مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بررسی تأثیر پوشش خوراکی کیتوزان-ژلاتین حاوی عصاره پوست پرتقال بر خواص کیفی و ماندگاری خرمای کبکاب

محمد گنجه[۱و۲]، ناهید احمدی ثابت[۲]، غلامرضا عبدی*[۳]، سید سعید سخاوتی زاده[٤]، حمید بخش‌آبادی[۱]

۱- گروه کشاورزی، مجتمع آموزش عالی میناب، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.

۲- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، مؤسسه آموزش عالی خرد، بوشهر، ایران.

۳- پژوهشکده زیست فناوری خلیج فارس، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران.

٤- مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس، سازمان تحقیقات و آموزش جهاد کشاورزی، شیراز، ایران.

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱٤۰۳/٤/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱٤۰۳/۷/۸

کلمات کلیدی:

خرما کبکاب،

پوشش خوراکی،

کیتوزان،

ژلاتین،

عصاره پوست پرتقال

DOI:10.22034/FSCT.22.159.232.

* مسئول مکاتبات:

abdi@pgu.ac.ir

چکیده

خرما از نظر تغذیه‌ای بسیار غنی بوده و از لحاظ تجاری و صادرات نیز از اهمیت بالایی برخوردار است. لذا راهکارهای مختلف در جهت افزایش ماندگاری این محصول اتخاذ شده که می‌تواند آن را در گستره زمانی وسیع‌تر در اختیار مصرف‌کننده‌ها قرار دهد. از این‌رو هدف مطالعه حاضر استفاده از پوشش خوراکی مبتنی بر کیتوزان-ژلاتین حاوی عصاره طبیعی پوست پرتقال بر روی خرما کبکاب ذخیره شده در دو دمای ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ روز بود. در همین راستا با آزمون‌های فیزیکوشیمیایی (افت وزن، pH، اسیدیته، رطوبت، قند احیاء، مواد جامد محلول و سفتی بافت) و حسی (پذیرش کلی)، وضعیت تیمارها طی مدت نگهداری بررسی گردید. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته کمترین تغییرات افت وزن در هر دو دمای مورد بررسی (٤ و ۲۵ درجه‌سانتی‌گراد) در نمونه تیمار شده با پوشش خوراکی کیتوزان-ژلاتین حاوی عصاره پوست پرتقال در روز ۹۰ نگهداری بود. نتایج نشان داد که با افزایش زمان و دمای نگهداری، میزان pH و رطوبت کاهش و میزان اسیدیته، مواد جامد محلول، قند احیاء و سفتی بافت افزایش معنی‌داری داشتند ($p<۰/۰۵$). همچنین با افزایش زمان و دمای نگهداری روند کاهشی در ویژگی‌های حسی وجود داشت و نمونه‌های تیمار شده با پوشش خوراکی بر پایه کیتوزان-ژلاتین حاوی ٤ mg/ml و ۱۰ عصاره پوست پرتقال دارای بالاترین مطلوبیت در ویژگی‌های حسی خرما کبکاب بودند. بر اساس نتایج بررسی‌ها می‌توان پوشش خوراکی کیتوزان-ژلاتین حاوی عصاره پوست پرتقال را به عنوان بهترین فرمولاسیون در جهت افزایش ماندگاری خرما کبکاب تا ۹۰ روز معرفی نمود.

۱-مقدمه

خرما (*Phoenix dactylifera* L.) موفق‌ترین و مهم‌ترین محصول معیشتی در بیشتر مناطق گرم و خشک محسوب می‌شود. میوه خرما یک محصول مهم تجاری در کشورهای خاورمیانه است. این محصول منبع غنی کربوهیدرات، قندهای ساده، مواد معدنی، عناصری مانند فسفر، آهن، پتاسیم، ویتامین‌ها و درصد بالایی از فیبرهای غذایی شناخته شده است، اما نسبتاً کم پروتئین است [۱]. امروزه در بسته‌بندی مواد غذایی، فیلم و پوشش‌های خوراکی در بسیاری موارد به طور کامل جایگزین فیلم‌های پلیمری سنتزی یا ترموپلاستیک (Thermoplastic) شده‌اند. از آن جمله می‌توان به استفاده از انواع این پوشش‌ها و فیلم‌ها بر سطح فرآورده‌های غذایی نظیر فرآورده‌های قنادی، میوه‌ها و سبزی‌های تازه، برخی فرآورده‌های گوشتی، طیور و ماهی، فرآورده‌های منجمد، خشک شده اشاره داشت [۲]. استفاده از پوشش‌ها و لفاف‌های خوراکی در افزایش ماندگاری و بهبود کیفیت مواد غذایی تازه و منجمد روشی است که طی سالیان اخیر مورد توجه فراوان قرار گرفته است [۳]. پوشش‌ها یا فیلم‌های خوراکی با بهبود ظاهر میوه‌ها، به تأخیر انداختن رسیدن و تغییر رنگ و داشتن عملکردهایی نظیر حامل عوامل ضد میکروبی و ضد قهوه‌ای شدن بودن، ممانعت از ورود رطوبت و اکسیژن و در نتیجه کاهش سرعت واکنش اکسیداسیون، کیفیت و ماندگاری مواد غذایی را بهبود می‌بخشند [٤] . در سال‌های اخیر، پروتئین سویا، ژلاتین، کازئین، کلاژن، کیتوزان، پروتئین آب پنیر، فیلم‌های مبتنی بر متیل سلولز و غیره ازجمله پرکاربردترین فیلم‌ها یا پوشش‌های خوراکی بوده است [٥]. از طرف دیگر، مشخص شده است که ذخیره‌سازی سرد، ماندگاری میوه را به تأخیر می‌اندازد و ماندگاری خرما را در مقایسه با ذخیره‌سازی در شرایط محیط افزایش می‌دهد [٦].

کیتوزان دارای خواصی مانند غیرسمیت، زیست سازگاری، تجزیه بیولوژیکی و فعالیت ضد میکروبی می‌باشد که باعث افزایش استفاده از این ماده در مقایسه با بسیاری از بیوپلیمرها شده است [۷]. بعلاوه، کیتوزان بسیاری از خواص مفید سلامتی از جمله خاصیت آنتی‌اکسیدانی [۸]، خاصیت ضد دیابت [۹]، اثرات موثر در کاهش وزن [۱۰]، فعالیت ضد سرطانی [۱۱]، فعالیت کاهش دهنده کلسترول [۱۲] و سایر موارد را فراهم می‌کند، که آن را به یک عامل امیدوار کننده برای فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی تبدیل می‌کند. در تحقیقی دیگر در مورد استفاده از فیلم‌های ضد میکروبی مبتنی بر کیتوزان گزارش گزارش شده است که ایمنی مواد غذایی را فراهم می‌کند و ماندگاری محصولات غذایی را افزایش می‌دهد [۱۳]. بعلاوه از کیتوزان به عنوان مواد بسته‌بندی زیست فعال برای حفظ محصولات لبنی نیز استفاده شده است [١٤]. خواص کیتوزان را می‌توان درصورت استفاده با سایر عوامل فعال زیستی بهبود بخشید [١٥]. با وجود تمام این مزایا استفاده از کیتوزان به عنوان ماده بسته‌بندی به دلیل خاصیت مکانیکی ضعیف، مقاومت در برابر آب به دلیل خاصیت آبدوستی با چالش‌هایی مواجه است [١٦].

ژلاتین یک بیوپلیمر کاربردی مانند پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌ها است [۱۷] که توانایی تشکیل فیلم مناسب [۱۸]، تجزیه بیولوژیکی [۱۹] و خاصیت ضد بخار آب قوی [۲۰] را دارد. ژلاتین به راحتی با کیتوزان مخلوط می‌شود و به دلیل اسیدهای آمینه با بار منفی، امکان تعامل الکترواستاتیک با کیتوزان با بار مثبت را فراهم می‌کند [۲۱]. از فیلم‌های ژلاتینی به عنوان مواد بسته‌بندی خوراکی سازگار با محیط زیست برای حفظ ماندگاری مواد غذایی به ویژه مواد حساس به تغییرات کیفیت ناشی از جذب رطوبت استفاده شده است [۲۲].

پوست پرتقال به اپیکارپ (*Epicarp*) یا فلاودو (Flavedo) (سطح رنگی بیرونی) و مزوکارپ (Mesocarp) یا آلبدو (Albedo) (لایه میانی سفید نرم) تقسیم می‌شود . استفاده از بخش‌های مختلف مرکبات

برای درمان و پیشگیری از بیماری‌های مختلف استفاده شده است که به عنوان چند نمونه می‌توان به مطالعاتی مانند درمان اسکوربوت [۲۳] آب پرتقال، لیمو ترش ولیمو برای پیشگیری از تشکیل سنگ کلیه [۲٤]، گریپفروت عامل کاهش دهنده فشار خون [۲۵] ، فلاونوئیدهای مرکبات عاملی مؤثر در تعدیل متابولیسم لیپیدهای کبدی [۲٦]، آب پرتقال برای جلوگیری و تعدیل فرآیندهای التهابی [۲۷] ، پلی‌فنولیک‌های پوست کامکوات حاوی عوامل آنتی‌اکسیدانی مؤثر [۲۸]، آب گریپ فروت دارای اثرات ضد سمیت ژنی [۲۹] اشاره کرد.

با توجه به اهمیت خرما در ارتباط با تأمین مواد غذایی، صنعتی و نقش آن در اقتصاد و معشیت مناطق خرماخیز و همچنین به علت داشتن ویژگی‌های مناسب برای صادرات، توجه به مشکلات و مسائل آن ضروری است. از اینرو این ضرورت ایجاد گردید که خرما کبکاب که در ایران بصورت وسیعی کشت می‌شود را توسط پوشش خوراکی کیتوزان–ژلاتین حاوی عصاره طبیعی پوست پرتقال مورد بررسی قرار داده و از طرفی با استفاده از پسماند کارخانجات آبمیوه و استخراج عصاره‌های سرشار از ترکیبات زیست فعال و کاهش هزینه و همچنین کاهش آلودگی محیط بهره برد.

۲–مواد و روش‌ها

تهیه پودر و عصاره پوست پرتقال

میوه‌های پرتقال (رقم تامسون ناول) را با آب مقطر شستشو داده و پوست آنها را جدا کرده و قسمت‌های خوراکی آنها با دقت جدا شد. پوست‌های جدا شده را به مدت ٤٨ ساعت در آون با دمای ٤٠ درجه سانتی‌گراد قرار داده تا بصورت کامل خشک شدند و سپس توسط آسیاب برقی به پودر ریز تبدیل کرده و از طریق الک شماره ٢٤ عبور داده شد. بر اساس روش‌های توصیه شده ۱۰۰ گرم نمونه پودر تهیه شده با ۸۰۰ میلی‌لیتر متانول به روش سوکسله در دمای اتاق و به مدت ٦ ساعت، عصاره‌گیری شد. این مخلوط از طریق کاغذ صافی واتمن شماره ۲ برای حذف ذرات پوست صاف شد. عصاره‌های صاف شده توسط اواپراتور چرخشی تحت خلاء در دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد تا حذف کامل حلال فرایند شد. عصاره‌ها را در شیشه‌های تیره قرار داده و تا زمان استفاده در یخچال با دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند [۳۰].

