

تأثیر پوشش خوراکی کیتوزان و عصاره دارچین بر خواص کیفی و بافتی کیک روغنی صبحانه در دوره نگهداری

شهین زمردی^{۱*} و حمید باباپور^۲

۱- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ارومیه، ایران

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مراغه، مراغه، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۲/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۴/۱۹

چکیده

در این پژوهش، تأثیر پوشش خوراکی کیتوزان (صفر، ۰/۵ و ۱ درصد) همراه با عصاره دارچین (صفر، ۲ و ۴ درصد) بر رطوبت و خصوصیات بافتی، حسی و میکروبی کیک صبحانه روغنی در دوره ۲۱ روز نگهداری در دمای محیط بررسی شده است. نتایج بررسی‌ها نشان داد که در دوره نگهداری، رطوبت نمونه شاهد ۴۲/۷ درصد کاهش، اما رشد قارچ‌ها ۳/۹ سیکل لگاریتمی افزایش پیدا کرده است. در اثر استفاده از پوشش کیتوزان در سطوح ۰/۵ و ۱ درصد، مقدار رطوبت به ترتیب ۱۹/۵ و ۲۵/۴ درصد و فنریت نیز به ترتیب ۱/۵ و ۰/۴ درصد افزایش یافته در حالی که سفتی بافت ۶۳ و ۴۹ درصد و تعداد قارچ‌ها ۱/۵ و ۱/۷ سیکل لگاریتمی کاهش پیدا کرده است ($p < 0/05$). افزایش عصاره دارچین نیز اثر سینرژیستی بر این ویژگی‌ها نشان می‌دهد. با توجه به نتایج ارزیابی حسی، استفاده از پوشش کیتوزان موجب افزایش معنی‌دار امتیاز بافت و طعم کیک نسبت به نمونه شاهد شده است. افزودن عصاره دارچین نیز موجب افزایش امتیاز رنگ مغز کیک نسبت به نمونه شاهد گردیده است. با توجه به نتایج این بررسی، استفاده از ۰/۵ درصد کیتوزان همراه با ۲ درصد عصاره دارچین برای پوشش‌دهی کیک صبحانه اسفنجی بهترین تیمار شناخته شده است.

واژه‌های کلیدی

کیک اسفنجی، ماندگاری، ترکیبات ضد میکروبی، ویژگی‌های حسی

مقدمه

کاراگینان از مهم‌ترین مواد برای تهیه فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی هستند (Liu et al., 2004). در این میان کیتوزان خواصی منحصر به فرد دارد. این ترکیب خاصیت انبساط و کشش‌پذیری بالاتر و تأثیرات ضدویروسی، ضدباکتریایی، ضدکپکی و آنتی‌اکسیدانی دارد. کیتوزان با فرمول $(C_6H_{11}NO_5)_n$ پس از حذف بخش عمده‌ای از گروه‌های استیل کتین حاصل می‌شود. کیتوزان پلی‌ساکاریدی با مقادیری مختلف از گروه‌های آمین آزاد است و می‌تواند با تشکیل پیوندهای هیدروژنی و یونی در واکنش‌ها شرکت

پوشش‌های خوراکی لایه‌ای نازکی از مواد هستند که در برابر انتقال رطوبت، اکسیژن و مواد حل شده در آن ماده غذایی سدی ایجاد می‌کنند و ماده غذایی را از واکنش‌های نامطلوب میکروبی و شیمیایی و نیز از آسیب‌های مکانیکی محافظت می‌کنند. این پوشش‌ها با غوطه‌ور کردن، اسپری کردن و برس زدن محلول سازنده بر سطح مواد غذایی ایجاد می‌شوند. نشاسته و مشتقات آن، سلولز و مشتقات آن، آلژینات، ژلان، لوبیای خرنوب، پکتین، کیتوزان و

عصاره دارچین را روی گلایی تازه برش داده شده بررسی کردند و نشان دادند که این پوشش در جلوگیری از قهوه‌ای شدن و افزایش مدت زمان نگهداری محصول مؤثر است. رودریگز و همکاران (Rodriguez *et al.*, 2008)، از کاغذ پارافینی حاوی اسانس دارچین به عنوان بسته‌بندی فعال در برابر فساد ناشی از ریزوپوس/ستولینفر^۱ یا کپک نان استفاده کردند. نتایج بررسی‌ها نشان داده است که مواد فرار حاصل از اسانس دارچین که وارد فاز گازی اتمسفر بسته‌بندی می‌شوند، نقش ضدقارچی دارند و با افزایش اسانس از ۱ به ۶ درصد، خاصیت ضدقارچی نیز افزایش می‌یابد. جووانوویکا و همکاران (Jovanovica *et al.*, 2016) خواص ضد میکروبی کیتوزان را به تنهایی و در ترکیب با ژلاتین و اسانس آویشن بر رشد لیستریا مونوسیوتوزن^۲ طی ۷ روز نگهداری در تبرجه بررسی کردند و نشان دادند که تمام پوشش‌های تهیه شده از کیتوزان فعالیت ضد میکروبی قوی بر لیستریا مونوسیوتوزن دارند که با افزودن اسانس آویشن این فعالیت ضد میکروبی افزایش می‌یابد. واسیلاتوس و ساوایدیس (Vasi-latos & Savvaidis, 2013) نشان دادند که پوشش کیتوزان همراه با ۰/۲۵ درصد اسانس رزماری بر محدوده‌ای وسیع از گونه‌های لاکتوباسیلوس، سودوموناس، انتروباکتریاسه^۳، کپک‌ها و مخمرها اثر ضد میکروبی قوی دارد. پترو و همکاران (Petrou *et al.*, 2012) نیز گزارش کردند که کاربرد کیتوزان به تنهایی و در ترکیب با اسانس پونه کوهی، عمر مفید فیله مرغ را در بسته‌بندی اصلاح شده به مدت ۱۴ روز افزایش می‌دهد. الزینی و همکاران (El-Zainy *et al.*, 2014) اثر پوشش خوراکی متشکل از متیل سلولز، نشاسته و گلیسیرویل را به عنوان حامل روغن دارچین بر خواص رئولوژیکی، اکسیداسیون چربی و آلودگی میکروبی کیک در دوره نگهداری بررسی کردند. محلول پوششی به هنگام تهیه فرمول کیک یا به عنوان پوشش پس از پخت کیک استفاده شد. نتایج بررسی‌ها

کند (Ravi Kumar, 2001). با افزودن ترکیبات ضد میکروبی طبیعی به پوشش‌های خوراکی می‌توان خواص ضد میکروبی و برخی خواص فیزیکی و شیمیایی مانند خواص مکانیکی، رنگ و جلوگیری از تبخیر آب فیلم‌های کامپوزیتی را به طور قابل توجهی بهبود بخشید (Sánchez-González *et al.*, 2010). در پوشش‌های خوراکی حاوی ترکیبات ضد میکروبی، مواد ضد میکروبی از ماتریکس پلیمری به سطح ماده غذایی آهسته و در زمانی طولانی منتشر می‌شود در نتیجه برای مدت زمانی طولانی غلظت بالایی از ماده ضد میکروبی در سطح فرآورده وجود خواهد داشت. مواد ضد میکروبی با کاستن از سرعت رشد و طولانی کردن فاز تأخیری میکروارگانیسم‌ها یا غیرفعال کردن و نابودی میکروب‌ها، باعث افزایش ماندگاری فرآورده‌های غذایی می‌شوند (Cooksey, 2000). اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهان دارویی به دلیل داشتن ترکیبات ضد میکروبی، از رشد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا جلوگیری می‌کنند و رشد عوامل فساد را در مواد غذایی به تأخیر می‌اندازند؛ این مواد به عنوان افزودنی‌های خوراکی مورد توجه صنعت غذا قرار گرفته‌اند (Olivas & Barbosa-Canovas, 2005). گیاه دارچین با نام علمی *Cinnamomum zeylanicum*، بومی سریلانکا است. اسانس دارچین را برخی محققان منبعی مناسب از ترکیبات ضدقارچی و ضدباکتریایی می‌شناسند که می‌توانند از رشد میکروارگانیسم‌های اصلی فاسد کننده غذاهای با رطوبت متوسط جلوگیری کند (Gurib-Fakim, 2006). لطفی نیا و همکاران (Lotfinia *et al.*, 2014) برای جلوگیری از رشد کپک و بهبود ماندگاری نان بسته‌بندی شده از فوم نشاسته حاوی اسانس روغنی دارچین استفاده کردند و نشان دادند که با افزایش غلظت اسانس دارچین خاصیت ضد میکروبی و با جلوگیری از رشد کپک‌ها، مدت زمان نگهداری نان افزایش یافته است. شارما و رائو (Sharma & Rao, 2014) پوشش‌های خوراکی بر پایه زانتان و حاوی

