.32 ^b
0.5% HPMC	22.17±0.12 ^a	21.37±0.48 ^b	4.03±0.02 ^a	21.17±1.08 ^a

(Means with different letters in each column differ significantly in $P < 0.05$)

سلولز و هیدروکسی متیل سلولز را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزودن صمغ‌های مذکور رطوبت محصول افزایش می‌یابد. نتایج ایشان نشان داد به ترتیب صمغ هیدروکسی متیل سلولز نسبت به کربوکسی متیل سلولز از قابلیت بیشتری در حفظ و نگهداری رطوبت محصول برخوردار می‌باشد [۱۴]. زلفقاری و همکاران (۲۰۱۳) نیز تغییرات کیفی دونات تحت تأثیر پوشش‌دهی با صمغ‌ها و استفاده از فرآیند تخمیر را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند شیب نمودار میزان افت رطوبت نمونه‌های دونات پوشش داده شده با صمغ متیل سلولز نسبت به نمونه‌هایی که فاقد پوشش بودند کمتر و یکنواخت‌تر می‌باشد. ایشان این امر را به قابلیت ایجاد لایه محافظتی صمغ متیل سلولز در ممانعت از خروج رطوبت نسبت دادند [۵]. همچنین

رطوبت یکی از ویژگی‌های کیفی دونات است که بر بیاتی و زمان ماندگاری محصول تأثیر دارد. همان‌گونه که مشاهده گردید، افزودن رو مال حاوی کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز باعث افزایش میزان رطوبت دونات شد. در این راستا ونگ و همکاران (۲۰۲۳) بیان داشتند ترکیباتی همانند هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و متیل سلولز در طی فرآیندهای حرارتی ژلاتینه شده و یک لایه محافظتی تشکیل می‌دهند. لایه مذکور طی فرآیند سرخ کردن از خروج رطوبت محصول به بیرون و ورود روغن به داخل آن ممانعت می‌نماید [۱۳]. از طرفی سی‌ریونگ ویلاچیت و کونگ پنچتراکول (۲۰۲۱) بهبود کیفیت دونات بدون گلوتن با استفاده از سه صمغ گزانتان، کربوکسی متیل

مقصود و همکاران (۲۰۲۴) اثر افزودن کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز روی خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی پن کیک بدون گلوتن را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزودن صمغ‌های مذکور میزان رطوبت محصول افزایش یافت. ایشان علت این موضوع را به قابلیت صمغ‌های مورد استفاده در نگهداری رطوبت در محصول مرتبط دانستند و همچنین عنوان داشتند صمغ هیدروکسی متیل سلولز نسبت به کربوکسی متیل سلولز از قابلیت بیشتری در نگهداری رطوبت برخوردار می‌باشد [۱۵].

۲-۱-۳- روغن

در جدول ۱ اثر استفاده از رومال‌های تهیه شده با دو هیدروکلونید کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز بر میزان روغن نمونه‌های تولیدی در مقایسه با نمونه فاقد رومال نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود نمونه حاوی ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز از کمترین و نمونه شاهد از بیشترین میزان روغن برخوردار بود ($P < 0/05$). با توجه به استاندارد ملی ایران به شماره ۱۶۹۸۰ بیشینه میزان روغن در دونات ۲۵ درصد می‌باشد که با بررسی نتایج مشخص است که تمامی نمونه‌ها در محدوده مجاز از نظر میزان روغن قرار دارند [۱۲].

طی فرآیند سرخ کردن در اثر تبخیر رطوبت موجود از محصول خارج شده و مولکول‌های روغن جایگزین مولکول‌های آب می‌شود و به همین دلیل با کاهش رطوبت میزان روغن جذب شده افزایش می‌یابد [۱۶ و ۱۷]. از طرفی انانی‌اویری و همکاران (۲۰۱۸) در این خصوص بیان داشتند پوشش‌دهی قبل از فرآیند سرخ کردن باعث ایجاد یک لایه شده و لایه مذکور به عنوان یک مانع بین غذا و روغن سرخ‌کردنی قرار گرفته و سبب کاهش اندازه و میزان حفرات سطح غذا می‌گردد. بنابراین پوشش‌دهی از این طریق باعث کاهش حذف رطوبت و همچنین کاهش جذب روغن طی فرآیند سرخ کردن می‌شود. با توجه به نتایج بخش ارزیابی میزان رطوبت دونات، به نظر می‌رسد

هیدروکسی پروپیل متیل سلولز نسبت به کربوکسی متیل سلولز به دلیل اینکه تأثیر بیشتری در افزایش میزان رطوبت دونات داشت، از توانایی بیشتری نیز در کاهش میزان جذب روغن توسط محصول در حین فرآیند سرخ کردن برخوردار می‌باشد [۱۶]. در این راستا ونگ و همکاران (۲۰۲۳) بیان داشتند ترکیباتی همانند هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و متیل سلولز در طی فرآیندهای حرارتی ژلاتینه شده و یک لایه محافظتی تشکیل می‌دهند. لایه مذکور طی فرآیند سرخ کردن از خروج رطوبت محصول به بیرون و ورود روغن به داخل آن ممانعت می‌نماید [۱۳]. زلفقاری و همکاران (۲۰۱۳) نیز تغییرات کیفی دونات تحت تأثیر پوشش‌دهی با صمغ‌ها و استفاده از فرآیند تخمیر را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند میزان جذب روغن نمونه‌های دونات پوشش داده شده با صمغ متیل سلولز نسبت به نمونه‌هایی که فاقد پوشش بودند کمتر می‌باشد. ایشان این امر را به قابلیت ایجاد لایه محافظتی صمغ متیل سلولز در ممانعت از ورود روغن به داخل دونات نسبت دادند [۵]. همچنین صباغی (۱۴۰۰) کاربرد ترکیبات هیدروکلونیدی (زانتان و کربوکسی متیل سلولز) در فرمولاسیون دونات با هدف کاهش جذب روغن را مورد بررسی قرار داده و بیان داشت با افزایش میزان صمغ‌های مذکور در فرمولاسیون دونات روغن جذب شده توسط محصول کاهش یافت. ایشان این امر را به کاهش میزان افت رطوبت محصول مرتبط دانست [۱۸].