بعد از استخراج عصاره پوست پرتقال

تهیه پوشش خوراکی

به طور خلاصه برای تهیه پوشش ژلاتین (GL)، پودر ژلاتین در آب مقطر دو بار تقطیر (۱ درصد وزنی/حجمی)، حل شده و جهت تورم و انحلال بهتر ٤۰ دقیقه در دمای محیط نگهداری شدند. پس از آن، محلول در دمای ٤۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤۵ دقیقه به آرامی همزده شد. برای تهیه پوشش کیتوزان (CH)، پودر کیتوزان در آب مقطر دو بار تقطیر (۲ درصد وزنی/حجمی) که حاوی ۰/۰۷ درصد اسید استیک است، حل شد و محلول در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت همزده شد. برای تهیه پوشش کیتوزان–ژلاتین (CH-GL)، به محلول کیتوزان، پودر ژلاتین (۱ درصد وزنی/حجمی) اضافه شد و محلول در دمای ٤۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤۵ دقیقه همزده شد. به منظور نرم شدن و انعطاف‌پذیر شدن پوشش‌ها ،۰/۷۵ درصد (حجمی/حجمی) گلیسرول به عنوان نرم‌کننده (پلاستیسایزر) به محلول اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه مخلوط کردن ادامه یافت [۳۱].

در ادامه جهت غنی‌سازی پوشش‌های خوراکی با ترکیبات زیست فعال، به هر پوشش مقادیر ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر عصاره پوست پرتقال(OPE) اضافه شد و محلول‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تا حلالیت کامل مخلوط شدند [۳۲]. محلول‌های پوشش‌دهی نهایی جهت پوشش‌دهی خرمای کبکاب طبق جدول ۱ می‌باشد.

جهت پوشش‌دهی خرماهای کبکاب با توجه به غیریکنواخت بودن سطح خرما، عملیات پوشش‌دهی از روش غوطه‌وری صورت پذیرفت. بدین صورت که خرماهای کبکاب به مدت ۲ دقیقه در محلول‌های تهیه شده غوطه‌ور شدند و سپس محلول پوشش‌دهی اضافی با آبکش کردن از خرما جدا شد. خرماهای پوشش داده شده در شرایط آزمایشگاهی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲٤ ساعت خشک شده و در بسته‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شدند. تیمار شاهد فاقد پوشش (آب مقطر) بود. خرماهای تیمار شده و شاهد پس از بسته‌بندی، در دو دمای ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شده و در زمان‌های ۰، ۱، ۲ و ۳ ماه پس از نگهداری مورد بررسی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی قرار گرفتند.

Table 1: Treatments used to coating the Kabkab dates

Row	Coating composition	Sample Code
1	GL (1 %) + OPE (5 mg/ml)	G-E5
2	GL (1 %) + OPE (10 mg/ml)	G-E10
3	CH (2 %) + OPE (5 mg/ml)	CH-E5
4	CH (2 %) + OPE (10 mg/ml)	CH-E10
5	GL (1 %) + CH (2 %) + OPE (5 mg/ml)	G-CH-E5
6	GL (1 %) + CH (2 %) + OPE (10 mg/ml)	G-CH10E
7	Control sample (uncoated)	C

بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی

ارزیابی pH

میزان pH با استفاده از دستگاه pH متر (Metrohm 827, Germany) که با محلول‌های بافر ٤ و ۷ کالیبره شد و با الکترودهای شیشه‌ای استاندارد در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری گردید. بدین صورت که ۲۵ گرم خرما در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر توسط مخلوط‌کن کاملاً همگن شده و سپس از کاغذ صافی عبور داده شد [۳۳].

ارزیابی اسیدیته

جهت اندازه‌گیری میزان اسیدیته (برحسب اسید سیتریک) در خرماهای کبکاب به روش تیتراسیون به هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال انجام شد. بدین منظور ابتدا ۵ گرم از هر نمونه خرما در هاون چینی خمیر شده و پس از افزودن ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۱۵ دقیقه همزدن برروی شیکر، تیتراسیون با استفاده از محلول سود ۰/۱ نرمال تا رسیدن به pH حدود ۸/٤ تا ۸/٦ انجام شد [۳۳] . اسیدیته خرما با استفاده از معادله ۱ محاسبه گردید:

معادله ۱

$$\text{اسیدیته} = \frac{V \times N \times 0.064}{M} \times 100$$

در این معادله V، مقدار سود مصرفی به میلی‌لیتر، N، نرمالیته سود مصرفی و M وزن نمونه (گرم) می‌باشد.

اندازه‌گیری رطوبت

ده گرم میوه خرما بدون هسته با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط کرده و با آسیاب به قطعات کوچک تبدیل شد. سپس برای تعیین رطوبت، نمونه‌های چرخ شده را به میزان 3–2 گرم توزین کرده و در آون تحت خلاء (Memmert V049, Germany) در دمای ٦۵–۷۰ درجه

سانتی‌گراد به مدت ٤٨ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت خشک شد [٣٤].

ارزیابی مواد جامد محلول کل (بریکس)

ده گرم میوه خرما بدون هسته با ١٠ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط کرده و با آسیاب به قطعات کوچک تبدیل شد. سپس مقدار بریکس (مواد جامد محلول)[1] (TSS) برای هر عصاره با استفاده از رفراکتومتر دیجیتال (Atago PL-2, Japan) قرائت شد [٣٤] .

افت وزن

افت وزن به وسیله اندازه‌گیری وزن خرما در زمانهای ٠، ١، ٢ و ٣ ماه پس از نگهداری و محاسبه اختلاف وزن در هر زمان با وزن اولیه خرما بدست آمد [٣٥].

اندازه‌گیری قند احیاء کننده

برای اندازه‌گیری قند احیاء کننده خرما از روش لین اینون استفاده شد [36]. اساس این روش احیاء مس دو ظرفیتی حاصل از ترکیب فهلینگ A و B توسط قندهای احیاء کننده و تبدیل آن به مس یک ظرفیتی می‌باشد. بدین منظور پس از توزین ٤ گرم خرما و رساندن به حجم ١٠٠ میلی‌لیتر، تیتراسیون محلول‌های فهلینگ A و B با محلول قندی تا تشکیل رسوب قرمز آجری و در حضور معرف متیلن بلو انجام شد. مقدار گرم قند احیاء کننده در ١٠٠ گرم نمونه خرما از معادله ٢ محاسبه شد.

معادله ٢
$$n = \frac{F \times 100 \times 100}{M \times V}$$

در این معادله n، مقدار گرم قند احیاء کننده در ١٠٠ گرم نمونه خرما، F، فاکتور فهلینگ، V، حجم محلول قندی مصرفی برای تیتراسیون و M، وزن نمونه خرما (گرم) می‌باشد .

سفتی بافت

سفتی بافت، پس از جدا کردن هسته خرما، طی آزمون نفوذ توسط دستگاه پنترومتر (Lutron FR-5120, Taiwan) توسط یک پروب استوانه‌ای با قطر ١/٢٧ سانتیمتر با سرعت ٢ میلی‌متر در ثانیه و عمق نفوذ ١/٣ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد [36].

ارزیابی ویژگی‌های حسی

این ارزیابی توسط ١٠ نفر ارزیاب نیمه آموزش دیده متشکل از ٥ مرد و ٥ زن انجام گرفت. ارزیابی حسی بر روی ویژگی‌های طعم و مزه (طعم مطلوب تا طعم ترشیدگی)، درخشندگی، سفتی بافت و پذیرش کلی با استفاده از آزمون هدونیک ٥ نقطه‌ای (١، ٢، ٣، ٤ و ٥ به ترتیب معادل خیلی بد، بد، متوسط، خوب و خیلی خوب) انجام شد. این ارزیابی یک روز بعد از پوشش‌دهی و هر ١ ماه یکبار تا ٣ ماه تکرار گردید.

طرح آماری

کلیه آزمون‌ها در سه تکرار صورت پذیرفت. آنالیز آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ١٩ انجام و نتایج به صورت میانگین مثبت، منفی انحراف معیار بیان شدند. جهت ارائه تفاوت بین داده‌ها از جدول آنالیز واریانس یک‌طرفه ANOVA و همچنین برای اختلاف میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح ٥ درصد استفاده شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Microsoft Excel نسخهٔ ٢٠١٦ استفاده گردید.

٣- نتایج و بحث

تغییرات افت وزن

افت وزن فیزیولوژیکی میوه‌ها و سبزیجات به‌طور مستقیم با از دست دادن آب و تنفس محصولات تولید شده از طریق پوست در ارتباط است. میزان از دست دادن رطوبت به گرادیان فشار بافت‌های تولید شده بستگی دارد. این عامل مهمی است که طول عمر میوه‌ها و سبزیجات پس از

1 -Total Soluble Solids

برداشت را تعیین می‌کند [۳۷, ۳۸]. تأثیر تیمارهای پوششی مورد مطالعه بر افت وزن میوه‌های خرما کبکاب در دمای ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۰ روز بررسی شد و نتایج بدست آمده در جدول ۲ ارائه شد. داده‌های ارائه شده نشان داد که افت وزن به تدریج برای تمام تیمارهای مورد مطالعه با افزایش دوره ذخیره‌سازی افزایش می‌یابد، این افت وزن عمدتاً به میزان تنفس و تبخیر رطوبت میوه‌ها مربوط می‌شود [۳۹]. اما بیشترین افزایش برای نمونه شاهد در هر دو دمای نگهداری مشاهده شد. از نتایج می‌توان متوجه شد که پائین‌ترین تغییرات افت وزن در دمای 4 درجه سانتی‌گراد بجز روز اول به ترتیب، در روز سوم در دو نمونه خرما پوشش شده با کیتوزان-ژلاتین حاوی ۱۰mg/ml (۱/۷۰±۰/۰۲ درصد) و ۵mg/ml (۱/۷۸±۰/۰۱ درصد) و بالاترین تغییرات در روز ۹۰ نگهداری در نمونه شاهد با میزان ۹/۱۲±۰/۰۷ درصد بود. همچنین پائین‌ترین تغییرات افت وزن در دمای 25 درجه سانتی‌گراد بجز روز اول به ترتیب، در روز سوم در نمونه خرما پوشش شده با کیتوزان-ژلاتین حاوی ۱۰mg/ml (۳/۹۲±۰/۰۳ درصد) و بالاترین تغییرات در روز ۹۰ نگهداری در نمونه شاهد با میزان ۱۱/۳۹±۰/۰۹ درصد بود. در مقایسه تغییرات افت وزن نمونه‌های خرما تیمار شده با انواع مختلف پوشش‌های خوراکی حاوی عصاره پوست پرتقال در دو دمای مختلف ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد طبق جدول ۲ مشاهده گردید که تغییرات افت وزن در دمای بالاتر (۲۵ درجه سانتی‌گراد) بیشتر از دمای پائین (٤ درجه سانتی‌گراد) بود؛ بطوری که کمترین تغییرات افت وزن در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد ٦/٤٩±۰/۰۱ درصد و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد برابر با ۷/٦۱±۰/۰٦ درصد بعد از ۹۰ روز نگهداری بود که هردو نمونه پوشش شده با پوشش خوراکی مبتنی بر کیتوزان-ژلاتین حاوی عصاره پوست پرتقال بود. این کاهش در افت وزن میوه‌های تیمار شده در مقایسه با نمونه شاهد، احتمالاً به دلیل تأثیر پوشش‌ها به عنوان یک مانع نیمه نفوذپذیر در برابر اکسیژن، دی اکسید کربن، رطوبت و حرکت املاح است، در نتیجه تنفس، کاهش آب و سرعت واکنش اکسیداسیون را کاهش می‌دهد [٤۰]. مطالعات متعددی نتایج مبنی بر تأثیر پوشش‌های خوراکی را بر کاهش در افت وزن میوه‌های تیمار شده را نشان داده‌اند که تأیید کننده نتایج به دست آمده از مطالعه حاضر است. همچنین تعدادی از محققان در مطالعات خود مبنی بر تأثیرات پوشش خوراکی بر افت وزن گزارش کرده‌اند که پوشش خوراکی به دلیل خاصیت ممانعت کنندگی در برابر از دست دادن آب، کاهش سنتز و کنترل فعالیت آنزیمی، می‌تواند افت وزن میوه و سبزیجات را در طول دوره ذخیره‌سازی کند نماید [٤۱، ٤۲ و ٤۳]. بنابراین می‌توان با توجه به نتایج به دست آمده بیان کرد پوشش مبتنی بر کیتوزان-ژلاتین حاوی عصاره پوست پرتقال سبب محدود شدن انتقال آب از طریق بستن منافذ روی سطح خرما کبکاب و کاهش درصد افت وزن میوه شده است.