1- *Rhizopus stolonifer*2- *Listeria monocytogenes*

وانیل، پودر قنادی^۱ (سبزان از شهر صنعتی صفادشت، تهران)، شیر خشک بدون چربی (از شرکت راماک، ایران)، روغن مایع لادن (از شرکت بهشهر، تهران)، تخم مرغ از فروشگاه‌های سطح شهر تبریز تهیه شده. شربت انورت از شرکت آریین گلوکز، امولژل ۳۰۴ گلدن (امولسیفایر هیدراته از شرکت فرآورده‌های غذایی آذرنوش شکوفه، تهران)، عصاره الکلی دارچین از شرکت آدونیس گل دارو تهیه شده. کیتوزان با وزن مولکولی متوسط ساخت شرکت سیگما-آلدریچ و مواد شیمیایی ساخت کارخانه مرک آلمان بود.

تهیه محلول کیتوزان

محلول‌های ۰/۵ و ۱ درصد کیتوزان، به ترتیب با حل کردن ۵ و ۱۰ گرم پودر کیتوزان در اسید استیک ۱ درصد و رساندن حجم آن‌ها به یک لیتر به دست آمده. پودر کیتوزان به آرامی و در دمای حدود ۶۰ درجه سلسیوس روی همزن مغناطیسی اضافه شد و تا حل شدن تمامی ذرات کیتوزان و شفاف شدن محلول، هم زدن ادامه یافت. به اندازه ۵۰ درصد وزن پودر کیتوزان مصرفی، گلیسیرویل به عنوان پلاستی‌سایزر به محلول اضافه و هم زدن به مدت ۱۵ دقیقه دیگر ادامه داده شده. محلول با کاغذ صافی واتمن شماره ۱ صاف شد (Badawy & Rabea, 2009). پس از سرد شدن، اسانس دارچین در مقادیر صفر، ۲ و ۴ درصد و بسته به نوع تیمار به محلول کیتوزان اضافه و کاملاً مخلوط و یکنواخت شد. محلول‌ها مدت یک ساعت در معرض نور فرابنفش قرار داده شده تا استریل شوند.

تهیه نمونه‌های کیک صبحانه

کیک صبحانه در کارگاه تولیدی کیک صبحانه یملی در شهرستان تبریز با فرمول ساخت آن شرکت تولید شد (جدول ۱). روش مورد استفاده جهت اختلاط، روش شکر خمیر^۲ بود (Peyghambaroust, 2010). در این روش ابتدا تخم مرغ، شکر و وانیل به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت پایین مخلوط کن استیل (آلفا تجهیز، تهران) تا ایجاد رنگ

نشان داد که افزودن محلول پوشش خوراکی به فرمول کیک موجب بهبود خواص رئولوژیکی خمیر می‌شود. استفاده از روغن دارچین نیز موجب کاهش بار میکروبی کلی و مخمرها نسبت به نمونه شاهد می‌شود. استفاده از پوشش خوراکی همراه با روغن دارچین در دوره نگهداری، در مقایسه با نمونه کنترل (شاهد)، سبب حفظ بیشتر رطوبت و کاهش عدد اسید و عدد پراکسید شده است. علاوه بر این، محلول پوشش خوراکی حجم ویژه و حفظ سفتی کیک را در دوره نگهداری بهبود بخشیده است. براوین و همکاران (Bravin et al., 2006) نیز اثر پوشش خوراکی حاوی نشاسته ذرت، متیل سلولوز و روغن سویا را بر تغییرات رطوبت کراکر بررسی کردند و نشان دادند که پوشش مانع انتقال بخار آب و موجب بهبود خواص مکانیکی کراکر می‌شود. کراکرهای پوشش داده شده و بدون پوشش در رطوبت نسبی ۶۵، ۷۵ و ۸۵ درصد نگهداری شدند. نتایج بررسی‌ها نشان داده است که کراکرهای پوشش داده شده، عمر طولانی‌تر و رطوبت بیشتری نسبت به نمونه کنترل (شاهد) در تمام شرایط نگهداری دارند. کیک یکی از محصولات نانویی پرمصرف و مناسب برای صبحانه و عصرانه است، اما مشکل اصلی در نگهداری کیک فساد میکروبی است که اغلب در اثر رشد کپک‌های *آسپرژیلوس*، *پنی سیلیم*، *ریزوپوس* و *موکور* به وجود می‌آید. این نوع فساد سالانه سبب بازگشت مقادیر بسیار زیادی از این محصول به کارخانه و ایجاد خسارت‌های اقتصادی قابل توجهی به تولیدکنندگان این محصول می‌گردد. در این تحقیق، تأثیر پوشش کیتوزان حاوی عصاره دارچین بر ویژگی‌های میکروبی، بافتی و حسی کیک صبحانه در دوره نگهداری بررسی می‌شود.

مواد و روش‌ها

آرد نول سه صفر با رطوبت ۱۳/۸ درصد، پروتئین ۸/۸ درصد و pH برابر ۶/۲ (از شرکت آرد اطهر، تبریز)، شکر،

1- Baking powder

2- Sugar batter

F116، گروه صنعتی فریمان، اصفهان) منتقل شد و در دمای 10 ± 180 درجه سلسیوس، پخت به مدت ۲۵ دقیقه ادامه یافت. پس از سرد شدن، کیک‌ها در سلفوفان به قطر ۶ میلی میکرون (از شرکت الماس فیلم آذربایجان، ایران) بسته‌بندی و به مدت ۲۱ روز در دمای محیط (3 ± 25) درجه سلسیوس و رطوبت نسبی 3 ± 52 درصد) نگهداری شدند و در فاصله‌های زمانی ۱، ۷، ۱۴ و ۲۱ روز آزمایش‌های رطوبت و شمارش کپک و مخمر و در پایان دوره نگهداری، بافت و خواص حسی ارزیابی شد.

کرم روشن مخلوط شد. شربت اینورت، آب و امولژل به ترتیب به مخلوط اضافه شد و با سرعت تند به مدت ۵ دقیقه هم زده شد. بقیه اجزای خشک شامل آرد گندم، شیر خشک و پودر قنادی افزوده شده و با سرعت تند به مدت ۱۰ دقیقه اختلاط ادامه یافت. روغن مایع اضافه شده و به مدت ۵ دقیقه با سرعت ۳ مخلوط گردید تا خمیر یکنواختی به دست آمد. مقدار ۳۰۰ گرم خمیر در قالب‌های کیک میان تهی گرد به قطر ۶ سانتی‌متر از جنس گالوانیزه ریخته شد. قالب‌ها به داخل فر استیل ضد مغناطیس (مدل

جدول ۱- فرمول تهیه خمیر کیک روغنی صبحانه

ترکیبات	مقادیر (درصد)
آرد نول	۴۰/۳۵
روغن مایع	۱۰/۸۵
شکر	۱۵/۵۹
تخم مرغ	۸/۶۶
آب	۱۵/۱۶
شیر خشک	۲/۰۰
پودر قنادی	۰/۵۰
وانیل	۰/۲۱
شربت اینورت	۵/۲
امولژل	۱/۴۸

روش‌های آزمایش

به قطر $2/5$ سانتی‌متر به اندازه ۱ سانتی‌متر (۴۰ درصد) از بافت را فشرده کرد. نیروی وارد شده با سل بارگذاری^۵ دستگاه ۵ تا ۵۰ نیوتن، سرعت میله دستگاه ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه و سرعت منحنی ۲۵۰ میلی‌متر بر دقیقه در نظر گرفته شد. میزان نیروی وارد شده به نمونه بر حسب گرم گزارش شد. سفتی: حداکثر نیرو در منحنی اول (گرم)، پیوستگی: نسبت سطح زیر منحنی دوم به منحنی اول و حالت فنری: مسافت زیر منحنی دوم محاسبه شد (AACC, 1999).