۲-۱-۳- حجم مخصوص و تخلخل

در جدول ۱ تأثیر بکارگیری رومال‌های تهیه شده با دو هیدروکلونید کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز بر میزان حجم مخصوص و تخلخل نمونه‌های تولیدی در مقایسه با نمونه فاقد رومال نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود نمونه حاوی ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز از بیشترین و نمونه شاهد از کمترین میزان حجم مخصوص و تخلخل برخوردار بود ($P < 0/05$).

افزایش حجم در محصولات صنایع پخت تحت تأثیر چند عامل می‌باشد. میزان حباب‌های هوای موجود در خمیر (چه

همکاران (۱۳۹۶) تأثیر صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولز بر خواص کیفی نان باگت بدون گلوتن بر پایه مخلوط مساوی آرد ذرت و آرد سیبزمینی را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزایش میزان صمغ هیدروکسی پروپیل متیل سلولز در فرمولاسیون محصول میزان حجم مخصوص محصول افزایش یافت. ایشان دلیل افزایش حجم را به خاصیت هیدروفیلی صمغ مصرفی مرتبط دانسته که این امر در بهبود گسترش خمیر و نگهداری گاز دی‌اکسید کربن مؤثر بوده است [۲۲].

میزان تخلخل در بافت نیز در ارتباط مستقیم با تعداد سلول‌های گازی و مهم‌تر از آن توزیع یکنواخت آن‌ها در بافت محصول می‌باشد [۲۳]. با عنایت به بررسی بخش ارزیابی بافت و حجم مخصوص دونات قابل انتظار بود که تخلخل محصول با افزودن ترکیبات فوق‌الاشاره تغییری معنی‌دار پیدا می‌کند، چرا که میزان تخلخل محصول در ارتباط با بافت [۲۴ و ۲۵] و حجم مخصوص آن می‌باشد. از طرفی گازموری و بوچون (۲۰۰۹) بیان داشتند اثر بخشی فرآیند پوشش‌دهی با ویژگی‌های ساختاری پوشش‌ها و کاهش تخلخل پوسته محصول طی زمان سرخ کردن توصیف می‌گردد [۲۶]. در این راستا مقصود و همکاران (۲۰۲۴) نیز اثر افزودن کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز روی خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی پن‌کیک بدون گلوتن را مورد بررسی قرار داده و نتایج ایشان نشان داد با افزایش میزان صمغ‌های مذکور میزان تخلخل محصول افزایش می‌یابد [۱۵]. همچنین صباغی (۱۴۰۰) کاربرد ترکیبات هیدروکلئیدی (گزانتان و کربوکسی متیل سلولز) در فرمولاسیون دونات با هدف کاهش جذب روغن را مورد بررسی قرار داده و بیان داشت با افزودن صمغ کربوکسی متیل سلولز از تخلخل محصول افزایش یافت [۱۸].

۳-۱-۳- رنگ پوسته

همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود نمونه حاوی ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز از بیشترین و نمونه

به صورت فیزیکی و چه به صورت شیمیایی و یا بیولوژیکی)، انبساط این سلول‌های هوا در طی فرآیند پخت و یا تبخیر آب موجود در خمیر در اثر افزایش دما از این عوامل محسوب می‌گردد [۱۹]. در فرمولاسیون دونات، روغن یکی از عوامل نگهدارنده حباب‌های هوای ورودی به خمیر در طی فرآیند بهم زدن می‌باشد. در واقع روغن با ایجاد یک لایه محافظتی در اطراف حباب‌های هوای ورودی در حفظ آن‌ها در خمیر و حتی ممانعت از پاره شدن بر اثر انبساط در حین فرآیند پخت مؤثر است [۲۰]. همانگونه که نتایج نشان داد، افزودن هیدروکسی پروپیل متیل سلولز نسبت به کربوکسی متیل سلولز تأثیر بیشتری در افزایش میزان حجم مخصوص دونات داشت. به نظر می‌رسد با استفاده از رومال حاوی صمغ‌های مذکور پوسته محصول به دلیل داشتن رطوبت بالاتر، قابلیت ارتجاعی بیشتری پیدا می‌کند. این امر طی فرآیند سرخ کردن اجازه انبساط بیشتر به حباب‌های هوا داده و در نتیجه حجم محصول افزایش می‌یابد. در این خصوص کورک و همکاران (۲۰۲۱) بیان داشتند پوشش‌دهی محصولات در طی سرخ کردن عمیق باعث اصلاح شدن تخلخل و جذب آب سطح محصول شده و میزان نفوذ روغن به داخل محصول را کاهش می‌دهد [۲۱]. در همین راستا مقصود و همکاران (۲۰۲۴) نیز اثر افزودن کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز روی خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی پن‌کیک بدون گلوتن را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزایش میزان صمغ‌های مذکور میزان حجم مخصوص محصول افزایش یافت [۱۵]. از طرفی سیریونگ ویلاپت و کونگ پنچتراکول (۲۰۲۱) بهبود کیفیت دونات بدون گلوتن با استفاده از سه صمغ گزانتان، کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی متیل سلولز را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزودن صمغ‌های مذکور حجم مخصوص محصول افزایش می‌یابد. نتایج ایشان نشان داد به ترتیب صمغ هیدروکسی متیل سلولز نسبت به کربوکسی متیل سلولز از قابلیت بیشتری در حفظ و نگهداری گاز در محصول برخوردار می‌باشد [۱۴]. از سوی دیگر موحد و

شاهد از کمترین میزان مؤلفه روشنایی پوسته (L^*)

برخوردار بود ($P < 0.05$).