Table 2: Effect of coating, temperature and storage time on the weight (g) loss of Kabkab dates

Storage Temperature	Edible Coating	Day 1	Day 30	Day 60	Day 90
4	**G-E5**	0^{d}	$2.34 \pm 0.03^{cB**}$	4.93 ± 0.07^{bB}	7.11 ± 0.09^{aB}
	G-E10	0^{d}	2.23 ± 0.03^{cC}	4.80 ± 0.05^{bC}	7.02 ± 0.05^{aB}
	CH-E5	0^{d}	2.04 ± 0.04^{cD}	4.31 ± 0.04^{bD}	6.80 ± 0.04^{aC}
	CH-E10	0^{d}	1.97 ± 0.07^{cD}	4.22 ± 0.05^{bDE}	6.88 ± 0.07^{aC}
	G-CH-E5	0^{d}	1.78 ± 0.03^{cE}	4.16 ± 0.04^{bE}	6.49 ± 0.02^{aD}
	G-CH-E10	0^{d}	1.70 ± 0.03^{cE}	4.02 ± 0.06^{bF}	6.52 ± 0.1^{aD}

	C	0^{d}	5.56 ± 0.07^{cA}	7.64 ± 0.13^{bA}	9.12 ± 0.12^{aA}
	G-E5	0^{d}	$4.42 \pm 0.05^{cB**}$	6.81 ± 0.04^{bB}	8.01 ± 0.13^{aBC}
	G-E10	0^{d}	4.40 ± 0.04^{cB}	6.87 ± 0.04^{bB}	8.17 ± 0.06^{aB}
	CH-E5	0^{d}	4.23 ± 0.03^{cC}	6.52 ± 0.12^{bCD}	7.79 ± 0.03^{aDE}
25	**CH-E10**	0^{d}	4.15 ± 0.08^{cC}	6.60 ± 0.17^{bC}	7.91 ± 0.08^{aCD}
	G-CH-E5	0^{d}	4.11 ± 0.05^{cC}	6.46 ± 0.06^{bCD}	7.72 ± 0.12^{aDE}
	G-CH-E10	0^{d}	3.92 ± 0.05^{cD}	6.37 ± 0.06^{bD}	7.61 ± 0.11^{aE}
	C	0^{d}	6.39 ± 0.11^{cA}	9.43 ± 0.06^{bA}	11.39 ± 0.16^{aA}

*Data are reported as (mean ± standard deviation) in three replicates.

**The same lowercase letters (a-d) in each row and the same uppercase letters (A-F) in each column indicate no significant difference (P>05.0) between the data based on Duncan's test. (G-E5): gelatin + 5 mg/ml orange peel extract; (10G-E): gelatin + 10 mg/ml orange peel extract; (CH-E5): chitosan + 5 mg/ml orange peel extract; (10CH-E): chitosan+mg/ml 10 orange peel extract; (G-CH-E5): gelatin + chitosan + 5 mg/ml orange peel extract; (10G-CH-E): gelatin + chitosan + 10 mg/ml orange peel extract.

pH و اسیدیته قابل تیتراسیون

در جدول ۳ و ٤ تغییرت pH و اسیدیته را در بازه زمانی ۹۰ روزه و تحت تاثیر پوشش‌ها در دو دمای ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد. اسیدیته قابل تیتراسیون نمونه‌های خرما کبکاب ذخیره شده روند کاهشی اسیدیته و روند افزایشی pH را در نمونه شاهد و نمونه‌ها خرما تیمار شده با پوشش خوراکی با گذشت زمان ذخیره‌سازی نشان داد. بطوری که پائین‌ترین تغییرات میزان pH در دو دمای ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد در روز اول در نمونه‌های خرما در محدوده بین ٦/۰۰–۹٦.۵ و کمترین میزان pH در روز ۹۰ نگهداری در نمونه خرما تیمار شده با پوشش خوراکی مبتنی بر کیتوزان–ژلاتین حاوی عصاره پوست پرتقال در دمای ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد به ترتیب، ٦/٤٧±۰/۰۳ و ٦/۳۰±۰/۰۲ بود و همانطور که از مقایسه تغییرات بین دو دما مشاهده می‌شود با افزایش دما میزان pH کاهش می‌یابد. بنابراین سه عامل زمان، دما و نوع پوشش بر میزان تغییرات pH تأثیرگذار بوده است. در بررسی میزان تغییرات اسیدیته قابل تیتراسیون در این سه دوره نگهداری در دمای 4 درجه سانتی‌گراد کمترین میزان را در نمونه شاهد در روز ۹۰ نگهداری با میزان ۰/۱۱±۰/۱٦۳ و بالاترین میزان را نمونه خرما پوشش شده با کیتوزان–ژلاتین حاوی عصاره پوست پرتقال به میزان ۰/۰۰۵±۰/۲۸۳ در روز ۳۰ نگهداری نشان داد، از طرفی اثر نوع پوشش خوراکی بر میزان تغییرات میزان اسیدیته در روز ۳۰، ٦۰ و ۹۰ نگهداری تأثیرگذار بوده بطوری که در بین تمام نمونه‌های خرما پوشش شده حاوی عصاره پوست پرتقال اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($p<0/05$) ولی با نمونه شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند ($p<0/05$). میزان تغییرات اسیدیته نمونه‌های خرما تیمار شده با انواع مختلف پوشش‌های خوراکی حاوی عصاره پوست پرتقال در دو دمای مختلف ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد می‌توان بیان کرد که با گذشت زمان میزان اسیدیته نمونه‌های خرما افزایش داشته است. همچنین در بررسی اثر نوع پوشش خوراکی می‌توان هر دو پوشش خوراکی مبتنی بر کیتوزان–ژلاتین حاوی عصاره پوست پرتقال را در ایجاد تغییرات کمتر میزان اسیدیته بیان کرد. بنابراین این مطالعه پتانسیل پوشش خوراکی کامپوزیت کیتوزان–ژلاتین حاوی عصاره پوست پرتقال را در کاهش تلفات خرما کبکاب پس از برداشت نشان داد. می‌توان بیان کرد که پوشش‌های خوراکی از طریق کاهش میزان تنفس و استفاده کمتر از اسیدهای آلی ذخیره شده در واکوئل‌ها به عنوان بستر تنفسی، به تأخیر در بلوغ میوه و رسیدن آن کمک می‌کنند [٤٤].

Table 3: Effect of coating, temperature and storage time on the pH of Kabkab dates

Storage Temperature	Edible Coating	Day 1	Day 30	Day 60	Day 90
4	**G-E5**	5.98 ±0.02^{dA**}	6.17 ±0.02^{cB}	6.38 ±0.03^{bB}	6.58 ±0.02^{aB}
	G-E10	5.96 ±0.001^{dA}	6.17 ±0.005^{cB}	6.37 ±0.04^{bB}	6.58 ±0.02^{aB}
	CH-E5	5.98 ±0.02^{dA}	6.13 ±0.01^{cC}	6.35 ±0.04^{bB}	6.53 ±0.03^{aBC}
	CH-E10	5.98 ±0.02^{dA}	6.14 ±0.01^{cC}	6.37 ±0.05^{bB}	6.52 ±0.02^{aCD}
	G-CH-E5	5.97 ±0.03^{dA}	6.10 ±0.01^{cD}	6.39 ±0.01^{bB}	6.53 ±0.04^{aBC}
	G-CH-E10	5.99 ±0.01^{dA}	6.10 ±0.01^{dD}	6.35 ±0.02^{bB}	6.47 ±0.03^{aD}
	C	5.97 ±0.01^{dA}	6.27 ±0.25^{cA}	6.64 ±0.04^{bA}	6.86 ±0.027^{aA}
25	**G-E5**	5.99 ±0.02 cA**	6.08 ±0.02 ^{cB}	6.20 ±0.06 ^{bB}	6.43 ±0.05 ^{aB}
	G-E10	5.97 ±0.005 ^{dA}	6.06 ±0.025 ^{cB}	6.21 ±0.01 ^{bB}	6.43 ±0.03 ^{aB}
	CH-E5	5.97 ±0.03 ^{dA}	6.07 ±0.02 ^{cB}	6.19 ±0.02 ^{bB}	6.35 ±0.03 ^{aC}
	CH-E10	6.00 ±0.01 ^{dA}	6.07 ±0.005 ^{cB}	6.17 ±0.02 ^{bB}	6.33 ±0.028 ^{aC}
	G-CH-E5	5.98 ±0.011 ^{dA}	6.06 ±0.011 ^{cB}	6.16 ±0.005 ^{bB}	6.30 ±0.02 ^{aC}
	G-CH-E10	5.98 ±0.02 ^{dA}	6.05 ±0.025 ^{cB}	6.16 ±0.005 ^{bB}	6.32 ±0.025 ^{aC}
	C	5.97 ±0.017 ^{dA}	6.19 ±0.02 ^{cA}	6.35 ±0.06 ^{bA}	6.62 ±0.04 ^{aA}

*Data are reported as (mean ± standard deviation) in three replicates.

**The same lowercase letters (a-d) in each row and the same uppercase letters (A-F) in each column indicate no significant difference (P>05.0) between the data based on Duncan's test. (G-E5): gelatin + 5 mg/ml orange peel extract; (10G-E): gelatin + 10 mg/ml orange peel extract; (CH-E5): chitosan + 5 mg/ml orange peel extract; (10CH-E): chitosan+mg/ml 10 orange peel extract; (G-CH-E5): gelatin + chitosan + 5 mg/ml orange peel extract; (10G-CH-E): gelatin + chitosan + 10 mg/ml orange peel extract.