شمارش کپک و مخمر

برای تهیه رقت‌ها، ۱۰ گرم کیک پودر شده، در شرایط استریل به ۹۰ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی استریل شده

رطوبت: با خشک کردن در آون (ممرت، آلمان) با دمای 2 ± 103 درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت، رطوبت تعیین شد (AACC, 1999).

ارزیابی بافت^۱: ویژگی‌های بافت نمونه‌ها از جمله سفتی^۲، پیوستگی^۳ و حالت فنری^۴ با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (مدل TA XT Plus ساخت شرکت Stable Micro Systems انگلیس) پس از ۲۱ روز نگهداری اندازه‌گیری شد. سفتی به‌عنوان حداکثر مقاومت در مقابل تغییر شکل به میزان ۴۰ درصد فشردگی در بافت در نظر گرفته شد. برای این کار قطعه مکعبی به ابعاد $2/54$ سانتی‌متر از بافت کیک بدون پوسته جدا شد و میله استوانه‌ای شکل دستگاه

1- Textural Profile Analysis (TPA)

3- Cohesiveness

5- Load cell

2- Hardness

4- Springiness

رطوبت نمونه‌های کیک آورده شده است. مشخص است که پوشش‌دهی کیک‌ها با کیتوزان موجب شد تا رطوبت نمونه‌های کیک، نسبت به نمونه شاهد، به‌طور معنی‌دار افزایش یابد ($p < 0.05$). کاهش سرعت انتقال بخار آب در پوشش می‌تواند مربوط به آب‌گریزی کیتوزان، به دلیل حضور گروه‌های آزاد استیل آب‌گریز در ساختار این ماده باشد که به‌طور کامل دی‌استیله نشده است. گروه‌های استیل باقیمانده نقش خود را در جلوگیری از انتقال بخار آب بازی می‌کنند (Bangyekan *et al.*, 2006). با افزایش غلظت کیتوزان تا ۱ درصد در پوشش، مقدار رطوبت نمونه‌های کیک به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است ($p < 0.05$). زیرا نفوذپذیری بخار آب در فیلم‌های تهیه شده از کیتوزان با افزایش غلظت، افزایش می‌یابد. مقدار فاکتور نفوذپذیری بخار آب در فیلم‌های مورد استفاده در بسته‌بندی باید تا حد ممکن کم باشد (Bangyekan *et al.*, 2006). کیتوزان به دلیل توانایی تشکیل فیلم بدون هرگونه افزودنی، قابلیت استفاده برای بسته‌بندی یا پوشش دادن را دارد. فیلم کیتوزان نسبت به فیلم پلی‌اتیلن نفوذپذیری کمتری به اکسیژن و دی‌اکسید کربن دارد و خواص مکانیکی خوبی دارد (Suyatma *et al.*, 2004; Ziani *et al.*, 2008). عصاره دارچین نیز در غلظت ۲ درصد اثر سینرژیستی بر این ویژگی نشان داده زیرا موجب کاهش نفوذپذیری پوشش کیتوزان شده است. نتایج مشابهی در تحقیقات دیگر محققان گزارش شده است. سیرپاتراوان و هارت (Siripatrawan & Harte, 2010) می‌گویند به دلیل قرار گرفتن اسانس در فضاهای خالی بین زنجیره‌های پلیمر و بنا به ماهیت آب‌گریزی اسانس می‌تواند در جلوگیری از جذب رطوبت زیاد توسط گلیسیرول ترکیب شده با فیلم نیز مؤثر باشد. فیلم‌های دارای اسانس به دلیل افزایش خاصیت آب‌گریزی در فیلم، نسبت به فیلم بدون اسانس، در جلوگیری از عبور بخار آب بهتر عمل می‌کنند. بر اساس نتایجی که این محققان

افزوده و در یک مخلوط‌کن آزمایشگاهی^۱ (سیورد^۲، لندن، انگلستان) کاملاً مخلوط شد. سری رقت‌ها تهیه شد. از رقت‌های مورد نظر به مقدار ۰/۱ میلی‌لیتر در محیط کشت پتیتو دکستروز آگار^۳ به روش سطحی کشت داده شد. پلیت‌ها در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۵ روز گرمخانه‌گذاری شدند. پرگنه‌های کپک و مخمر شمارش و بر لگاریتم واحد پرگنه بر گرم گزارش شد (ISIRI, 2007).

ارزیابی حسی

ویژگی‌های حسی کیک را پس از ۲۱ روز نگهداری، ۱۵ نفر ارزیاب آموزش دیده در یک اتاق مجزا دور از صدا و با نور کافی ارزیابی کردند. از هر تیمار، پانزده (۱۵) نمونه یکسان (قطعاتی به ابعاد $5 \times 5 \times 3$ سانتی‌متر) تهیه و همراه با برگه ارزیابی هدونیک ۵ نقطه‌ای برای بررسی ویژگی‌های کیفی رنگ پوسته، رنگ مغز، طعم و بافت به داوران داده شد که امتیاز ۵ برای کیفیت مطلوب و بسیار خوب و امتیاز ۱ برای کیفیت نامطلوب و بسیار بد اختصاص داده شد. بین دو آزمون، داوران برای شستشوی دهان خود از آب استفاده کردند (AACC, 1999).

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج میزان رطوبت و شمارش کپک و مخمر با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با ۳ فاکتور و در ۳ تکرار تجزیه شد. فاکتور اول دوره نگهداری در ۴ سطح، فاکتور دوم مقدار کیتوزان در پوشش در ۳ سطح و فاکتور سوم عصاره دارچین در ۳ سطح بود. اما ارزیابی بافت و خواص حسی با ۲ فاکتور مقدار کیتوزان و عصاره دارچین تجزیه شد. نتایج با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

تغییرات رطوبت

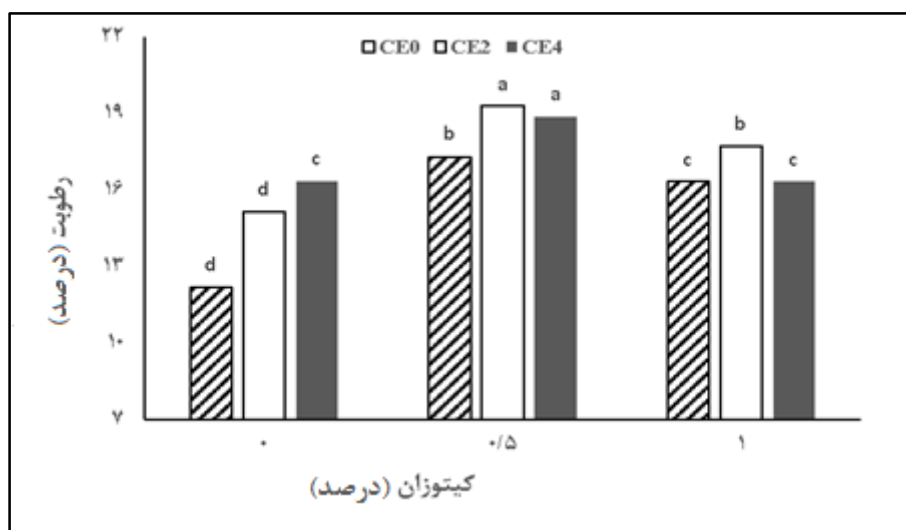
در شکل (۱) تأثیر متقابل کیتوزان و عصاره دارچین بر

1- Lab blender 400 stomacher
3- Potato Dextrose Agar (PDA)

2- Seward

و همکاران (Pires *et al.*, 2013) نیز اثر افزودن اسانس‌های گشنیز، سنبل هندی، ترخون و آویشن را به فیلم پروتئینی بررسی کردند و نشان دادند که همه اسانس‌ها موجب کاهش نفوذپذیری فیلم در برابر بخار آب شده‌اند. این محققان می‌گویند نفوذپذیری در برابر بخار آب ممکن است تحت تأثیر شرایط محیطی مختلف مانند دما و رطوبت باشد و بسته به نوع پلیمر نیز با افزودن اسانس‌های مختلف نتایج متفاوتی به دست آمده می‌آید.