Table 2. The effect of edible cellulose films on crust color values of fermented doughnut

Glaze treatments	Crust color values (-)		
	L^*	a^*	b^*
Blank	44.73±1.33 ^d	15.02±0.07 ^a	21.44±0.07 ^a
0.3% CMC	46.00±1.72 ^c	13.91±0.04 ^{ab}	20.51±0.11 ^{ab}
0.5% CMC	49.06±2.05 ^b	12.23±0.11 ^{bc}	18.32±0.06 ^{bc}
0.3% HPMC	48.23±1.02 ^b	13.10±0.14 ^b	18.90±0.21 ^b
0.5% HPMC	53.16±0.36 ^a	11.42±0.22 ^c	16.63±0.14 ^c

(Means with different letters in each column differ significantly in $P < 0.05$)

دا شتند با افزودن ۱ در صد صمغ هیدروکسی متیل سلولز بیشترین میزان مؤلفه L^* به دست آمد [۱۵]. همچنین ناطقی و رضایی (۱۴۰۰) نیز تأثیر صمغ گزانتان و کربوکسی متیل سلولز روی خواص فیزیکوشیمیایی و حسی نان باگت را مورد بررسی قرار داده و بیان دا شتند نمونه حاوی ۰/۷۵ در صد صمغ کربوکسی متیل سلولز و ۰/۷۵ در صد صمغ گزانتان دارای بیشترین میزان مؤلفه L^* بود. ایشان در این خصوص اظهار داشتند این دسته از افزودنی‌ها با حفظ رطوبت و ممانعت از خروج آب در حین فرآیند پخت سبب کاهش تغییرات سطح پوسته محصول نهایی می‌شوند که این امر می‌تواند در افزایش این مؤلفه رنگی مؤثر باشد [۲۸]. از سوی دیگر با بررسی نتایج مشاهده گردید که نمونه حاوی ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز از کمترین و نمونه شاهد از بیشترین میزان مؤلفه‌های a^* (قرمزی) و b^* (زردی) برخوردار بودند ($P < 0.05$). همان‌طور که در بخش ارزیابی میزان مؤلفه L^* دونات تخمیری بیان شد به نظر می‌رسد افزودن ترکیبات مذکور با ممانعت از ورود روغن به داخل محصول باعث کاهش شدت واکنش میلارد شده و در نتیجه رنگ پوسته محصول روشن‌تر می‌گردد. همچنین در این خصوص ال‌اسمار و همکاران (۲۰۱۸) بیان داشتند فرآیند پوشش‌دهی محصولات توانایی نگهداری رطوبت را افزایش داده و به دنبال آن شدت واکنش میلارد را کاهش می‌دهند [۲۹]. در این راستا محققان بیان داشتند در غذاهای پوشش‌دهی شده و سرخ‌شده همانند خمیر کیک سرخ‌شده چینی و دونات پوشش‌دهی با متیل سلولز به دلیل کاهش شدت واکنش میلارد از میزان

در فرآیند سرخ کردن عمیق طی دماهای بالاتر از ۱۵۰ درجه سلسیوس انجام واکنش میلارد را تسهیل می‌شود [۲۷]. واکنش مذکور از یک سو باعث توسعه رنگ و طعم غذا طی فرآیند حرارتی می‌شود و از سویی دیگر یک مکانیسم ضروری در تشکیل اکریل آمید و آمین‌های هتروسیلیک می‌باشد [۱۳]. در خصوص افزایش میزان مؤلفه L^* پوسته محصول هنگام استفاده از رومال حاوی هیدروکسی پروپیل متیل سلولز به نظر می‌رسد از استفاده از ترکیب مذکور باعث خروج آهسته‌تر رطوبت از سطح دونات طی فرآیند سرخ کردن شده و در نتیجه محصول دارای سطحی یکنواخت‌تر می‌باشد که این امر منجر به روشنایی سطح آن نسبت به محصول فاقد رومال گردید. همچنین این احتمال وجود دارد ترکیب مذکور با ممانعت از ورود روغن به داخل محصول باعث کاهش شدت واکنش میلارد شده و در نتیجه رنگ پوسته محصول روشن‌تر می‌گردد. ونگ و همکاران (۲۰۲۳) در این خصوص بیان داشتند به نظر می‌رسد کاربرد پوشش‌های خوراکی بر پایه سلولز یا کیتوزان روی پارامترهای رنگ محصولات هنگام سرخ کردن عمیق تأثیرگذار می‌باشند. مثلاً در خصوص کیتوزان گروه‌های آمینی این ترکیب سبب ممانعت از واکنش میلارد شده و بنابراین باعث ایجاد رنگ قهوه‌ای روشن‌تر سطح محصول می‌شوند [۱۳]. همچنین مقصود و همکاران (۲۰۲۴) اثر افزودن کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز روی خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی پن کیک بدون گلوتن را مورد بررسی قرار داده و بیان

متیل سلولوز بر میزان عدد پراکسید نمونه‌های تولیدی در مقایسه با نمونه فاقد رومال نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود نمونه حاوی ۰/۵ در صد هیدروکسی پروپیل متیل سلولوز از کمترین و نمونه شاهد از بیشترین میزان عدد پراکسید برخوردار بود. باید توجه نمود که براساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱۶۹۸۰ میزان پراکسید برای روغن استخراجی از دونات حداکثر ۳ میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم می‌باشد که با توجه به نتایج میزان پراکسید تمامی نمونه‌های دونات تخمیری تولیدی در محدوده مجاز استاندارد قرار دارد [۱۲].

مؤلفه a^* (قرمزی) و مؤلفه b^* کاسته می‌شود [۳۰ و ۵]. مقصود و همکاران (۲۰۲۴) نیز اثر افزودن کربوکسی متیل سلولوز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولوز روی خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی پن‌کیک بدون گلوتن را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزودن صمغ‌های مذکور (در سطوح ۰/۵ در صد کربوکسی متیل سلولوز و ۱ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولوز) میزان مؤلفه‌های a^* و b^* محصول کاهش یافت [۱۵].