Table 4: effect of coating, temperature and storage time on the acidity of Kabkab dates

Storage Temperature	Edible Coating	Day 1	Day 30	Day 60	Day 90
4	**G-E5**	0.276 ±0.005^{aA**}	0.276 ±0.005^{aA}	0.243 ±0.011^{bA}	0.216 ±0.025^{bA}
	G-E10	0.286 ±0.015^{aA}	0.266 ±0.02^{aA}	0.256 ±0.011^{aA}	0.203 ±0.015^{bA}
	CH-E5	0.286 ±0.011^{aA}	0.276 ±0.005^{aA}	0.256 ±0.01^{bA}	0.20 ±0.01^{cA}
	CH-E10	0.28 ±0.01^{aA}	0.263 ±0.011^{aA}	0.24 ±0.01^{bA}	0.203 ±0.011^{cA}
	G-CH-E5	0.296 ±0.005^{aA}	0.27 ±0.01^{bA}	0.25 ±0.01^{cA}	0.216 ±0.005^{dA}
	G-CH-E10	0.293 ±0.011^{aA}	0.283 ±0.005^{aA}	0.26 ±0.011^{bA}	0.22 ±0.01^{cA}
	C	0.293 ±0.011^{aA}	0.236 ±0.005^{bB}	0.206 ±0.015^{cB}	0.163 ±0.011^{dB}
25	**G-E5**	0.30 ±0.01^{aA**}	0.286 ±0.015^{abA}	0.256 ±0.005^{bA}	0.196 ±0.011^{cA}
	G-E10	0.293 ±0.011^{aA}	0.276 ±0.015^{aA}	0.256 ±0.005^{bA}	0.196 ±0.005^{cA}

CH-E5	0.286 ±0.005^{aA}	0.273 ±0.005^{abA}	0.26 ±0.02^{bA}	0.203 ±0.011^{cA}
CH-E10	0.296 ±0.005^{aA}	0.28 ±0.01^{bA}	0.26 ±0.01^{cA}	0.196 ±0.005^{dA}
G-CH-E5	0.28 ±0.01^{aA}	0.28 ±0.01^{aA}	0.263 ±0.011^{aA}	0.203 ±0.011^{bA}
G-CH-E10	0.29 ±0.017^{aA}	0.29 ±0.017^{aA}	0.263 ±0.005^{bA}	0.203 ±0.011^{cA}
C	0.29 ±0.02^{aA}	0.266 ±0.005^{abA}	0.243 ±0.01^{bB}	0.166 ±0.005^{cB}

*Data are reported as (mean ± standard deviation) in three replicates.

**The same lowercase letters (a-d) in each row and the same uppercase letters (A-F) in each column indicate no significant difference (P>05.0) between the data based on Duncan's test. (G-E5): gelatin + 5 mg/ml orange peel extract; (10G-E): gelatin + 10 mg/ml orange peel extract; (CH-E5): chitosan + 5 mg/ml orange peel extract; (10CH-E): chitosan+mg/ml 10 orange peel extract; (G-CH-E5): gelatin + chitosan + 5 mg/ml orange peel extract; (10G-CH-E): gelatin + chitosan + 10 mg/ml orange peel extract.

تغییرات مواد جامد محلول (TSS)

مواد جامد محلول (TSS) میوه‌ها و سبزیجات یک عامل مهم برای پذیرش مصرف کننده است. با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی ، وضعیت مواد جامد محلول میوه افزایش می‌یابد که به دلیل تبدیل هیدرولیتکی پلی‌ساکاریدهای پیچیده به قندهای ساده‌تر و تبدیل مواد پکتیک و غلظت آبمیوه است [٤٥]. در مطالعه حاضر، روند افزایش مواد جامد محلول در خرما کبکاب ذخیره شده در دو دمای ٤ و ٢٥ درجه سانتی‌گراد به مدت ٩٠ روز از زمان ذخیره‌سازی ارزیابی شد (جدول ٥). کمترین افزایش مواد جامد محلول در خرماهای کبکاب تیمار ذخیره شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد (٠/٠٥±٧٢/٢٣ درجه بریکس) و در دمای ٢٥ درجه سانتی‌گراد (٠/٠٧±٧٠/٢٦ درجه بریکس) در روز ٩٠ نگهداری ثبت شد. مواد جامد محلول به سرعت در نمونه‌های شاهد در مقایسه با خرما کبکاب تیمار شده در طول زمان ذخیره‌سازی ٩٠ روز افزایش یافت. میزان افزایش بالاتر مواد جامد محلول در خرما کبکاب شاهد (٠/٠٩±٨١/٠٦ درجه بریکس) در طول دوره ذخیره‌سازی در شرایط دمایی ٢٥ درجه سانتی‌گراد در روز ٩٠ نگهداری ثبت شد. همچنین در بررسی اثر نوع پوشش خوراکی می‌توان پوشش خوراکی مبتنی بر کیتوزان–ژلاتین حاوی عصاره پوست پرتقال را در ایجاد تغییرات کمتر میزان مواد جامد محلول بیان کرد. نتایج نشان داد که میزان افزایش مواد جامد محلول در خرما کبکاب شاهد در مقایسه با تیمارهای پوشش شده بالاتر بود؛ این ممکن است به دلیل اکسیداسیون و انتقال جرم میوه باشد [٤٦]. محتوای مواد جامد محلول تحت تأثیر محتوای قند میوه‌ها می‌باشد. در نتیجه، رشد میکروب‌هایی با توانایی تجزیه ترکیباتی از قبیل نشاسته، سلولز و پکتین همراه با آنزیم‌های طبیعی موجود در محصولات کشاورزی می‌توانند محتوای مواد جامد محلول میوه‌ها رابه دلیل تجزیه و افزایش حلالیت ترکیباتی با وزن مولکولی بالا افزایش دهند [٤٧, ٤٨]. افزایش کمتر مواد جامد محلول کل در نمونه‌های خرما کبکاب پوشش داده شده احتمالاً به دلیل کند شدن سنتز، فعالیت متابولیکی، از دست دادن آب، فعالیت آنزیم هیدرولیتیک و تبدیل قند در آب و گاز دی اکسید کربن در طول دوره ذخیره‌سازی است که به واسطه ایجاد لایه محافظتی و بازدارندگی رشد میکروبی در سطح خرما ایجاد می‌شود. روند کند شدن فعالیت متابولیکی و میزان تنفس منجر به مواد جامد محلول پائینتر به دلیل کاهش میزان تغییر از دیگر کربوهیدرات‌ها به قند می‌شود [٤٩]. نتایج این مطالعه با تحقیقات قبلی در مورد سایر گونه‌های خرما مطابقت دارد [٤٠].

در مطالعه‌ای هفت واریته خرما با پوشش خوراکی پکتین–متیل سلولز حاوی روغن زیتون نشان داده شد که مقادیر مواد جامد محلول به طور قابل توجهی تحت تأثیر مدت زمان ذخیره‌سازی قرار گرفت. همچنین مشاهده شد که مواد جامد محلول پس از ٣ ماه ذخیره در دمای اتاق افزایش ، اما پس از آن به تدریج کاهش یافت. نتایج مربوط به این یافته‌ها در مطالعه حاضر و مطالعه دیگری که بیان داشته است متابولیسم اسید باعث تغییر اسید به قند می‌شود، مطابقت دارد، بنابراین اسیدیته کل کاهش می‌یابد و میزان مواد جامد

محلول در طول مدت ذخیره‌سازی افزایش می‌یابد [۵۰] . همچنین این افزایش می‌تواند به دلیل تبدیل برخی از ترکیبات نامحلول به ترکیبات محلول (مانند تبدیل پروتوپکتین به پکتین) یا در نتیجه از دست رفتن آب میوه‌ها باشد [٤۰]. در نتیجه بررسی‌های انجام شده بر میزان مواد جامد محلول خرماهای کبکاب تیمار شده با پوشش خوراکی مبتنی بر کیتوزان–ژلاتین حاوی عصاره پوست پرتقال، جلوگیری از افزایش موادجامد محلول را می‌توان با این واقعیت تفسیر کرد که مواد پوشش به عنوان مانعی در برابر حرکت دی اکسید کربن و اکسیژن به داخل و خارج سلول‌ها عمل کرده و در نتیجه میزان تعرق را کاهش می‌دهد، در نتیجه تبدیل کندتر پلی‌ساکاریدها به مواد جامد محلول در میوه‌های پوشش‌دهی شده ایجاد می‌شود که منجر به مقادیر پائین‌تر مواد جامد محلول می‌شود [۵۱].

Table 5: Effect of coating, temperature and storage time on the soluble solids of Kabkab dates

Storage Temperature	Edible Coating	Day 1	Day 30	Day 60	Day 90
4	G-E5	66.42 ±0.026 dA**	69.04 ±0.06 cB	70.04 ±0.06 bB	72.05 ±0.07 aB
	G-E10	66.40 ±0.037 dA	69.04 ±0.08 cB	70.06 ±0.06 bB	72.1 ±0.03 aB
	CH-E5	66.45 ±0.005 dA	68.50 ±0.08 cC	69.76 ±0.16 bC	70.95 ±0.07 aC
	CH-E10	66.46 ±0.005 dA	68.52 ±0.09 cC	69.74 ±0.09 bC	70.92 ±0.06 aC
	G-CH-E5	66.42 ±0.04 dA	67.8 ±0.14 cD	68.24 ±0.05 bD	70.30 ±0.01 aD
	G-CH-E10	66.43 ±0.04 dA	67.93 ±0.1 cD	68.22 ±0.07 bD	70.26 ±0.07 aD
	C	66.42 ±0.03 dA	71.24 ±0.11 cA	73.76 ±0.075 bA	77.04 ±0.1 aA
25	G-E5	66.45 ±0.011 dA*	71.62 ±0.05 cB	72.33 ±0.06 bB	73.45 ±0.07 aB
	G-E10	66.42 ±0.04 dA	71.71 ±0.06 cB	72.26 ±0.07 bB	73.48 ±0.03 aB
	CH-E5	66.45 ±0.015 dA	70.23 ±0.04 cC	70.97 ±0.07 bC	72.98 ±0.04 aC
	CH-E10	66.45 ±0.00 dA	70.20 ±0.05 cC	70.99 ±0.05 bC	73.01 ±0.04 aC
	G-CH-E5	66.43 ±0.043 dA	68.28 ±0.07 cD	70.43 ±0.06 bD	72.24 ±0.07 aD
	G-CH-E10	66.44 ±0.036 dA	68.26 ±0.06 cD	70.46 ±0.02 bD	72.23 ±0.05 aD
	C	66.43 ±0.047 dA	75.34 ±0.07 cA	77.65 ±0.06 bA	81.06 ±0.09 aA

*Data are reported as (mean ± standard deviation) in three replicates.

**The same lowercase letters (a-d) in each row and the same uppercase letters (A-F) in each column indicate no significant difference (P>05.0) between the data based on Duncan's test. (G-E5): gelatin + 5 mg/ml orange peel extract; (10G-E): gelatin + 10 mg/ml orange peel extract; (CH-E5): chitosan + 5 mg/ml orange peel extract; (10CH-E): chitosan+mg/ml 10 orange peel extract; (G-CH-E5): gelatin + chitosan + 5 mg/ml orange peel extract; (10G-CH-E): gelatin + chitosan + 10 mg/ml orange peel extract.