به دست آمده آورده‌اند، بیشترین نفوذپذیری در برابر بخار آب مربوط به فیلم فاقد اسانس و کمترین نفوذپذیری مربوط به فیلم حاوی اسانس است. سانچز-گونزالز و همکاران (Sánchez-González *et al.*, 2011) اعلام کردند که افزودن ۳ درصد اسانس ترنج به فیلم کیتوزان باعث کاهش نفوذپذیری در برابر بخار آب فیلم، به میزان ۵۰ درصد، گردیده است که دلیل این امر را به افزایش خاصیت آب‌گریزی فیلم حاوی اسانس نسبت داده‌اند. پیرز



شکل ۱- تأثیر متقابل کیتوزان و عصاره دارچین بر رطوبت نمونه‌های کیک
اعداد حداقل با یک حرف مشابه در شکل از لحاظ آماری معنی‌دار نیستند.
خطای استاندارد میانگین = ± 0.2 و CE: عصاره دارچین (درصد)

کاهش وزن نمونه‌ها نمایان‌تر است؛ در نمونه‌های پوشش‌دار باگذشت زمان کاهش وزنی بسیار کمتر است ($p < 0.05$). کاهش رطوبت یکی از مهم‌ترین عوامل در انتخاب نوع بسته‌بندی است. نفوذپذیری در برابر بخار آب به عوامل متعددی بستگی دارد و عامل تعیین‌کننده‌ای در کاهش رطوبت است.

ارزیابی بافت

یکی از با اهمیت‌ترین مؤلفه‌های اندازه‌گیری شده در این تحقیق ارزیابی بافت کیک پس از ۲۱ روز نگهداری است که نشانگر میزان بیاتی آن است. در واقع سفتی بافت،

از جدول (۲) مشخص است که در دوره نگهداری مقدار رطوبت در تمام تیمارها کاهش یافته که کاهش رطوبت در نمونه شاهد معنی‌داری است، اما در سایر تیمارها فقط پس از ۲۱ روز کاهش رطوبت معنی‌دار شده است. در پایان دوره نگهداری، کمترین و بیشترین مقدار رطوبت به ترتیب در نمونه شاهد و نمونه‌های پوشش داده شده با ۰/۵ درصد کیتوزان و ۴ درصد اسانس دارچین دیده می‌شود؛ بنابراین، پوشش کیتوزان اثر معنی‌داری بر جلوگیری از کاهش رطوبت یا از دست رفتن رطوبت در دوره نگهداری داشته است. با افزایش دوره نگهداری، تأثیر پوشش بر درصد

بیانگر مقاومت ماده غذایی نسبت به اعمال نیروی فشاری است که به عنوان حداکثر نیروی لازم برای فشردن کیک تا میزانی مشخص و در سرعتی مشخص اندازه‌گیری می‌شود (Karaoglu & Kotancilar, 2009). سفتی ناحیه اول حداکثر ارتفاع منحنی نیرو در اولین فشار است که حداکثر نیروی اعمال شده طی گاز زدن را نشان می‌دهد.

جدول ۲- تأثیر متقابل تیمارها بر درصد رطوبت

دوره نگهداری (روز)				دارچین (درصد)	کیتوزان (درصد)
۲۱	۱۴	۷	۱		
۱۱/۱۸ ^{Cc}	۱۲/۱۷ ^{Cd}	۱۵/۳۹ ^{Bd}	۱۹/۵۲ ^{Aa}	۰	
۱۷/۰۱ ^{Bab}	۱۹/۲۳ ^{Aab}	۲۲/۰۹ ^{Aa}	۲۰/۲۷ ^{Aa}	۲	۰
۱۸/۱۶ ^{Ba}	۲۰/۲۶ ^{Aa}	۲۰/۲۷ ^{Aab}	۲۰/۰۱ ^{Aa}	۴	
۱۶/۸۰ ^{Cb}	۱۸/۰۵ ^{Bb}	۲۰/۱۱ ^{Aab}	۲۰/۷۲ ^{Aa}	۰	
۱۷/۸۹ ^{Ba}	۲۰/۲۸ ^{Aa}	۲۰/۷۹ ^{Aa}	۲۰/۲۰ ^{Aa}	۲	۰/۵
۱۷/۵۴ ^{Ca}	۱۹/۳۸ ^{Bab}	۲۰/۷۶ ^{Aa}	۲۰/۸۵ ^{Aa}	۴	
۱۵/۸۵ ^{Cb}	۱۶/۸ ^{Cc}	۱۷/۷۲ ^{BCc}	۱۹/۶۲ ^{Aa}	۰	
۱۷/۰۱ ^{Cab}	۱۸/۵۴ ^{Bb}	۱۹/۹۸ ^{ABb}	۲۰/۸۶ ^{Aa}	۲	۱
۱۷/۲۴ ^{Ca}	۱۹/۰۶ ^{Bab}	۲۰/۵۰ ^{Aab}	۲۰/۵۵ ^{Aa}	۴	

اعداد حداقل با یک حرف کوچک مشابه در هر ستون و با یک حرف بزرگ مشابه در هر سطر از لحاظ آماری معنی‌دار نیستند.

خطای استاندارد میانگین = ۰/۴۰

مولکول‌های آمیلوز و آمیلوپکتین است (Gomez *et al.*, 2007). رطوبت عاملی بسیار اثرگذار بر میزان سفتی و فشردگی بافت محصولات صنایع پخت است زیرا پلاستی‌سایزر است و موجب نرم شدن بافت می‌شود. کاهش رطوبت موجب افزایش سفتی و افزایش آن موجب کاهش سفتی می‌شود (Peyghambaroust, 2010). در نتایج آزمون رطوبت مشاهده می‌شود که پوشش‌دهی کیک‌ها با کیتوزان موجب افزایش معنی‌دار رطوبت نمونه‌های کیک، نسبت به نمونه شاهد شده است. پوشش موجب نگهداری رطوبت در بافت کیک و جلوگیری از انتقال آن به دانه‌های نشاسته و بلوری (کریستاله) شدن آن‌ها می‌شود؛ در نتیجه آن بیاتی و سفت شدن کیک به تعویق می‌افتد.

نتایج این تحقیق با نتایج تحقیقات حاج محمدی و همکاران (Hajmohammadi *et al.*, 2014) و گومز و همکاران (Gomez *et al.*, 2007) همخوانی دارد که

این شاخص به صفات نرمی یا سفتی ماده غذایی مربوط است. سفتی اول شامل سطح زیر منحنی در اولین اعمال فشار است و کار انجام یافته طی اولین گاز زدن را نشان می‌دهد. سفتی دوم نیز حداکثر ارتفاع منحنی نیروی فشاری در دومین فشار (دومین گاز زدن) است. سفتی دوم نیز سطح زیر منحنی در دومین اعمال فشار است و کار انجام یافته طی دومین گاز زدن را نشان می‌دهد. با توجه به جدول (۳)، استفاده از پوشش کیتوزان موجب کاهش معنی‌دار سفتی اول و دوم کیک نسبت به نمونه شاهد شده است. همچنین سفتی بافت نمونه‌های پوشش داده شده با غلظت ۱ درصد کیتوزان به‌طور معنی‌داری بیشتر از سفتی بافت نمونه‌های پوشش داده شده با ۰/۵ درصد کیتوزان و کمتر از سفتی بافت نمونه شاهد است ($p < 0/05$). علت اصلی سفت شدن بافت کیک پدیده برگشت (بیاتی) نشاسته و تبدیل حالت بی‌شکل نشاسته به حالت بلوری آن با تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین

دست دادن کیفیت تغذیه‌ای همراه باشد. جی و همکاران (Ji *et al.*, 2007) گزارش داده‌اند که کاهش رطوبت در مغز کیک موجب سفتی مغز این محصول می‌شود. لین و همکاران (Lin & Lee, 2005) بیاتی نشاسته را عامل سفتی کیک می‌دانند. گای (Guy, 1983) می‌گوید بیاتی کیک مربوط به فرایند سفت شدن مغز و انتقال رطوبت از مغز به پوسته است.