۴-۱-۳- عدد پراکسید

در شکل ۱ تأثیر بکارگیری رومال‌های تهیه شده با دو هیدروکلئید کربوکسی متیل سلولوز و هیدروکسی پروپیل

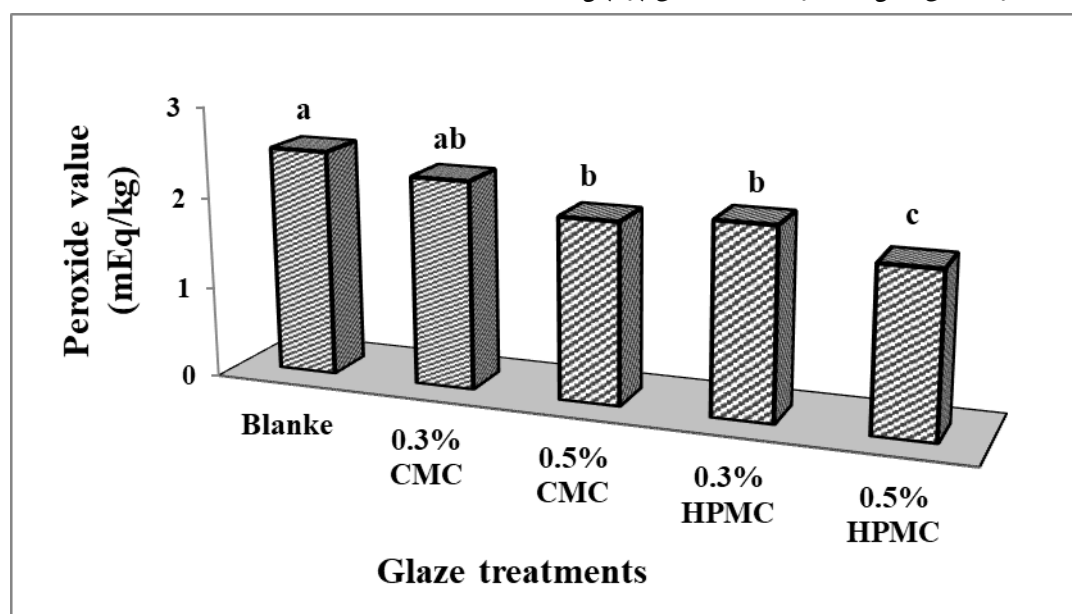


Fig 1. The effect of edible cellulose films on peroxide value of fermented doughnut (Means with different letters differ significantly in $P < 0.05$)

جذب شده باشد میزان عدد پراکسید کمتر باشد. در این راستا به نظر می‌رسد در نمونه حاوی هیدروکسی پروپیل متیل سلولوز به دلیل اینکه روغن جذب شده توسط محصول کمتر می‌باشد و از طرفی با توجه به وجود رطوبت بالاتر محصول احتمالاً دمای مغز محصول دیرتر افزایش می‌یابد که این عوامل مانع از افزایش میزان عدد پراکسید می‌شوند. در این راستا صبغی (۱۴۰۰) کاربرد گزانتان و کربوکسی متیل سلولوز در فرمولاسیون دونات با هدف کاهش جذب روغن را مورد بررسی قرار داده و بیان داشت وجود درصد

اندیس پراکسید بالاتر از ۶ میلی‌اکی‌والان بر کیلوگرم در محصول، نشان دهنده رانسید شدن محصول و غیرقابل مصرف بودن آن است [۳۱]. بنابراین پرواضح است که کنترل و کاهش این پارامتر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. از عوامل افزایش اندیس پراکسید می‌توان به حرارت، غیراشباع بودن، آلودگی ماده چرب با ماده چرب تندشده، هوا اشاره نمود. لذا با توجه به نتایج بخش‌های ارزیابی رطوبت و میزان روغن جذب‌شده در دونات این انتظار وجود داشت در هر نمونه‌ای که میزان روغن کمتری

همکاران (۲۰۲۲) نیز اثر هیدروکسی پروپیل متیل سلولز مشتق شده از میوه پالم روغنی روی میزان جذب روغن و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی سیب زمینی سرخ کرده را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند صمغ‌ها با ایجاد یک لایه ژلی مانع از انتقال آب و روغن طی فرآیند سرخ کردن می‌شوند [۳۳].

۵-۱-۳- سفتی بافت

در شکل ۲ تأثیر بکارگیری افزودن رومال تهیه شده با دو هیدروکلئید کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز در سطوح صفر، ۰/۳ و ۰/۵ درصد بر میزان سفتی محصول نهایی طی دو بازه زمانی دو ساعت و هفت روز پس از پخت دونات تخمیری در مقایسه با نمونه شاهد (فاقد رومال) ملاحظه می‌گردد. همانگونه که مشاهده می‌شود نمونه حاوی ۰/۵ در صد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز از کمترین و نمونه شاهد از بیشترین میزان سفتی بافت در هر دو بازه زمانی مورد بررسی برخوردار بود ($P < 0.05$).