محتوای رطوبت

درصد رطوبت میوه‌های خرما خشک و نیمه خشک یک پارامتر کیفی مهم به ویژه پس از برداشت و به منظور بازاریابی است. پوشش‌های خوراکی می‌توانند به عنوان یک مانع فیزیکی در برابر از دست دادن رطوبت عمل کنند [۵۱, ۵۲] و در نتیجه دهیدراسیون و چروکیدگی میوه‌ها را به تأخیر اندازند [۵۳]. در بین فرمول‌های پوشش‌دهی در مطالعه حاضر، فرمول مبتنی بر کیتوزان و کیتوزان–ژلاتین حاوی عصاره پوست پرتقال مؤثرترین تیمار در کنترل از دست دادن رطوبت پس از برداشت میوه خرما بود (جدول ٦). همچنین درصد رطوبت میوه‌های خرما کبکاب با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی کاهش یافت. میزان رطوبت در روز اول در هر دو دمای ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد بین محدوده ۲٤/۵۲–

۲٤/٤۸ درصد بود و در روز ۹۰ نگهداری این محدوده به ۱٤/۲۲–۷/۸۰ درصد و در روز ۹۰ نگهداری این محدوده به ٦/۸–۱۳/۸۸ درصد به ترتیب در دمای ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت بطوری که کمترین میزان در روز ۹۰ نگهداری در نمونه شاهد ۷/۸±۰/٤۵ (دمای ٤ درجه سانتی‌گراد) و ٦/۸±۰/۳۱ (دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) درصد مشاهده گردید. در بررسی اثر نوع پوشش خوراکی مبتنی بر کیتوزان و کیتوزان–ژلاتین حاوی عصاره پوست پرتقال تأثیر زیادی در ایجاد تغییرات کمتر میزان رطوبت طی مدت ذخیره‌سازی نشان دادند. در راستای کاهش میزان رطوبت طی مدت نگهداری در مطالعه‌ای نشان داده شد که درصد رطوبت میوه‌های خرما برحی شاهد و تیمار شده با پوشش خوراکی مبتنی بر نمک‌های آلژینات با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی ٤۵ روزه کاهش یافت، اما خرماهای بدون پوشش برحی کاهش تدریجی بیشتری در درصد رطوبت در مقایسه با میوه‌های پوشش شده با پوشش‌های خوراکی مختلف نشان دادند؛ در مورد تأثیر تیمارهای مورد بررسی، نتایج آنها نشان داد که تیمار آلژینات کلسیم نسبت به سایر تیمارها کارآیی بیشتری داشت [٥٤]. در بررسی تأثیر پوشش خوراکی مبتنی بر پکتین در انواع واریته‌های خرما و مقایسه آنهابا بسته‌بندی پلاستیکی و کاغذی، نتایج نشان دهنده کمترین درصد رطوبت در خرماهای تیمار شده با پوشش خوراکی بر پایه پکتین وجود داشت، آنها در مطالعه خود بیان کردند که مشاهده شد درصد رطوبت میوه‌های خرما بستگی به نوع رقم و شرایط رشد دارد و همچنین اظهار کردند که پوشش‌های خوراکی می‌توانند به عنوان یک مانع فیزیکی در برابر از دست دادن رطوبت عمل کنند [٥٥]. در مطالعه‌ای مشخص شده که از دست دادن رطوبت و تبادل گازی میوه‌ها معمولاً توسط لایه های اپیدرمی مجهز به سلول‌های محافظ و روزنه کنترل می‌شود، استفاده از پوشش‌های خوراکی باعث می‌شود فشار بخار آب بین میوه و هوای محصور شده معمولاً توسط لایه سلولی کوتیکول و اپیدرمی به حداقل برسد [56]. بنابراین، استفاده از پوشش خوراکی نشان‌دهنده یک لایه اضافی است و باعث بستن روزنه‌ها شده که کاهش سرعت تعرق را موجب می‌شود که در نهایت منجر به کاهش رطوبت می‌شود .

نتایج به دست آمده در مطالعات دیگر هم با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد که نشان می‌دهد کارایی پوشش‌های خوراکی به عنوان یک مانع نیمه نفوذپذیر قادر است خروج رطوبت را به تأخیر اندازند و کاهش میزان تنفس به دلیل آبدوست بودن پلی‌ساکاریدها که به صورت تأخیر در از دست دادن آب، آنها را به عنوان یک مانع گازی آشکارتر می‌کند [٤۹, ۵۷]. بنابراین می‌توان بیان کرد که خرماهای کبکاب پوشش داده شده باکیتوزان و کیتوزان–ژلاتین حاوی ۵ mg/ml و ۱۰ عصاره پوست پرتقال بیشترین رطوبت را نسبت به سایرتیمارها در نتیجه تشکیل لایه سطحی روی خرماهای کبکاب جهت جلوگیری در برابر از دست رفتن رطوبت،کاهش میزان تنفس و کنترل تبادل گاز را نشان دادند. از طرفی مطابق با نتایج حاصل از مطالعه حاضر میزان رطوبت در خرماهای کبکاب پوشش شده با ژلاتین حاوی عصاره پوست پرتقال افت رطوبت بیشتری را نسبت به سایر تیمارها داشتند می‌توان اظهار کرد که پوشش‌های ژلاتینی در رطوبت نسبی کم و متوسط، ویژگی‌های مانع خوبی در برابر انتقال اکسیژن و عطر نشان میدهند اما با این حال، آنها به دلیل طبیعت آبدوست بودن خواص ممانعت کنندگی ضعیفی در برابر انتقال بخار آب دارند [۵۸] ؛ بنابراین، برای اصلاح خواص ضعیف ممانعت کنندگی در برابر بخار آب این فیلم پروتئینی، بهتر است از پوشش ترکیبی ژلاتین با سایر مواد استفاده شود [٤۸].

Table 6: Effect of coating, temperature and storage time on the moisture content of Kabkab dates

Storage Temperature	Edible Coating	Day 1	Day 30	Day 60	Day 90
4	**G-E5**	$24.52 \pm 0.05^{aA**}$	18.71 ± 0.17^{bB}	15.88 ± 0.63^{cB}	12.98 ± 0.78^{dB}
	G-E10	24.51 ± 0.07^{aA}	18.79 ± 0.08^{bAB}	15.96 ± 0.94^{cB}	12.85 ± 0.95^{dB}

	CH-E5	24.51 ±0.05^{aA}	19.02 ±0.37^{bAB}	17.05 ±0.38^{cAB}	13.67 ±0.16^{dAB}
	CH-E10	24.52 ±0.06^{aA}	18.89 ±0.33^{bAB}	17.09 ±0.35^{cAB}	13.76 ±0.35^{dAB}
	G-CH-E5	24.51 ±0.03^{aA}	19.48 ±0.79^{bA}	17.77 ±0.4^{cA}	14.22 ±0.33^{dA}
	G-CH-E10	24.5 ±0.02^{aA}	19.50 ±0.36^{bA}	17.72 ±1.41^{cA}	14.14 ±0.57^{dA}
	C	24.5 ±0.02^{aA}	14.59 ±0.16^{bC}	10.74 ±0.63^{cC}	7.8 ±0.35^{dC}
	G-E5	24.52 ±0.05^{aA**}	14.20 ±0.64^{bB}	13.768 ±0.313^{bB}	11.42 ±0.3^{cA}
	G-E10	24.49 ±0.06^{aA}	14.29 ±0.19^{bB}	13.85 ±0.19^{bB}	11.4 ±1.14^{cA}
	CH-E5	24.52 ±0.06^{aA}	15.55 ±0.16^{bA}	14.89 ±0.16^{cAB}	13.11 ±0.31^{dA}
25	**CH-E10**	24.50 ±0.02^{aA}	15.75 ±0.57^{bA}	14.75 ±0.94^{bAB}	13.08 ±0.28^{cA}
	G-CH-E5	24.48 ±0.01^{aA}	16.11 ±1.48^{bA}	15.88 ±0.77^{bA}	13.88 ±0.52^{cA}
	G-CH-E10	24.51 ±0.03^{aA}	16.27 ±0.17^{bA}	15.71 ±1.64^{bA}	13.82 ±3.18^{bA}
	C	24.51 ±0.05^{aA}	12.8 ±0.65^{bC}	8.80 ±0.31^{cC}	6.8 ±0.31^{dB}

*Data are reported as (mean ± standard deviation) in three replicates.

**The same lowercase letters (a-d) in each row and the same uppercase letters (A-F) in each column indicate no significant difference (P>05.0) between the data based on Duncan's test. (G-E5): gelatin + 5 mg/ml orange peel extract; (10G-E): gelatin + 10 mg/ml orange peel extract; (CH-E5): chitosan + 5 mg/ml orange peel extract; (10CH-E): chitosan+mg/ml 10 orange peel extract; (G-CH-E5): gelatin + chitosan + 5 mg/ml orange peel extract; (10G-CH-E): gelatin + chitosan + 10 mg/ml orange peel extract.

تغییرات میزان قند احیاء

نتایج بررسی تغییرات میزان قند احیاء نمونه‌های خرما کبکاب پوشش داده شده مبتنی بر کیتوزان-ژلاتین حاوی عصاره پوست پرتقال طی مدت نگهداری در دمای ٤ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد در جدول ۷ گزارش شده است. قند موجود در خرما به راحتی هضم می‌شود و بلافاصله پس از مصرف به خون منتقل می‌شود و می‌تواند به سرعت متابولیزه شود تا انرژی را برای فعالیت‌های مختلف سلولی آزاد کند. محتوای قندهای احیاء کننده و غیر احیاء کننده بستگی به رقم خرما دارد و با بافت آن ارتباط تنگاتنگی دارد، بطوری که خرماهای نرم با رطوبت زیاد مقادیر بسیار کمی ساکارز دارند [۵۹]. رسیدن با افزایش میزان قند احیاء کننده و فعالیت اینورتاز همراه با کاهش میزان قند غیراحیاء همراه است. از طرفی [٦۰]. نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر نشان داد که پوشش خوراکی مبتنی بر کیتوزان و کیتوزان-ژلاتین حاوی ۵ mg/ml و ۱۰ عصاره پوست پرتقال تأثیر معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بر محتوای قندهای احیاء کننده خرماهای کبکاب تیمار شده در روزهای ۳۰، ٦۰ و ۹۰ دوره ذخیره‌سازی داشت بطوری که این دو پوشش خوراکی باعث تغییرات کمتر در محتوای قندهای احیاء کننده شدند. غنی بودن نمونه شاهد در قندهای احیاء کننده نشان دهنده وجود برجسته و غالب فعالیت اینورتاز است که میزان ساکارز نمونه‌های شاهد را به میزان قابل توجهی در طی ۹۰ روز نگهداری کاهش می‌دهد [٦۱, ٦۲] . در مطالعه‌ای بر روی خرما برحی تیمار شده با پوشش‌های خوراکی مختلف (کیتوزان، ژلاتین و صمغ گوآر)، نتایج نشان داد که میزان قندهای احیاء کننده و کل با افزایش مدت زمان ذخیره‌سازی برای همه تیمارهای مورد مطالعه با نرخ‌های مختلف افزایش یافته است، اما بیشترین میزان افزایش برای نمونه شاهد مشاهده شد که از ۳۱ و ۲۸/۲ درصد (در زمان صفر) تا ۳۲/۲ و ۳۰/۸ درصد (پس از ۵ هفته ذخیره‌سازی سرد) به ترتیب برای قند کل و احیاءکننده، افزایش یافت [٤۰]. این یافته‌ها مشابه مطالعه دیگری است که در آن گزارش شده است که هم قند کل و هم قند احیاء کننده خرما برخی ذخیره شده در صفر درجه سانتی‌گراد، با افزایش زمان ذخیره‌سازی افزایش

یافته است [٦٣]. این افزایش قند ممکن است به دلیل رسیدن تدریجی میوه‌های خرما باشد که با افزایش فعالیت آنزیم اینورتاز همزمان شده است[٤٠].