الزینی و همکاران (El-Zainy *et al.*, 2014) نیز نشان دادند که استفاده از پوشش خوراکی متشکل از متیل سلولز و نشاسته همراه با روغن دارچین به بهبود حجم ویژه و حفظ سفتی کیک در دوره نگهداری می‌انجامد که نتایج این بررسی را تأیید می‌کند.

می‌گویند دلیل مؤثر بودن هیدروکلوئیدها در نرمی بافت کیک، نگهداری رطوبت در بافت است. پوشش کیتوزان در غلظت ۱ درصد، نسبت به غلظت ۰/۵ درصد، موجب کاهش رطوبت و در نتیجه افزایش سفتی بافت در این تیمار شده است ($p < 0/05$). افزودن عصاره دارچین به پوشش نیز موجب کاهش سفتی بافت کیک شده است که دلیل آن افزایش رطوبت کیک در اثر افزایش عصاره است. بررسی‌های نیانجانگ و همکاران (Nyanjage *et al.*, 2005) نشان می‌دهد که رطوبت به‌صورت بخار آب از فضاهای داخل محصول به فضای اطراف آن از دست می‌رود و کاهش آن می‌تواند با از دست دادن کیفیت، از جمله افزایش سفتی و سایر تغییرات نامطلوب در رنگ و از

جدول ۳- تأثیر کیتوزان و عصاره دارچین بر خواص بافتی کیک

دارچین (درصد)	کیتوزان (درصد)	سفتی ۱ (گرم نیرو)	سفتی ۲ (گرم نیرو)	پیوستگی	فنریت (میلی‌متر)
.	۰	۱۶۹۳ ^a	۱۱۸۰ ^a	۰/۱۲ ^a	۲۲/۱ ^b
.	۰/۵	۶۲۵ ^g	۴۹۹ ^f	۰/۱۶ ^a	۲۷/۵ ^a
.	۱	۸۶۲ ^d	۵۶۹ ^c	۰/۱۳ ^a	۲۷/۳ ^a
.	۰	۱۴۹۳ ^b	۹۹۰ ^b	۰/۲۰ ^a	۲۷/۷ ^a
۲	۰/۵	۷۴۶ ^c	۵۰۱ ^c	۰/۱۳ ^a	۲۷/۹ ^a
.	۱	۴۵۸ ⁱ	۳۹۲ ^h	۰/۱۸ ^a	۲۵/۸ ^a
.	۰	۸۸۸ ^c	۵۰۶ ^d	۰/۱۶ ^a	۲۷/۰ ^a
۴	۰/۵	۵۲۷ ^h	۴۱۹ ^g	۰/۱۶ ^a	۲۷/۷ ^a
.	۱	۷۱۸ ^f	۳۸۳ ⁱ	۰/۱۲ ^a	۲۶/۱ ^a
SEM					۱/۴

اعداد حداقل با یک حرف مشابه در هر ستون از لحاظ آماری معنی‌دار نیستند
SEM: خطای استاندارد میانگین

پیوستگی

غذایی است و میزان آن به برهمکنش‌های درون مولکولی اجزای فرمولاسیون بستگی دارد و از این رو استفاده از پوشش تأثیر معنی‌داری بر این ویژگی ندارد. گومز و همکاران (Gomez *et al.*, 2007) نیز در بررسی اثر صمغ‌های مختلف (زانتان، آلژینات، کاراژینان، لوبیای خرنوب، گوار، پکتین و هیدروکسی پروپیل متیل سلولز) بر کیک لایه‌ای زرد تفاوت معنی‌داری در پیوستگی نمونه‌ها

پیوستگی مقدار تغییر شکلی است که کیک قبل از گسیختن بافت می‌تواند نشان دهد که مقدار آن نسبت مساحت ناحیه دوم به ناحیه اول اعمال نیروست (Karaoglu & Kotancilar, 2009). نتایج تحقیق نشان می‌دهد هیچ یک از تیمارها تأثیر معنی‌داری بر این ویژگی نداشته است. پیوستگی بیانگر مقاومت درونی ساختار ماده

می‌دهد در تعداد کپک‌ها و مخمرها، بین نمونه‌های دارای پوشش کیتوزان و نمونه شاهد (بدون پوشش) اختلاف معنی‌داری وجود دارد. سرعت رشد قارچ‌ها در نمونه شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر و نشان‌دهنده این است که پوشش کیتوزان سرعت رشد قارچ را در کیک کاهش داده است. کیتوزان باعث ایجاد تغییرات شدید در سطح سلول می‌شود و با ساختارهای ویسکوز خود، غشاهای بیرونی را می‌پوشاند؛ بنابراین، کیتوزان با پیوند شدن به غشاهای بیرونی موجب از دست رفتن عملکرد غشای سلولی می‌شود. این ویژگی کیتوزان برای محافظت از مواد غذایی مفید است (Jovanovica *et al.*, 2016). غلظت‌های بالاتر کیتوزان، فعالیت ضد میکروبی بالاتری از خود نشان داده‌اند و در نمونه‌های با غلظت بالا، رشد کپک و مخمر محدودتر شده است. با توجه مولکول‌های کیتوزان دارای بار مثبت ناشی از گروه‌های آمینی آزاد هستند، از این‌رو با افزایش غلظت کیتوزان بار مثبت موجود بر مولکول‌های آن افزایش می‌یابد. این مسئله واکنش‌های بین دیواره سلولی باکتری و قارچ را افزایش می‌دهد (Kong *et al.*, 2010). نتایج این تحقیق با نتایج مطالعات پیشین در زمینه فعالیت ضد-قارچی کیتوزان در گوجه‌فرنگی (Bhaskara Reddy *et al.*, 2000)، توت‌فرنگی (Campaniello *et al.*, 2008) و پسته (Maghsoudlou *et al.*, 2012) همخوانی دارد. اسانس دارچین نیز در ترکیب با پوشش کیتوزان موجب کاهش رشد قارچی شد و با افزایش غلظت اسانس، میزان رشد کپک‌ها و مخمرها در شرایط یکسان کاهش یافت. علت این امر کاهش نفوذپذیری پوشش کیتوزان در اثر افزایش اسانس دارچین است (Siripatrawan & Harte, 2010). مشاک و مرادی (Moshak & Moradi, 2011) نیز ثابت کردند که اسانس دارچین دارای خاصیت ضد میکروبی قوی است. بیش از ۶۵ درصد دارچین سینامالدهید است که فعالیت ضد میکروبی دارد. این ترکیب از طریق اتصال گروه کربونیلی به پروتئین میکروارگانیزم‌ها و جلوگیری از

در مقایسه با نمونه شاهد مشاهده نکردند که نتایج این بررسی را تأیید می‌کند.

فتریت

حالت فتریت توانایی کیک برای بازیافت موقعیت اصلی خود طی تغییر شکل اول است. فتریت در حقیقت نیروی لازم برای هضم دهانی مواد غذایی نیمه جامد و آماده کردن آن برای بلع است که بیانگر میزان خاصیت الاستیک نمونه است (Karaoglu & Kotancilar, 2009). نتایج آنالیز واریانس نشان می‌دهد که تیمارها بر حالت فتریت کیک‌ها تأثیر معنی‌داری داشته‌اند ($p < 0.05$). کمترین فتریت به‌طور معنی‌داری در نمونه شاهد دیده می‌شود اما این خاصیت در بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. در اثر از دست دادن آب درون بافتی محصول، فتریت و قابلیت جویدن نمونه‌ها کاهش پیدا می‌کند (McCarthy *et al.*, 2005).