بالای روغن در محصول به دلیل انجام فرآیندهایی چون برگشت طعم و اکسیداسیون، موجب بد طعمی محصول و کاهش مطلوبیت برای مصرف‌کنندگان می‌شود [۱۸]. بنابراین تلاش در جهت کاستن از مقدار چربی موجود در غذاهای سرخ کردنی نسبت به سایر خواص کیفی اهمیت زیادی دارد. به طور کلی پژوهشگران بیان کردند نقش ترکیبات هیدروکلئیدی در مواد غذایی سرخ کردنی علاوه بر کاهش جذب روغن شامل حفظ شکل و پایداری محصول طی فرآیند، کاهش افت مواد جامد از سطح محصول در طی سرخ کردن و بهبود خصوصیات ارگانولپتیکی محصول می‌باشد. همچنین پارامسیوم و همکاران (۲۰۲۲) تأثیر صمغ‌ها روی ساختار، بافت و ویژگی‌های چپس کم روغن موز را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزودن کربوکسی متیل سلولز در فرمولاسیون محصول میزان عدد پراکسید محصول کاهش یافت. این محققین در خصوص کاهش میزان عدد پراکسید با افزودن هیدروکلئیدها عنوان داشتند ترکیبات مذکور از قابلیت ممانعت‌کنندگی در برابر اکسیژن برخوردار بوده و بنابراین باعث کاهش میزان این پارامتر می‌شوند [۳۲]. نگاتیرا و

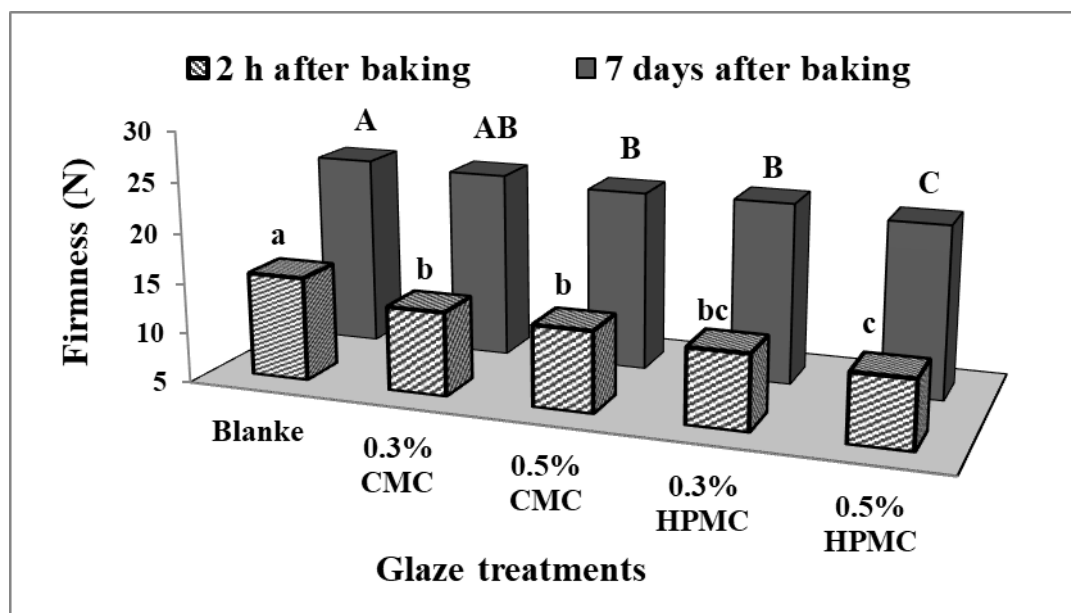


Fig 2. The effect of edible cellulose films on firmness of fermented doughnut during storage (Means with different letters differ significantly in $P < 0.05$)

وقوع پدیده بیاتی در فرآورده‌های نانوائی مانند نان و دونات تخمیری در ارتباط با میزان رطوبت و عملکرد میزان آب موجود در مغز این محصولات می‌باشد. به‌طوری که وجود رابطه عکس بین محتوای رطوبتی نان و میزان بیاتی آن به اثبات رسیده است. در واقع آب می‌تواند با ایفای نقش پلاستیسایزری در کاهش سفتی مغز محصول مؤثر باشد. افزون بر این، با توجه به این که افزایش میزان آب در دسترس نشاسته، افزایش احتمال کریستالیزاسیون آن را به همراه دارد، لذا تمایل قابل توجه ترکیبات جاذب‌الرطوبه به جذب آب و قابلیت بالای آن‌ها در نگهداری آب باعث می‌گردد که آب کمتری در دسترس نشاسته قرار گیرد و در نتیجه نشاسته کمتری متورم، ژلاتینه و در طی زمان نگهداری مجدداً کریستاله گردد که این فرآیند در نهایت کاهش سفتی و به تأخیر افتادن بیاتی محصول را به دنبال دارد [۳۴]. در تحقیق حاضر با توجه به بخش ارزیابی رطوبت دونات تخمیری، محرز بود افزودن هیدروکسی پروپیل متیل سلولز بیشترین تأثیر را بر کاهش میزان سفتی بافت محصول نهایی دارد. در این راستا نان و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر پوشش‌دهی خمیر کیک با کمک متیل سلولز بر روی سفتی بافت طی فرآیند سرخ شدن را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند که دلیل افزایش میزان رطوبت محصول، سفتی بافت نیز کاهش یافت [۳۰]. همچنین مقصود و همکاران (۲۰۲۴) اثر افزودن کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز روی خواص فیزیکوشیمیایی، بافتی و حسی پن‌کیک بدون گلوتن را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند که افزودن صمغ‌های مذکور میزان سفتی بافت محصول کاهش یافت. ایشان علت این موضوع را به قابلیت صمغ‌های مورد استفاده در نگهداری رطوبت در محصول مرتبط دانستند که عنوان داشتند که دنبال سطح بالای رطوبت رتروگرا داسیون نشاسته