Table 7: Effect of coating, temperature and storage time on the reducing sugar (٪) of Kabkab dates

Storage Temperature	Edible Coating	Day 1	Day 30	Day 60	Day 90
4	**G-E5**	42.22 ±0.03 dA**	43.14 ±0.05 cB	43.95 ±0.06 bB	44.98 ±0.06 aB
	G-E10	42.23 ±0.07 dA	43.16 ±0.08 cB	43.99 ±0.08 bB	44.99 ±0.11 aB
	CH-E5	42.21 ±0.06 dA	42.77 ±0.08 cC	43.15 ±0.06 bC	43.98 ±0.08 aC
	CH-E10	42.26 ±0.06 dA	42.73 ±0.09 cC	43.12 ±0.04 bC	43.87 ±0.13 aCD
	G-CH-E5	42.20 ±0.04 dA	42.84 ±0.06 cC	43.26 ±0.05 bC	43.72 ±0.06 aD
	G-CH-E10	42.21 ±0.04 dA	42.86 ±0.1 cC	43.19 ±0.11 bC	43.84 ±0.12 aCD
	C	42.23 ±0.06 dA	43.67 ±0.11 cA	45.44 ±0.09 bA	47.23 ±0.06 aA
25	**G-E5**	42.20 ±0.04 dA**	43.80 ±0.04 cB	44.27 ±0.08 bB	45.76 ±0.1 aB
	G-E10	42.26 ±0.06 dA	43.84 ±0.04 cB	44.28 ±0.14 bB	45.80 ±0.11 aB
	CH-E5	42.22 ±0.03 dA	43.04 ±0.07 cC	43.63 ±0.15 bC	44.19 ±0.08 aC
	CH-E10	42.19 ±0.05 dA	43.06 ±0.1 cC	43.56 ±0.24 bC	44.24 ±0.1 aC
	G-CH-E5	42.26 ±0.04 dA	42.95 ±0.06 cC	43.52 ±0.21 bC	44.26 ±0.13 aC
	G-CH-E10	42.21 ±0.04 dA	42.94 ±0.06 cC	43.51 ±0.21 bC	44.26 ±0.09 aC
	C	42.23 ±0.07 dA	44.51 ±0.09 cA	46.84 ±0.09 bA	47.77 ±0.13 aA

*Data are reported as (mean ± standard deviation) in three replicates.

**The same lowercase letters (a-d) in each row and the same uppercase letters (A-F) in each column indicate no significant difference (P>05.0) between the data based on Duncan's test. (G-E5): gelatin + 5 mg/ml orange peel extract; (10G-E): gelatin + 10 mg/ml orange peel extract; (CH-E5): chitosan + 5 mg/ml orange peel extract; (10CH-E): chitosan+mg/ml 10 orange peel extract; (G-CH-E5): gelatin + chitosan + 5 mg/ml orange peel extract; (10G-CH-E): gelatin + chitosan + 10 mg/ml orange peel extract.

تغییرات میزان سفتی بافت

در مطالعه حاضر میزان تغییرات سفتی بافت نمونه‌های خرما تیمار شده با انواع مختلف پوشش‌های خوراکی مبتنی بر کیتوزان و ژلاتین حاوی عصاره پوست پرتقال در دو دمای مختلف ٤ و ٢٥ درجه سانتی‌گراد در جدول ٨ اراده شده است. همانطور که مشخص است با گذشت زمان میزان سفتی بافت نمونه‌های خرما افزایش معنی‌داری داشته ($p<0/05$) و از طرفی با افزایش دمای نگهداری به 25 درجه سانتی‌گراد افزایش بیشتری در میزان سفتی بافت تمامی نمونه‌های خرما طی مدت نگهداری مشاهده شد.

همچنین در بررسی اثر نوع پوشش خوراکی مشاهده شد که پوشش خوراکی مبتنی بر کیتوزان–ژلاتین حاوی عصاره پوست پرتقال در ایجاد تغییرات کمتر میزان سفتی بافت خرماهای کبکاب بیشتر از سایر تیمارها مؤثر بود. در مطالعات مختلف با توجه به خرما تیمار شده و مرحله بلوغ آن میزان سفتی بافت خرماها در طی دوران ذخیره‌سازی نتایج مختلفی را نشان داده‌اند. در مطالعه‌ای زمان و دمای نگهداری تأثیر معنی‌داری بر روی میزان سفتی خرما مضافتی تیمار شده با دو نوع مختلف پوشش خوراکی لیپیدی مبتنی بر گلیسرول منواستئارات و موم کارنوبا نشان

داد بطوری که افزایش زمان و دما از ٤ به ۲۵ درجه سانتی‌گراد باعث افزایش سفتی بافت خرما شدند ولی میزان سفتی بافت در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد کمتر از دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بود و از طرفی میزان سفتی بافت خرماهای دارای پوشش خوراکی کمتر از نمونه شاهد بود؛ نتایج مطالعه آنها با مطالعه حاضر همخوانی دارد [36]. این محققین در مطالعه خود علت افزایش کمتر میزان سفتی خرماهای با پوشش خوراکی را در اثر از دست رفتن کمتر رطوبت در زمان ذخیره‌سازی و نقش پوشش‌های خوراکی در حفظ رطوبت بیان کردند. در همین راستا مطالعه‌ای مبنی بر تأثیر زمان و دمای انبارداری بر روی خرما کبکاب صورت گرفته نشان داد که با افزایش زمان و دمای انبارداری، میزان سفتی بافت خرماها افزایش یافته است [٦٤]. میزان سفتی بافت خرما کبکاب در نمونه‌های تیمار شده با پوشش خوراکی بر پایه ۳ و ۵ درصد متیل سلولز و نمونه شاهد طی مدت نگهداری شش ماه افزایش یافت اما این افزایش میزان سفتی در نمونه‌های با پوشش خوراکی کمتر از نمونه شاهد بودند و پس از آن در نتیجه فعل و انفعالات صورت گرفته در بافت ناشی از افزایش آلودگی میکروبی و فعالیت‌های آنزیمی به مرور کاهش یافته است. دلیل افزایش سفتی بافت خرما با افزایش زمان نگهداری در طی دوره نگهداری را افزایش استحکام سلولی و به دنبال آن سخت شدن اتصالات دیواره سلولی بیان کرده‌اند [٦٥].

لازم به ذکر است که عواملی از جمله اکسیداسیون چربی، تعرق آب و هیدرولیز مواد پکتین از عوامل اصلی هستند که سفتی میوه‌ها و سبزیجات را در طول دوره ذخیره‌سازی کاهش میدهند [٤١]. نتایج مطالعه بر روی خرما زاغلول در مرحله خلال تیمار شده با پوشش خوراکی حاوی ٤ درصد روغن جوجوبا، ۱۰ درصد صمغ عربی و ۷/۵ درصد روغن پارافین نشان داد که سفتی میوه‌های خرما زاغلول با استفاده از تمام پوشش‌های خوراکی به عنوان عملیات پس از برداشت تحت تأثیر قرار گرفت، کمترین مقدار سفتی میوه روی میوه‌های تیمار نشده (شاهد) ثبت شد و با توجه به تأثیر دوره ذخیره‌سازی سرد، نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که با افزایش مدت زمان نگهداری، سفتی میوه کاهش می‌یابد؛ به طور کلی، نتایج به دست آمده است که ترکیب جوجوبا در ۵ درصد و صمغ عربی در ۱۰ درصد بیشترین میزان سفتی میوه‌های خرما زاغلول را حفظ کرد [٦٦] . مطالعات زیادی گزارش کرده‌اند که پوشش خوراکی بر پایه کیتوزان در حفظ سفتی بافت میوه و سبزیجات را موثر است [٦٧، ٦٨، ۳۸ و ٤۳]؛ این پژوهش‌ها تأثیر پوشش خوراکی کیتوزان و پوشش خوراکی کامپوزیت کیتوزان-ژلاتین را بر حفظ سفتی بافت در طول دوره ذخیره‌سازی را مورد تأیید قرار می‌دهند؛ در مطالعه حاضر، خرماهای کبکاب تیمار شده با کیتوزان-ژلاتین حاوی عصاره پوست پرتقال میزان سفتی بافت بیشتری نسبت به خرماهای بدون تیمار نشان دادند، و این احتمالاً می‌تواند به دلیل یک لایه متراکم از پوشش خوراکی در جهت ایجاد جو مناسب در اطراف سطح خرما به صورت کاهش تغییرات در مواد پکتین و عمل تخریب آنزیمی دیواره سلولی باشد.

Table 8: Effect of coating, temperature and storage time on the Hardness of Kabkab dates

Storage Temperature	Edible Coating	Day 1	Day 30	Day 60	Day 90
4	**G-E5**	26.61 ±0.14 cA**	26.87 ±0.17 cB	27.56 ±0.39 bB	28.44 ±0.37 aB
	G-E10	26.6 ±0.37 cA	27.16 ±0.26 bcAB	27.5 ±0.35 bB	28.54 ±0.34 aB
	CH-E5	26.57 ±0.21 cA	26.54 ±0.35 cB	27.6 ±0.32 bB	28.37 ±0.31 aB
	CH-E10	26.41 ±0.2 cA	26.49 ±0.42 cB	27.60 ±0.43 bB	28.7 ±0.27 aB
	G-CH-E5	26.66 ±0.2 cA	26.6 ±0.34 cB	27.47 ±0.25 bB	28.46 ±0.46 aB

	G-CH-E10	26.66 ±0.12 cA	26.58 ±0.32 cB	27.4 ±0.25 bB	28.32 ±0.21 aB
	C	26.58 ±0.27 cA	27.6 ±0.48 bA	28.81 ±0.52 aA	29.57 ±0.42 aA
25	**G-E5**	26.45 ±0.18 dA**	27.16 ±0.21 cB	27.76 ±0.39 bB	28.36 ±0.33 aB
	G-E10	26.45 ±0.18 cA	27.23 ±0.22 bB	27.7 ±0.32 bB	28.41 ±0.324 aB
	CH-E5	26.62 ±0.28 cA	27.06 ±0.065 cB	27.75 ±0.3 bB	28.49 ±0.36 aB
	CH-E10	26.74 ±0.11 cA	27.27 ±0.28 bcB	27.64 ±0.45 bB	28.31 ±0.36 aB
	G-CH-E5	26.49 ±0.13 cA	27.24 ±0.3 bB	27.69 ±0.35 bB	28.39 ±0.4 aB
	G-CH-E10	26.41 ±0.2 cA	27.12 ±0.25 bB	27.81 ±0.31 aB	28.29 ±0.27 aB
	C	26.68 ±0.21 dA	28.41 ±0.38 cA	29.15 ±0.25 bA	29.85 ±0.29 aA

*Data are reported as (mean ± standard deviation) in three replicates.

**The same lowercase letters (a-d) in each row and the same uppercase letters (A-F) in each column indicate no significant difference (P>05.0) between the data based on Duncan's test. (G-E5): gelatin + 5 mg/ml orange peel extract; (10G-E): gelatin + 10 mg/ml orange peel extract; (CH-E5): chitosan + 5 mg/ml orange peel extract; (10CH-E): chitosan+mg/ml 10 orange peel extract; (G-CH-E5): gelatin + chitosan + 5 mg/ml orange peel extract; (10G-CH-E): gelatin + chitosan + 10 mg/ml orange peel extract.

ارزیابی حسی

پوشش خوراکی کامپوزیتی کیتوزان–ژلاتین با عصاره پوست پرتقال در حفظ امتیاز حسی بالاتر برای پذیرش کلی و پارامترهای حسی مرتبط در خرما کبکاب تیمار شده در مقایسه با خرما کبکاب بدون تیمار (شاهد) ذخیره شده در دمای اتاق و همچنین در دمای سرد مؤثر بود. خرماهای کبکاب ذخیره شده در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد در مقایسه با خرماهای کبکاب ذخیره شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد صرف نظر از نوع پوشش‌دهی، نمرات حسی بالاتری را داشتند.