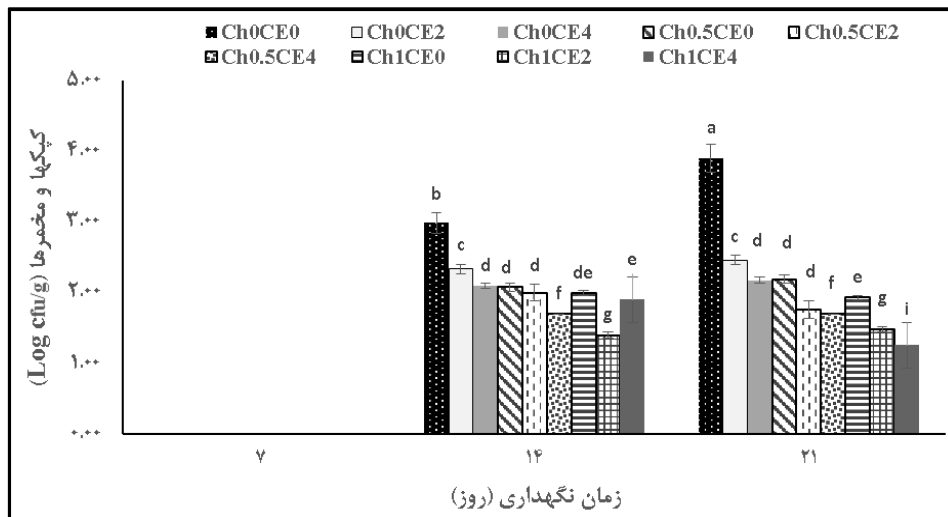
در نتیجه استفاده از پوشش، رطوبت در ساختار کیک حفظ و موجب شده است تا فتریت نمونه‌ها نسبت به نمونه شاهد افزایش یابد. کمتر بودن سفتی نمونه‌ها نمایانگر وجود خلل و فرج و حالت اسفنجی و فتریت مناسب در آن است (Peyghambar Doust, 2010).

تغییرات کپک و مخمر

نتایج تحقیق نشان می‌دهد زمان نگهداری تأثیر افزایشی و مقدار اسانس دارچین و پوشش کیتوزان تأثیر کاهشی بر تعداد کپک‌ها و مخمرها دارد ($p < 0.05$). در شکل (۲) مشخص است تا روز ۷ نگهداری، در هیچ یک از تیمارها رشد کپک و مخمر مشاهده نمی‌شود؛ اما پس از ۱۴ روز، رشد کپک‌ها و مخمرها به‌طور ناگهانی آغاز می‌شود و تا ۲۱ روز پس از نگهداری ادامه دارد. این مسئله نشان می‌دهد در مراحل اولیه نگهداری محصول، میکروارگانیزم‌ها در فاز تأخیری بوده‌اند اما به تدریج به فاز لگاریتمی وارد شده و رشد آن‌ها افزایش یافته است (Maghsoudlou *et al.*, 2012). مقایسه میانگین‌ها نشان

اسانس نیز خواص ضد میکروبی قوی دارند گندمی و همکاران (Gandomi *et al.*, 2009) نیز نشان دادند که با افزایش غلظت اسانس دارچین، میزان رشد کپک و مخمر نان کاهش می‌یابد.

دکربوکسیلاسیون اسیدهای آمینه، خاصیت ضد میکروبی خود را اعمال می‌کند. علاوه بر آن، ترکیبات ترپنی (از جمله لیمونن و لینالول، تانن، کومارین و رزین) و ترکیبات فنلی (مانند اوژنول، فلاندرن و سافرول) موجود در این



شکل ۲- تأثیر متقابل غلظت پوشش کیتوزان و اسانس دارچین بر تعداد کپک‌ها و مخمرها در دوره نگهداری
Ch: کیتوزان (درصد) و CE عصاره دارچین (درصد). اعداد حداقل با یک حرف مشابه از لحاظ آماری معنی‌دار نیستند

حالی که تعداد قارچ‌ها در نمونه شاهد تا ۷ روز و در نمونه‌های پوشش داده شده با ۰/۵ درصد کیتوزان تا ۱۴ روز پایین‌تر از حد مجاز بوده است. در پایان دوره نگهداری، استفاده از پوشش کیتوزان در غلظت ۰/۵ و ۱ درصد به ترتیب موجب کاهش ۱/۵ و ۱/۷ سیکل لگاریتمی تعداد قارچ‌ها در نمونه‌ها، نسبت به نمونه شاهد، شده است؛ بنابراین، استفاده از پوشش کیتوزان همراه با عصاره دارچین، نسبت به نمونه شاهد، زمان ماندگاری کیک را به مدت ۱۴ روز در دمای اتاق افزایش می‌دهد. الزینی و همکاران (El-Zainy *et al.*, 2014) نیز گزارش کردند نمونه‌های کیک شاهد در هفته چهارم نگهداری در دمای اتاق، به علت فساد میکروبی غیر قابل مصرف شده‌اند.

ارزیابی‌های حسی

نتایج تجزیه آماری حسی، جدول (۴)، نشان می‌دهد تأثیر پوشش کیتوزان بر رنگ پوسته، بافت و طعم کیک و مقدار

سلیمان و بداعی (Soliman & Badaeaa, 2002) نشان دادند که اسانس‌های دارچین، آویشن و نعنا در بازداری از رشد قارچ آسپرژیلوس فلاووس و به دنبال آن تولید میکوتوکسین در دانه‌های گندم مؤثرتر از سایر اسانس‌ها هستند. لطفی نیا و همکاران (Lotfinia *et al.*, 2014) نشان دادند که با افزایش غلظت اسانس دارچین، رشد کپک و مخمر در نان‌های بسته‌بندی شده در فوم نشاسته کاهش می‌یابد. نتایج تحقیقات این محققان، نتایج بررسی حاضر را تأیید می‌کنند. بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲۳۹۵، حد مجاز کپک و مخمر در نان و فراورده‌های خمیری ۱۰۲ سی‌اف‌یو در گرم یا ۲ سیکل لگاریتمی است. در پایان دوره نگهداری (پس از ۲۱ روز) تعداد قارچ فقط در نمونه‌های پوشش داده شده با ۰/۵ و ۱ درصد کیتوزان حاوی ۲ و ۴ درصد عصاره دارچین، از حد مجاز توصیه شده برای کیک پایین‌تر است (شکل ۲).

معنی دار است؛ اما امتیاز رنگ کیک‌های پوشش داده شده با غلظت ۰/۵ درصد کیتوزان با نمونه شاهد تفاوت معنی داری نشان نمی‌دهد. اسانس دارچین موجب افزایش امتیاز رنگ مغز کیک نسبت به نمونه شاهد شده است؛ اما در سایر صفات حسی، بین تیمارهای حاوی دارچین اختلاف معنی داری دیده نمی‌شود. یادآوری می‌شود داوران حسی وجود طعم دارچین را در نمونه‌های کیک مثبت ارزیابی کردند.

دارچین بر امتیاز رنگ مغز کیک پس از ۲۱ روز نگهداری معنی دار است ($p < 0.05$). استفاده از پوشش کیتوزان موجب افزایش معنی دار امتیاز بافت و طعم کیک نسبت به نمونه شاهد شده است؛ اما استفاده از پوشش با ۱ درصد کیتوزان، نسبت به پوشش ۰/۵ درصد، اختلاف معنی داری نشان نمی‌دهد (جدول ۴). استفاده از پوشش کیتوزان موجب کاهش امتیاز رنگ شده است که این کاهش در پوشش حاوی ۱ درصد کیتوزان

جدول ۴- تأثیر تیمارها بر ارزیابی حسی پس از ۲۱ روز نگهداری

کیتوزان (درصد)	رنگ پوسته	رنگ مغز	بافت	طعم
۰	۳/۹۲ ^a	۳/۸۹ ^a	۲/۸۹ ^b	۳/۱۷ ^b
۰/۵	۳/۵۴ ^a	۳/۷۲ ^a	۳/۶۷ ^a	۳/۸۳ ^a
۱	۲/۸۹ ^b	۳/۷۸ ^a	۳/۳۳ ^a	۳/۵۶ ^{ab}
SEM	۰/۲۳	۰/۱۴	۰/۲	۰/۲۰
دارچین (درصد)	رنگ پوسته	رنگ مغز	بافت	طعم
۰	۳/۴۴ ^a	۳/۵۶ ^b	۳/۳۹ ^a	۳/۷۲ ^a
۲	۳/۲۵ ^a	۴/۱۰ ^a	۳/۲۸ ^a	۳/۸۳ ^a
۴	۳/۲۵ ^a	۳/۹۸ ^a	۳/۲۲ ^a	۳/۵۱ ^a
SEM	۰/۲۳	۰/۱۴	۰/۲۰	۰/۲۰