و بیاتی نیز به تعویق می‌افتد [۱۵]. همچنین لیو و همکاران (۲۰۱۸) بیان داشتند صمغ گزانتان و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز یک نوع اثر نرم‌کنندگی در نان بخارپز بدون گلوتن دارند [۳۴]. صحرائیان و همکاران (۲۰۲۰) نیز از رومال‌های سنتی در مقایسه با رومال حاوی صمغ شاهی جهت بهبود ویژگی‌های نان بدون گلوتن استفاده کردند. نتایج این محققان حاکی از آن بود که نمونه‌های تیمار شده با رومال آب و صمغ شاهی دارای کمترین میزان بیاتی و سفتی بافت بودند [۳۵]. ناطقی و رضایی (۱۴۰۰) نیز تأثیر صمغ گزانتان و کربوکسی متیل سلولز روی خواص فیزیکوشیمیایی و حسی نان باگت را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند اثر صمغ کربوکسی متیل سلولز در کاهش میزان سفتی بافت به مراتب بیشتر از صمغ گزانتان بود. ایشان در این خصوص اظهار داشتند علت کاهش سفتی در نان، تأثیر هیدروکلوئیدها از طریق تأثیر بر ساختار نشاسته می‌باشد، بدین صورت که هیدروکلوئیدها باعث تغییر در ساختار نشاسته می‌شوند که در اثر آن پخش و نگهداری آب در نشاسته و مقاومت بافت نان کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر علت کاهش سفتی در نان حاوی هیدروکلوئیدها را تشکیل کمپلکس بین هیدروکلوئید با پروتئین گلوتن، ناشی از واکنش بین گروه‌های عملگرا موجود در ساختار هیدروکلوئیدها با گروه آمینی موجود در ساختار گلوتن دانستند که به واسطه کمپلکس تشکیل شده، قوام و پایداری خمیر افزایش می‌یابد [۲۸].

۳-۱-۶- خصوصیات حسی

همانگونه که نتایج نشان می‌دهد (شکل ۳) نمونه حاوی رومال ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز از بیشترین و نمونه شاهد از کمترین میزان امتیاز پذیرش کلی در هر سه بازه زمانی یک، سه و هفت روز پس از تولید برخوردار بود ($P < 0/05$).

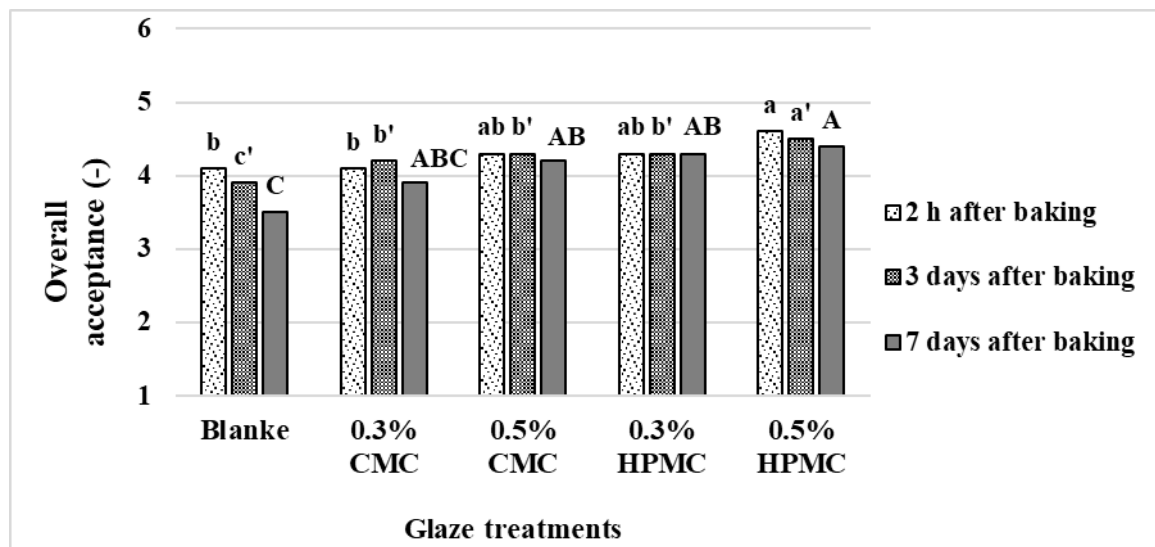


Fig 3. The effect of edible cellulose films on overall acceptance of fermented doughnut during storage (Means with different letters differ significantly in $P < 0.05$)

از طرفی سیریونگ ویلاچت و کونگ پنیچتراکول (۲۰۲۱) بهبود کیفیت دونات بدون گلوتن با استفاده از سه صمغ گزانتان، کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی متیل سلولز را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزودن صمغ‌های مذکور میزان امتیاز پذیرش کلی محصول افزایش یافت [۱۴]. همچنین صحرائیان و همکاران (۲۰۲۰) نیز از رومال‌های سنتی در مقایسه با رومال حاوی صمغ شاهی جهت بهبود ویژگی‌های نان بدون گلوتن استفاده کردند. نتایج این محققان حاکی از آن بود که نمونه‌های تیمار شده با رومال صمغ شاهی دارای بیشترین میزان امتیاز پذیرش کلی بودند [۳۵].

۴- نتیجه‌گیری

استفاده از رومال‌ها در محصولات صنایع آردی و تخمیری یکی از آسان‌ترین روش‌ها در افزایش ماندگاری و کاهش میزان جذب روغن در محصولات سرخ شده نظیر دونات تخمیری می‌باشد. در پژوهش حاضر با بررسی تأثیر استفاده از رومال تهیه شده با دو هیدروکلوئید کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز در سطوح صفر، ۰/۳ و ۰/۵ مشخص گردید استفاده از رومال ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز سبب افزایش میزان رطوبت، حجم مخصوص، تخلخل، رو شنایی پو سته (مؤلفه L^*) و