بر اساس نتایج گزارش شده در شکل ۱ که میزان پذیرش کلی نمونه‌های خرما تیمار شده با انواع مختلف پوشش‌های خوراکی حاوی عصاره پوست پرتقال در دو دمای مختلف 4 و 25 درجه سانتیگراد است، می‌توان بیان کرد که با گذشت زمان پذیرش کلی از نظر ارزیابان در نمونه‌های خرما کاهش داشته است. با افزایش دمای نگهداری به 25 درجه سانتی–گراد این کاهش پذیرش کلی در تمامی نمونه‌های خرما طی مدت نگهداری بیشتر بوده است ($p<0/05$). در همین راستا تأثیر مثبت کیتوزان بر حفظ استحکام خرما کبکاب در مطالعه حاضر با نتایج به دست آمده بر روی میوه انبه [٦٩] همخوانی دارد. بطور کلی در ارزیابی حسی مشخص شد که خواص حسی خرما کبکاب با پوشش‌های خوراکی بیشتر حفظ شده و از بوجود آمدن شکرک و کدر شدن در نمونه‌های خرما جلوگیری شده است [٦٩]. در نهایت با توجه به مجموع نتایج ارزیابی‌های حسی انجام شده، پوشش کیتوزان–ژلاتین حاوی mg/ml ۵ و ۱۰ عصاره پوست پرتقال، بهترین تیمار جهت افزایش ماندگاری خرما کبکاب تشخیص داده شد.

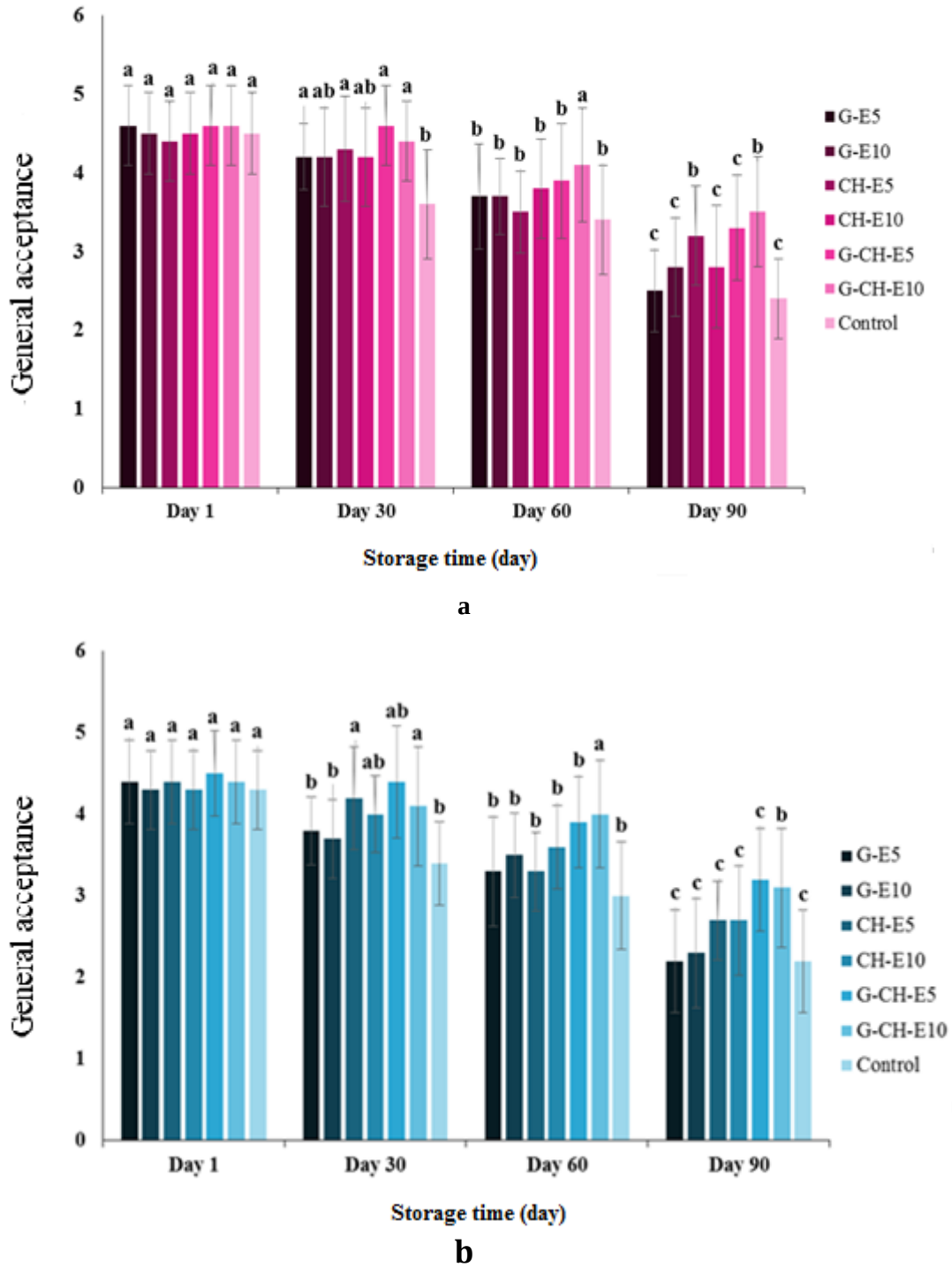

Figure 1: Effect of coating, temperature and storage time on the general acceptance of Kabkab dates 4°C (a) and 25°C (b)

٤-نتیجه‌گیری کلی

خرما کبکاب به دلیل غنی بودن از نظر املاح و سایر ترکیبات مغذی یکی از محصولات کشاورزی است که به صورت وسیعی در ایران به ویژه در استان بوشهر واقع در جنوب کشور کشت می‌شود و با توجه به اهمیت و ویژگی‌های راهبردی این محصول در ارتباط با تأمین مواد غذایی، صنعتی و نقش آن در اقتصاد کشاورزی مناطق خرماخیز، توجه به حفظ کیفیت آن ضروری است. از اینرو، در مطالعه حاضر اثر

پوشش‌های خوراکی مبتنی بر ژلاتین، کیتوزان و کیتوزان–ژلاتین ترکیب شده با عصاره پوست پرتقال در شرایط مختلف ذخیره‌سازی بر روی خصوصیات مختلف فیزیکوشیمیایی و حسی آن مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به تاثیرات مثبتی که پوشش کیتوزان–ژلاتین حاوی عصاره پوست پرتقال روی خصوصیات فیزیکوشیمیایی و حسی خرمای کبکاب داشت، می‌توان این ترکیب را پیشنهادی مناسب برای ارتقاء کیفیت و ماندگاری این محصول در بازه زمانی ۳ ماهه پیشنهاد داد.

۵-منابع

[1] Hemmateenejad, B., et al., *Classification and assessment of antioxidant activity and phenolic content of different varieties of date palm (Phoenix dactylifera) fruits from Iran.* Journal of the Iranian Chemical Society, 2015. **12**: p. 1935-1943.

[2] Kumar, A., et al., *Trends in edible packaging films and its prospective future in food: a review.* Applied Food Research, 2022. **2**(1): p. 100118.

[3] da Silva, S.B., D. de Souza, and L.D. Lacerda, *Food applications of chitosan and its derivatives.* Chitin and chitosan: Properties and applications, 2019: p. 315-347.

[4] Yousef, A.R., E. El-Moniem, and T.S.M. Mahmoud, *Edible coating of soy protein or gelatin as a carrier of thyme oil for maintaining quality of 'barhee 'dates fruits during cold storage.* Plant Archives, :(۲)۲۰ .۲۰۲۰ p. 9311-9322.

[5] Shon, J., J.H. EO, and J.B. EUN, *Effect of soy protein isolate coating on quality attributes of cut raw Han-Woo (Korean cow) beef, aerobically packaged and held refrigerated.* Journal of Food Quality, 2010. **33**: p. 42-60.

[6] Al-Obeed, R., *Improving fruit quality, marketability and storagability of Barhee date palm.* World applied sciences journal, 2010. **9**(6): p. 630-637.

[7] Ghosh, T. and V. Katiyar, *Cellulose-based hydrogel films for food packaging.* Cellulose-based superabsorbent hydrogels. Polymers and polymeric composites: a reference series. Springer, Cham, 2018: p. 1-25.

[8] Yen, M.-T., et al., *Antioxidant properties of fungal chitosan from shiitake stipes.* LWT-Food Science and Technology, 2007. **40**(2): p. 255-261.

[9] Hayashi ,K. and M. Ito, *Antidiabetic action of low molecular weight chitosan in genetically obese diabetic KK-Ay mice.* Biological and Pharmaceutical Bulletin, 2002. **25**(2): p. 188-192.

[10] Mhurchu, C.N., et al., *Effect of chitosan on weight loss in overweight and obese individuals: a systematic review of randomized controlled trials.* Obesity reviews, 2005. **6**(1): p. 35-42.

[11] Wimardhani, Y.S., et al., *Chitosan exerts anticancer activity through induction of apoptosis and cell cycle arrest in oral cancer cells.* Journal of oral science, 2014. **56**(2): p. 119-126.

[12] Ylitalo, R., et al., *Cholesterol-lowering properties and safety of chitosan.* Arzneimittelforschung, 2002. **52**(01): p. 1-7.

[13] Dutta, P., et al., *Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications.* Food chemistry, 2009. **114**(4): p. 1173-1182.

[14] Coma, V., A. Deschamps, and A. Martial-Gros, *Bioactive packaging materials from edible chitosan polymer—antimicrobial activity assessment on dairy-related contaminants.* Journal of food science, 2003. **68**(9): p. 2788-2792.

[15] Muxika, A., et al., *Chitosan as a bioactive polymer: Processing, properties and applications.* International journal of biological macromolecules, 2017. **105**: p. 1358-1368.

[16] Gal, M.R., M. Rahmaninia, and M.A. Hubbe, *A comprehensive review of chitosan applications in paper science and technologies.* Carbohydrate Polymers, 2023: p. 120665.

[17] Mariod, A.A. and H. Fadul, *Gelatin, source, extraction and industrial applications.* Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria, 2013. **12**(2): p. 135-147.

[18] Li, X., et al., *Ultrasonic treatment regulates the properties of gelatin emulsion to obtain high-quality gelatin film.* Food Chemistry: X, 2023. **18**: p. 100673.

[19] Jagannath, J.H., et al., *Studies on the stability of an edible film and its use for the preservation of carrot (Daucus carota).* International journal of food science & technology, 2006. **41**(5): p. 498-506.

[20] Artharn, A., T. Prodpran, and S. Benjakul, *Round scad protein-based film: Storage stability and its effectiveness for shelf-life extension of dried fish powder.* LWT-Food Science and Technology, 2009. **42**(7): p. 1238-1244.

[21] Guillén-Carvajal, K., et al., *Chitosan, Gelatin, and Collagen Hydrogels for Bone Regeneration.* Polymers, 2023. **15**(13): p. 2762.

[22] Riahi, Z., et al., *High-performance multifunctional gelatin-based films engineered with metal-organic frameworks for active food packaging applications.* Food Hydrocolloids, 2023: p. 108984.

[23] Magiorkinis, E., A. Beloukas, and A. Diamantis, *Scurvy: past, present and future.* European journal of internal medicine, 2011. **22**(2): p. 147-152.