اعداد حداقل با یک حرف مشابه در هر ستون از لحاظ آماری معنی دار نیستند

SEM: خطای استاندارد میانگین

مانند محافظ عمل می‌کند و از واکنش‌های ناخواسته و تغییر رنگ محصولات جلوگیری خواهد کرد. جلوگیری از نفوذ اکسیژن و رطوبت به بافت محصول و به دام انداختن یون‌های فلزی نیز از ویژگی‌های مهم و مؤثر کیتوزان است. این ویژگی از رخ دادن واکنش‌های آنزیمی و غیر آنزیمی که نتیجه آن‌ها تغییر رنگ در محصول است، جلوگیری می‌کند. اما غلظت‌های بالاتر کیتوزان، به علت ایجاد پس طعمی شبیه طعم ماهی یا سایر محصولات دریایی، قابل تشخیص است. در این آزمون نیز غلظت بالای کیتوزان به مقدار کمی در طعم محصول تغییر ایجاد کرده است. افزایش مقدار کیتوزان به علت ایجاد اندکی مزه تلخ،

بیشترین امتیاز ارزیابی حسی را در نمونه‌های پوشش داده شده با ۰/۵ درصد کیتوزان و ۲ درصد دارچین می‌توان دید که بیشترین پذیرش حسی را نیز به دست آمده آورده‌اند؛ کمترین امتیاز در نمونه‌های پوشش داده شده با ۱ درصد کیتوزان و ۴ درصد دارچین داده شده است. نمونه‌های شاهد و پوشش دار، نمره قابل قبولی در بررسی ارزیابی حسی به دست آمده. استفاده از پوشش کیتوزان به طور چشمگیر خصوصیات حسی کیک را نسبت به نمونه شاهد، افزایش داده است که با خصوصیات عملکردی کیتوزان به ویژه خصوصیات ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی آن ارتباط دارد. کیتوزان با قرار گرفتن بر سطح محصولات

عصاره دارچین، در تمام غلظت‌ها دارای امتیاز بالاتری است که نتیجه مطالعه فعلی را تأیید می‌کند.

نتیجه‌گیری

استفاده از پوشش کیتوزان موجب افزایش معنی‌دار رطوبت و فنریت و کاهش سفتی بافت نمونه‌های کیک می‌شود؛ غلظت ۰/۵ درصد کیتوزان تأثیر بیشتری دارد ($p < 0/05$)؛ استفاده از عصاره دارچین در ترکیب با پوشش کیتوزان اثر سینرژیستی نشان می‌دهد ($p < 0/05$). بیشترین رشد کپک و مخمر در نمونه شاهد و کمترین آن در تیمار حاوی عصاره دارچین دیده شده است. این موضوع نشان می‌دهد که پوشش کیتوزان سرعت رشد قارچ در کیک را کاهش می‌دهد و افزایش عصاره دارچین نیز موجب کاهش بیشتر قارچ‌ها می‌شود. در پایان دوره نگهداری (پس از ۲۱ روز)، تعداد قارچ‌ها در نمونه‌های پوشش داده شده با کیتوزان حاوی عصاره دارچین، پایین‌تر از حد مجاز توصیه شده برای کیک بوده است. عصاره دارچین می‌تواند نگه‌دارنده طبیعی و ضد میکروبی مناسب در نگهداری کیک باشد. با توجه به نتایج ارزیابی حسی، نمونه‌های پوشش داده شده با ۰/۵ درصد کیتوزان و ۲ درصد عصاره دارچین، بیشترین پذیرش حسی را در بین داوران به دست آوردند و این تیمار برای استفاده در کیک صبحانه پیشنهاد می‌شود.

امتیازات حسی را کاهش داده است (Devlieghere *et al.*, 2004; Maghsoudlou *et al.*, 2012).

کیتوزان با خاصیت ممانعت‌کنندگی در مقابل نفوذ رطوبت به بافت محصول، رطوبت آن را ثابت نگه می‌دارد و در نتیجه بافت محصول تردی و شکنندگی خود را حفظ می‌کند. بافت محصول به مقدار قابل توجهی تحت تأثیر میزان رطوبت است. در صورت جذب رطوبت از محیط اطراف، کیک بافت نرم و چسبنده پیدا خواهد کرد که از نظر مصرف‌کنندگان نامطلوب است. این نتایج تأییدکننده نتایج حاصل از اندازه‌گیری دستگامی بافت است. نسبت‌های مختلف کیتوزان اثر نامطلوبی بر رنگ مغز ندارد که با نتایج مطالعات روی پسته و توت‌فرنگی (Campaniello *et al.*, 2008; Maghsoudlou *et al.*, 2012) مطابقت دارد.

مقصود لو و همکاران (Maghsoudlou *et al.*, 2012) و کامپانیلو و همکاران (Campaniello *et al.*, 2008) اعلام کردند که کیتوزان با وزن مولکولی پایین تأثیر نامطلوبی بر رنگ محصولات ندارد. الزینی و همکاران (El-Zainy *et al.*, 2014) نیز گزارش کردند که کیک‌های پوشش داده شده با کربوکسی متیل سلولز، در مقایسه با نمونه شاهد، خواص حسی مطلوب‌تری دارند. احمد و حسین (Ahmed & Hussein, 2012) نیز گزارش کردند که کیک‌های حاوی

مراجع

- AACC. 1999. American Association of Cereal Chemists. Approved Method of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN.
- Ahmed, Z.S. and Hussein, A.M.S. 2012. Utilization of cinnamon and orange extracts to improve the microbial quality and shelf life of sponge cakes. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 6(8): 665-672.
- Badawy, E. I. and Rabea, I. 2009. Potential of the biopolymer chitosan with different molecular weights to control postharvest gray mold of tomato fruit. Postharvest Biology and Technology. 51(1):110-117.
- Bangyekan, C., Aht-Ong, D. and Srikulkit, K. 2006. Preparation and properties evaluation of chitosan-coated cassava starch films. Carbohydrate Polymers. 63(1): 61-71.