به طور کلی پژوهشگران بیان کردند نقش ترکیبات هیدروکلوئیدی در مواد غذایی سرخ کردنی علاوه بر کاهش جذب روغن شامل حفظ شکل و پایداری محصول طی فرآیند، کاهش افت مواد جامد از سطح محصول در طی سرخ کردن و بهبود خصوصیات ارگانولپتیکی محصول می‌باشد. حفظ مواد فراری که برای عطر و طعم ماده غذایی مناسب می‌باشند و هم چنین بهبود ویژگی ساختاری پس از فرآیند و جلوگیری از شکنندگی و آسیب‌های فیزیکی در زمان نگهداری و حمل و نقل ماده غذایی از دیگر اهداف استفاده از این ترکیبات می‌باشد [۱۸]. همانگونه که مشاهده می‌شود نمونه حاوی رومال ۰/۵ درصد هیدروکسی پروپیل متیل سلولز از بیشترین و نمونه شاهد از کمترین امتیاز پذیرش کلی در هر سه بازه زمانی یک، سه و هفت روز پس از تولید برخوردار بود ($P < 0.05$)، که البته با توجه بررسی سایر پارامترهای حسی مورد ارزیابی این امر مورد انتظار بود. در همین راستا مقصود و همکاران (۲۰۲۴) اثر افزودن کربوکسی متیل سلولز و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز روی خواص فیزیکو شیمیایی، بافتی و حسی پن‌کیک بدون گلوتن را مورد بررسی قرار داده و بیان داشتند با افزایش میزان هیدروکسی پروپیل متیل سلولز و کربوکسی متیل سلولز میزان امتیاز پذیرش کلی محصول افزایش یافت [۱۵].

بنابراین با یک راهکار ساده می‌توان سرعت بیاتی را در این محصول کاهش داد و از ضایعات آن جلوگیری نمود.

مقبولیت حسی و کاهش میزان جذب روغن، قرمزی (مؤلفه a*) و زردی (مؤلفه b*) پوسته دونات، سفتی بافت و همچنین عدد پراکسید در مقایسه با نمونه فاقد رومال شد.

۵-منابع

- [1] Salim, R., and Aliistair, P. 2007. Influence of partial substitution of wheat flour with vetch flour on quality characteristics of doughnuts. *LWT- Food Science and Technology*, 40: 73-82.
- [2] Chin, N.L., Abdullah, R., and Yusof, Y.A. 2011. Glazing effects on bread crust and crumb staling during storage. *Journal of Texture Studies*, 42: 459-467.
- [3] Akhtar, M.J., Jacquot, M., Jamshidian, M., Imran, M., Arab -Tehrany, E. and Desobry, S. 2013. Fabrication and physicochemical characterization of HPMC films with commercial plant extract: Influence of light and film composition. *Food Hydrocolloids*, 31: 420 - 427.
- [4] Avaz Khajeh, H., and Jorjani, S. 2016. Effect of adding hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) in breaded shrimp on oil uptake and sensory characteristics during deep oil frying. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*, 9(4): 75 -82 [in Persian].
- [5] Zolfaghari, Z.S., Mohebbi, M., and Haddad Khodaparast, M.H. 2013. Quality changes of donuts as influenced by leavening agent and hydrocolloid coatings. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37(1): 34-45.
- [5] Entezari, B., Karzhan, H., and Sharifi, A. 2016. Studying the effect of Chobak extract on antioxidant properties and shelf life of doughnut. *Journal of Innovation and Technology in Food Science and Industry*, 1(9): 27-40 [in Persian].
- [7] Dehghan Tanha, L., Karimi, M. and Salehifar, M. 2013. The effect of emulsions and lipase on the qualitative properties of frozen doughnut. *Journal of Innovation and Technology in Food Science and Technology*, 5(3): 105-115 [in Persian].
- [8] AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 10th Ed., Vol. 2. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.
- [9] Haralick, R.M., Shanmugam, K., and Dinstein, I. 1973. Textural features for image classification. *IEEE Transactions of ASAE*, 45(6): 1995-2005.
- [10] Sun, D. 2008. Computer vision technology for food quality evaluation. Academic Press, New York.
- [11] Anonymous. 2019. Biscuit- Specifications and test methods. Iranian National Standardization Organization, No 37 [in Persian].
- [12] Anonymous. 2013. Doughnut-Specifications and test methods. Iranian National Standardization Organization, No 16980 [in Persian].
- [13] Wang, Z., Ng, K., Warner, R.H., Stockmann, R., and Fang, Z. 2023. Application of cellulose- and chitosan-based edible coatings for quality and safety of deep-fried foods. *Food Science and Food Safety*, 22:1418-1437.
- [14] Siri Wongwilaichat, P., and Kongpanichtrakul, C. 2021. Quality improvement of gluten-free doughnut by using hydrocolloids, *Science, Engineering and Health Studies*, 15, 21030005.
- [15] Maghsoud, M., Heshmati, A., Taheri, M., Ema mifar, A., and Esfarjani, F. 2024. The influence of carboxymethyl cellulose and hydroxypropyl methylcellulose on physicochemical, texture, and sensory characteristics of gluten-free pancake. *Food Science and Nutrition*, 12: 1304-1317.
- [16] Ananey-Obiri, D., Matthews, L., Azahrani, M.H., Ibrahim, S.A., Galanakis, C.M., and Tahergorabi, R. 2018. Application of protein based edible coatings for fat uptake reduction in deep-fat fried foods with an emphasis on muscle food proteins. *Trends in Food Science and Technology*, 80: 167-174.
- [17] Liberty, J.T., Dehghannya, J., and Ngadi, M.O. 2019. Effective strategies for reduction of oil content in deep-fat fried foods: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 92: 172-183.
- [18] Sabbaghi, H. 2021. Application of hydrocolloid compounds (xanthan and carboxymethylcellulose) in doughnut formulation for reducing oil uptake. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 17(5): 919-939 [in Persian].

- [19] Sahraian, B., Naghipour, F., Karimi, M., and Ghiafe Davoodi, M. 2013. Evaluation of *Lepidium sativum* seed and guar gum to improve dough rheology and quality parameters in composite rice-wheat bread. *Food Hydrocolloids*, 30: 698-703.
- [20] Ribotta, P.D., Ausar, S.F., Morcillo, M.H., Perez, G. T., Beltramo, D.M., and Leon, A.E. 2004. Production of gluten free bread using soybean flour. *Journal of Science Food Agriculture*, 84: 1969-1974.
- [21] Kurek, M., Repajić, M., Marić, M., Ščetar, M., Trojić, P., Levaj, B., & Galić, K. 2021. The influence of edible coatings and natural antioxidants on fresh-cut potato quality, stability and oil uptake after deep fat frying. *Journal of Food Science and Technology*, 58(8), 3073–3085.
- [22] Movahhed, S., Kakaei, E., and Ahmadi Chenarbon, A. 2017. Effect of hydroxy propyl methyl cellulose gum on qualitative properties of free gluten baguette bread contain equal proportion of corn flour and potato flour. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 13(4): 575-583 [in Persian].
- [23] Ziobro, R., Korus, J., Witczak, M., and Juszczak, L. 2012. Influence of modified starches on properties of gluten-free dough and bread. Part II: Quality and staling of gluten-free bread. *Food Hydrocolloids*, 29(1): 68-74.
- [24] Katyal, M., Singh, N., and Singh, H. 2019. Effects of incorporation of groundnut oil and hydrogenated fat on pasting and dough rheological properties of flours from wheat varieties. *Journal of Food Science and Technology*, 9: 99.
- [25] Mamat, H., and Hill, S.E. 2014. Effect of fat types on the structural and textural properties of dough and semi-sweet biscuit. *Journal of Food Science and Technology*, 51: 1998–2005.
- [26] Gazmuri, A.M., and bouchon, P. 2009. Analysis of wheat gluten and starch matrices during deep-fat frying. *Food Chemistry*, 115: 999–1005.
- [27] Bordin, K., Kunitake, M.T., Aracava, K.K., and Trindade, C.S.F. 2013. Changes in food caused by deep fat frying-a review. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 63: 5–13.
- [28] Nateghi, L., and Rezaei, M. 2021. Effect of xanthan gum and carboxymethyl cellulose gum on physicochemical and sensory properties of Baguette bread. *Journal of Food Science and Technology*, 113(18): 1-17 [in Persian].
- [29] Al-Asmar, A., Naviglio, D., Giosafatto, C.V.L., and Mariniello, L. 2018. Hydrocolloid-based coatings are effective at reducing acrylamide and oil content of French Fries. *Coatings*, 8: 1–13.
- [30] Han, L., He, Y., Wang, S., Cheng, W., Ma, L., Liu, G., Han, D., and Niu, L. 2021. Effects of methyl cellulose-based coating on physiochemical properties and chemical hazards of Chinese fried dough cake during storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(9): 4770–4779.
- [31] Horwitz, W., Senze, A., Reynolds, H., and Park, D.L. 1975. Official methods of analysis of the association of analytical chemists. Washington: Association Official Analytic Chemist.
- [32] Paramasivam, S.K., David, A.K., Somasundaram, M.S., Suthanthiram, B., Shiva, K. N., and Subbaraya, U. 2022. Influence of food hydrocolloids on the structural, textural and chemical characteristics of low-fat banana chips. *Food Science & Technology International*, 28(3):1-15.
- [33] Ngatirah, N., Ruswanto, A., and Sunardi, S. 2022. Effect of Hydroxypropyl methylcellulose from oil palm empty fruit bunch on oil uptake and physical properties of French fries. *Food Science and Technology*, 1-7.
- [34] Vittadini, E., and Vodovotz, Y. 2003. Changes in the physicochemical properties of wheat and soy-containing breads during storage as studied by thermal analyses. *Food Engineering and Physical Properties*, 68: 2022-2027.
- [34] Liu, X., Mu, T., Sun, H., Zhang, M., Chen, J., and Fauconneir, M. 2018. Influence of different hydrocolloids on dough thermo-mechanical properties and in vitro starch digestibility of gluten-free steamed bread based on potato flour. *Food Chemistry*. 239: 1064-1074.
- [35] Sahraian, B., Sheikholeslami, Z. and Karimi, M. 2020. Development of novel edible surface coating made by *Lepidium Sativum* seed gum and comparison of its effect with traditional glazes of sorghum gluten-free bread. *Journal of Research and Innovation in Food Science and Technology*, 8(4): 405-414.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Investigating the Possibility of Increasing the Shelf life of Fermented Doughnut by Edible Cellulose Films

Mehdi Ghiafeh Davoodi¹, Mahdi Karimi¹, Fariba Naghipour², Alireza Rahmanian³

1- Agricultural Engineering Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (AREEO), Mashhad, Iran.

2- Seed and Plant Improvement Institute, Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

3- Razavi Food Industry Company, Razavi Khorasan, Mashhad, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2025/2/2 Accepted: 2025/3/9 Keywords: Fermented doughnut, Snack, Glaze, Oil absorption, Shelf life. DOI: 10.22034/FSCT.22.163.242. *Corresponding Author E- Mehdidavoodi@yahoo.com	The staleness of bakery products is divided into two categories: crust and crumb staleness, which usually occurs due to moisture transfer from the crumb to the crust. The use of glaze in a product such as fermented doughnuts prevent crust staleness by creating a coating film on the product. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effect of using glaze prepared with two hydrocolloids, Carboxymethyl Cellulose (CMC) and Hydroxypropyl Methyl Cellulose (HPMC), at levels of 0, 0.3, and 0.5 % on the characteristics of fermented doughnut. The results showed that the sample containing 0.5 % HPMC had the highest moisture content and the control sample had the lowest. It is important to note that the moisture content of all produced doughnut samples was within the standard allowable range. On the other hand, the lowest and highest oil content were reported in the samples coated with 0.5 % HPMC and the control sample, respectively. By examining the technological properties, it was observed that the use of a 0.5% HPMC increased the specific volume, porosity and brightness of the crust (L^* value) and reduced the redness (a^* value) and yellowness (b^* value) of the doughnut crust, as well as the peroxide value, compared to the sample. By examining the texture and sensory properties during storage, the highest level of softness and sensory acceptance by the consumer was observed in the sample treated with 0.5% HPMC. Therefore, the use of glaze made from cellulose derivatives is recommended as one of the safe and available ingredients to increase the shelf life and improve the technological properties of this widely consumed snack.