- Bhaskara Reddy, M.V., Angers, P., Castaigne, F. and Arul, J. 2000. Chitosan effects on black mold rot and pathogenic factors produced by *Alternaria alternata* in postharvest tomatoes. *Journal of American Society and Horticulture Science*. 125(6): 742-747.
- Bravin, B., Peressini, D. and Sensidoni, A. 2006. Development and application of polysaccharide–lipid edible coating to extend shelf-life of dry bakery products. *Journal of Food Engineering*. 76(3):280–290.
- Campaniello, C. A., Bevilacqua, M. and Sinigaglia, M. R. 2008. Chitosan: Antimicrobial activity and potential applications for preserving minimally processed strawberries. *Food Microbiology*. 25(8): 992–1000.
- Cooksey, K. 2000. Utilization of antimicrobial packaging films for inhibition of selected microorganism. In: Risch SJ. (Ed.). *Food Packaging: Testing Methods and Applications*, Washington, DC: American Chemical Society. 17-25.
- Devlieghere, F., Vermeulen, A. and Debevere, J. 2004. Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology*. 21(6): 703–71.
- El-Zainy, A.R.M., Aboul-Anean, H. El-Din, Shelbaya, L. A. and Ramadan, E.M.M. 2014. Effect of edible coating with cinnamon oil on the quality of cake. *Middle East Journal of Applied Sciences*. 4(4): 1171-1186.
- Gandomi, H., Misaghi, A., Akhondzadeh, A., Bokaei, S., Khosravi, A., Abbasifar, A. and Jabelli Javan, A. 2009. Effect of *Zataria multiflora* Bolss, essential oil on growth and aflatoxin formation by *Aspergillus flavus* in culture media and cheese. *Journal of Food and Chemical Toxicology*. 47(10):2397- 2400.
- Gomez, M., Ronda, F., Caballero, P. A., Blanco, C. A. and Rosell, C. M. 2007. Functionality of different hydrocolloids on the quality and shelf-life of yellow layer cakes. *Food Hydrocolloid*. 21(2): 167-173.
- Gurib-Fakim, A. 2006. Medicinal plants: Traditions of yesterday and drugs of tomorrow. *Molecular Aspects of Medicine*. 27(1): 1–93.
- Guy, R.C.E. 1983. Factors affecting the staling of Maderia slab cake. *Science of Food and Agriculture*. 34(5): 477-491.
- Hajmohammadi, A., Keramat, J., Hojjatoleslami, M. and Molavi, H. 2014. Evaluation effect of tragacanth gum on quality properties of sponge cake. *Iranian Journal of Food Science Technology*. 11(42): 1-8. (in Persian).
- ISIRI. 2007. Institute of Standard and Industrial Research of Iran, Food Microbiology Molds and Yeasts Count Method. ISIRI No. 2395. (in Persian)
- Ji, Y., Zhu, K., Qian, H. and Zhou, H. 2007. Staling of cake prepared from rice flour and sticky rice flour. *Food Chemistry*. 104(1): 53-58.
- Jovanovica, G. D., Klausb, A. S. and Niksi, M. P. 2016. Antimicrobial activity of chitosan coatings and films against *Listeria monocytogenes* on black radish. *Revista Argentina De Microbiología*. 48(2): 128-136.
- Karaoglu, M. M. and Kotancilar, H. G. 2009. Quality and textural behavior of par-baked and rebaked cake during prolonged storage. *International Journal of Food Science and Technology*. 44(1): 93-99.
- Kong, M., Guang Chen, X., Xing, K. and Jin Park, H. 2010. Antimicrobial properties of chitosan: A state of art review. *International Journal of Food Microbiology*. 144(1): 51-63.
- Lin, S.D. and Lee, C.C. 2005. Qualities of chiffon cake prepared with indigestible dextrin and sucralose as replacement for sucrose. *Cereal Chemistry*. 82(4): 405-413.

- Liu, C. C., Tellez-Garay, A. M. and Castell-Perez, M. E. 2004. Physical and mechanical properties of peanut protein films. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*. 37(2): 731-739.
- Lotfinia, S., Javanmard Dakheli, M. and Mohammadi Nafchi, A. 2014. Application of starch foams containing cinnamon essential oils to prevent mold growth and improve shelf life of packaged bread. *Journal of Food Industry Research*. 42 (3): 439-451. (in Persian)
- Maghsoudlou, A., Maghsoudlou, Y., Khomeiri, M. and Ghorbani, M. 2012. Evaluation of anti-fungal activity of chitosan and its effect on the moisture absorption and organoleptic characteristics of Pistachio nuts. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*. 2(4): 65-69.
- McCarthy, D. F., Gallagher, E., Gormley, T. R., Schober, T. J. and Arendt, E. K. 2005. Application of response methodology in the development of gluten free bread. *Cereal Chemistry*. 82 (5): 609-615.
- Moshak, Z. and Moradi, B. 2011. The Effect of combination of cinnamon and shirazi thyme essential oil on bacillus cereus growth in a food model. *Journal of Medicinal Plants*. 2(42): 62-73. (in Persian)
- Nyanjage, M.O., Nyalala, S.P.O., Illa, A.O., Mugo, B.W., Limbe, A.E. and Vulimu, E.M. 2005. Extending postharvest life of sweet pepper (*Capsicum annum* L. 'California Wonder') with modified atmosphere packaging and storage temperature. *Agriculture Tropica ET Subtropica*. 38(2): 28-34.
- Olivas, G.I. and Barbosa -Canovas, G.V. 2005. Edible coatings for fresh-cut fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 45(7-8): 657-670.
- Peyghambaroust, S. H. 2010. *Cereal Products Yechnology*. Volume 2. Tabriz University of Medical Science. 250p.
- Petrou, S., Tsiraki, M., Giatrakou, V. and Savvaidis, I.N. 2012. Chitosan dipping or oregano oil treatments, singly or combined on modified atmosphere packaged chicken breast meat. *International Journal of Food Microbiology*. 156(3): 264-271.
- Pires, C., Ramos, C., Teixeira, B., Batista, I. and Nunes, M.L.A.M. 2013. Hake proteins edible films incorporated with essential oils: physical, mechanical, antioxidant and antibacterial properties. *Food Hydrocolloid*. 30(1): 224-314.
- Ravi Kumar, M.N.V. 2001. A review of chitin and chitosan applications. *Reactive and Functional Polymers*. 46(1): 1-27.
- Rodriguez, A., Nerin, C. and Batlle, R. 2008. New cinnamon-based. Active paper packaging against *Rhizopus stolonifer* food spoilage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56(15): 6364-6369.
- Sánchez-González, L., Cháfer, M., Chiralt, A. and González-Martínez, C. 2010. Physical properties of edible chitosan films containing bergamot essential oil and their inhibitory action on *Penicillium italicum*. *Carbohydrate Polymer*. 82(2): 277-283.
- Sánchez-González, L., Chiralt, A., González-Martínez, C. and Cháfer, M. 2011. Effect of essential oils on properties of film forming emulsions and films based on hydroxyl propyl methyl cellulose and chitosan. *Journal of Food Engineering*. 105(2): 246-53.
- Sharma, S. and Rao, T. V. R. 2014. Xanthan gum based edible coating enriched with cinnamic acid prevents browning and extends the shelf-life of fresh-cut pears, *LWT - Food Science and Technology*. 11 (50): 1-10.
- Siripatrawan, U. and Harte, B. 2010. Physical properties and antioxidant activity of an active film from chitosan incorporated with green tea extract. *Food Hydrocolloids*. 24(8): 770-775.

- Soliman, K. M. and Badaaea, R. I. 2002. Effect of oil extracted from some medicinal plants on different mycotoxigenic fungi. *Food and Chemical Toxicology*. 40(11): 1669- 1671.
- Suyatma, N. E., Copinet, A., Tighzert, L. and Coma, V. 2004. Mechanical and barrier properties of biodegradable films made from chitosan and poly (lactic acid) blends. *Journal of Polymers and the Environment*. 12(1): 1-6.
- Vasi-latos, G. C. and Savvaidis, I. N. 2013. Chitosan or rosemary oil treatments, singly or combined to increase turkey meat shelf-life. *International Journal of Food Microbiology*. 166(1): 54-58.
- Ziani, Kh. Oses, J., Coma V. and Mate, J.I. 2008. Effect of presence of glycerol and tween 20 on the chemical and physical properties of films based on chitosan with different degree of deacetylation. *LWT- Food Science and Technology*. 41(10): 2159-2165.

Effect of Chitosan Coating and Cinnamon Extract on Quality and Textural Properties of Oil Containing Breakfast Cake During Storage

Sh. Zomorodi* and H.Babapour

* Corresponding Author: Assistant Professor, Department of Engineering Research, West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Urmia, Iran.
Email: s.zomorodi@areeo.ac.ir

Received: 6 March 2018, Accepted: 10 July 2018

In this study, the effect of chitosan coating (0, 0.5 and 1%) and cinnamon extract (0, 2 and 4%) were evaluated on moisture content, texture and sensory properties and fungal growth of oily breakfast cake during 21 days storage at room temperature. The results showed that during storage, the moisture content of control sample decreased about 42.7% but the growth of fungi increased about 3.9 log cfu/g. Application of chitosan coatings at 0.5% and 1% levels, increased moisture content 19.5% and 25.4%, and springiness 1.5% and 0.4%, while decreased hardness 63% and 49%, and the number of fungi 1.5 and 1.7 log cfu/g, respectively, compared to the control sample ($p < 0.05$). The increase of cinnamon extract also has a synergistic effect. According to the sensory evaluation results, using chitosan coating significantly increased the texture and flavor score of cake compared to the control sample. Adding cinnamon extract also increased the color score of cake brain compared to the control sample. According to the results obtained in this study, using 0.5% chitosan coating containing 2% cinnamon extract is recommended for coating sponge breakfast cake.

Keywords: Antimicrobial, Sensory properties, Sponge cake, Storage life