[24] Pak, C.Y., *Medical management of urinary stone disease.* Nephron Clinical Practice, 2004. **98**(2): p. c49-c53.
[25] Sica, D.A., *Interaction of grapefruit juice and calcium channel blockers.* American journal of hypertension, 2006. **19**(7): p. 768-773.
[26] ۲Cha, J.-Y., et al., *Effect of hesperetin, a citrus flavonoid, on the liver triacylglycerol content and phosphatidate phosphohydrolase activity in orotic acid-fed rats.* Plant Foods for Human Nutrition, 2001. **56**: p. 349-358.
[27] Coelho, R.C.L.A., H.H.M. Hermsdorff, and J. Bressan, *Anti-inflammatory properties of orange juice: possible favorable molecular and metabolic effects.* Plant foods for human nutrition, 2013. **68**: p. 1-10.
[28] Sadek, E.S., D.P. Makris, and P. Kefalas, *Polyphenolic composition and antioxidant characteristics of kumquat (Fortunella margarita) peel fractions.* Plant foods for human nutrition, 2009. **64**: p. 297-302.
[29] Yilmaz, D., et al., *Anti-genotoxic effect of naringin against bleomycin-induced genomic damage in human lymphocytes in vitro.* Drug and chemical toxicology, 2016. **39**(2): p. 119-123.
[30] Arora, M. and P. Kaur, *Antimicrobial & antioxidant activity of orange pulp and peel.* International Journal of Science and Research, 2013. **2**(11): p. 412-415.
[31] Hanani, Z.N., Y. Roos, and J.P. Kerry, *Use of beef, pork and fish gelatin sources in the manufacture of films and assessment of their composition and mechanical properties.* Food hydrocolloids, 2012. **29**(1): p.١٥١-١٤٤ .
[32] Jridi, M., et al., *Investigation of physicochemical and antioxidant properties of gelatin edible film mixed with blood orange (Citrus sinensis) peel extract.* Food Packaging and Shelf Life, 2019. **21**: p. 100342.
[33] Baloch, M.K., et al., *Impact of controlled atmosphere on the stability of Dhakki dates.* LWT-food Science and Technology, 2006. **39**(6): p. 671-676.
[34] Mehyar, G.F., et al., *Effect of edible coatings on fruit maturity and fungal growth on B erhi dates.* International Journal of Food Science & Technology, 2014. **49**(11): p. 2409-2417.
[35] Sedaghat, N. and Y. Zahedi, *Application of edible coating and acidic washing for extending the storage life of mushrooms (Agaricus bisporus).* Food science and technology international, 2012. **18**(6): p. .٥٣٠-٥٢٣
[36] Ayoubi, A., H. Kazemi, and A. Aarabi, *Influence of lipid based edible coatings and temperature storage on quality of date fruit.* Journal of Food Processing and Preservation, 2018. **10**(2): p. 1-18.
[37] Abbasi, N.A., et al., *Enhancing storage life of bell pepper by UV-C irradiation and edible coatings.* Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 2015. **52**(2).
[38] TAA, N., R. MA, and L. Akter, *Effect of edible coating on postharvest quality of bell pepper at ambient storage.* Bulletin of the Institute of Tropical Agriculture, Kyushu University, 2018. **41**: p. 73-83.
[39] Maguire, K.M., N.H. Banks, and L.U. Opara, *Factors affecting weight loss of apples.* Horticultural reviews, 2010. **25**: p. 197-234.
[40] Abu-Shama, H.S., F.O.F. Abou-Zaid, and E.Z. El-Sayed, *Effect of using edible coatings on fruit quality of Barhi date cultivar.* Scientia Horticulturae, 2020. **265**: p. 109262.
[41] Kumar, N., A. Ojha, and R. Singh, *Preparation and characterization of chitosan-pullulan blended edible films enrich with pomegranate peel extract.* Reactive and Functional Polymers, 2019. **144**: p. 104350.
[42] Bakhy, E.A., N.S. Zidan, and H.E.D. Aboul-Anean, *The effect of nano materials on edible coating and films' improvement.* Int. J. Pharm. Res. Allied Sci, 2018. **7**(3): p. 20-41.
[43] Nair, M.S., A. Saxena, and C. Kaur, *Characterization and antifungal activity of pomegranate peel extract and its use in polysaccharide-based edible coatings to extend the shelf-life of capsicum (Capsicum annuum L.).* Food and bioprocess technology, 2018. :١١p. 1317-1327.
[44] Moalemiyan, M., H.S. Ramaswamy, and N. Maftoonazad, *Pectin-based edible coating for shelf-life extension of ataulfo mango.* Journal of food process engineering, 2012. **35**(4): p. 572-600.
[45] Abebe, Z., Y.B. Tola, and A. Mohammed, *Effects of edible coating materials and stages of maturity at harvest on storage life and quality of tomato (Lycopersicon Esculentum Mill.) fruits.* African journal of agricultural research, 2017. **12**(8): p. 550-565.
[46] Ghafoor, K., et al., *Effects of Functional Coatings Containing Chitosan, Orange Peel and Olive Cake Extracts on the Quality Attributes of Cucumber during Cold Storage.* Plants, 2022. **11**(14): p. 1895.
[47] Zarbakhsh, S. and S. Rastegar, *Influence of postharvest gamma irradiation on the antioxidant system, microbial and shelf life quality of three cultivars of date fruits (Phoenix dactylifera L.).* Scientia Horticulturae, 2019. **247**: p. 275-286.
[48] Radi, M., et al., *Effect of gelatin-based edible coatings incorporated with Aloe vera and black and green tea extracts on the shelf life of fresh-cut oranges.* Journal of Food Quality, 2017. **2017**.
[49] Ali, A., et al., *Effect of chitosan coatings on the physicochemical characteristics of Eksotika II papaya (Carica papaya L.) fruit during cold storage.* Food chemistry, 2011. **124**(2): p. 620-626.
[50] Duan, J., et al., *Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under*

commercial storage conditions. Postharvest biology and technology, 2011. **59**(1): p. 71-79.
[51] Kocira, A., et al., *Polysaccharides as edible films and coatings: Characteristics and influence on fruit and vegetable quality—A review.* Agronomy, 2021. **11**(5): p. 813.
[52] Saberi, B., et al., *Application of biocomposite edible coatings based on pea starch and guar gum on quality, storability and shelf life of 'Valencia'oranges.* Postharvest Biology and Technology, 2018. **137**: p. 9-20.
[53] Almenar, E., et al., *Controlled atmosphere storage of wild strawberry fruit (Fragaria vesca L.).* Journal of agricultural and food chemistry, 2006. **54**(1): p. 86-91.
[54] Samra, N., A.M. Shalan, and T. Basma, *Maintaining storability of brahee date palm fruits with postharvest edible coating by using alginate salts.* Journal of Plant Production, 2019. **10**(12): p. 983-993.
[55] Rahemi, M., F. Roustai, and S. Sedaghat, *Use of Edible Coatings to Preserve Date Fruits (Phoenix Dactylofera L.).* Journal of Packaging Technology and Research, 2020. **4**: p. 79-84.
[56] Díaz-Mula, H.M., M. Serrano, and D. Valero, *Alginate coatings preserve fruit quality and bioactive compounds during storage of sweet cherry fruit.* Food and Bioprocess Technology, 2012. **5**: p. 2990-2997.
[57] Xiao, C., et al., *Combined action of pure oxygen pretreatment and chitosan coating incorporated with rosemary extracts on the quality of fresh-cut pears.* Food Chemistry, 2010. **121**(4): p. 1003-1009.
[58] Andrade, R., et al., *Wettability of gelatin coating formulations containing cellulose nanofibers on banana and eggplant epicarps.* LWT-Food Science and Technology, 2014. **58**(1): p. 158-165.
[59] Hasnaoui, A., et al., *Physico-chemical characterization, classification and quality evaluation of date palm fruits of some Moroccan cultivars.* Journal of Scientific Research, 2011. **3**(1).
[60] ٦Zhang, L., et al., *Post-ripening and senescence behavior of atemoya (Annona cherimola× A. squamosa) under two typical storage temperatures.* Postharvest Biology and Technology, 2023. **200**: p. 112336.
[61] Elleuch, M., et al., *Date flesh: Chemical composition and characteristics of the dietary fibre.* Food chemistry, 2008. :(٣)١١١ p. 676-682.
[62] Besbes, S., et al., *Adding value to hard date (Phoenix dactylifera L.): Compositional, functional and sensory characteristics of date jam.* Food chemistry, 2009. **112**(2): p. 406-411.
[63] Al-Redhaiman, K., *Chemical changes during storage of'Barhi'dates under controlled atmosphere conditions.* HortScience, 2005. **40**(5): p. 1413-1415.
[64] Cheraghi Dehdezi, S. and N. Hamdami, *The effect of storage types and conditions on The texture properties of dates (Kabkab variety) during storage.* Journal of Food Science & Technology (2008-8787), 2014. **12**(46).
[65] Aleid, S., et al., *Effect of frozen storage and packing type on Khalas and Sukkary dates quality.* American Journal of Food Technology, 2014. **9**(3): p. 127-135.
[66] Aboryia, M. and A.S. Omar, *Effectiveness of some edible coatings on storage ability of Zaghloul date palm fruits.* Journal of Plant Production, 2020. **11**(12): p. 1477-1485.
[67] Xing, Y., et al., *Effects of chitosan coating enriched with cinnamon oil on qualitative properties of sweet pepper (Capsicum annuum L.).* Food chemistry, 2011. **124**(4): p. 1443-1450.
[68] Poverenov, E., et al., *Gelatin-chitosan composite films and edible coatings to enhance the quality of food products: Layer-by-layer vs. blended formulations.* Food and Bioprocess Technology, 2014. **7**: p. 3319-3327.
[69] Jitareerat, P., et al., *Effect of chitosan on ripening, enzymatic activity, and disease development in mango (Mangifera indica) fruit.* New Zealand journal of crop and horticultural science, 2007. **35**(2): p. 211-218.

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Effect of chitosan-gelatin edible coating containing orange peel extract on quality properties and shelf life of Kabakab dates

Mohammad Ganje[1,2], Nahid Ahmadi Sabet[2], Gholamreza Abdi*[3], Seyed Saeed Sekhavatizadeh[4], Hamid Bakhshabadi[1]

1- Department of Agriculture, Minab Higher Education center, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
2- Department of Food Science and Technology, Kherad Institute of Higher Education, Bushehr, Iran.
3- Department of Biotechnology, Persian Gulf Research Institute, Persian Gulf University, Bushehr, 75169, Iran.
4- food science and technology Dep. Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Fars, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2024/7/15

Accepted:2024/9/29

Keywords:

Date Kabkab,

edible coating,

chitosan,

gelatin,

extract,

orange peel

DOI: 10.22034/FSCT.22.159.232.

*Corresponding Author E-

abdi@pgu.ac.ir

ABSTRACT

Dates are nutritionally rich and commercially important. Various solutions have been implemented to increase the shelf life of the product, allowing it to be available to consumers for a longer period. This study aims to use a chitosan-gelatin edible coating containing natural orange peel extract on stored dates at 4 and 25 °C for 90 days. Physical and chemical tests (weight loss, pH, acidity, moisture, reducing sugars, soluble solids, and texture) and sensory evaluations were conducted to assess the treatments over the storage period. The lowest weight loss occurred in the sample treated with the chitosan-gelatin coating containing orange peel extract on day 90 at both temperatures. Results indicated that with increased storage time and temperature, pH and moisture decreased while acidity, soluble solids, reducing sugars, and texture increased significantly. Additionally, a decrease in sensory attributes was observed with increased storage time and temperature, with samples treated with chitosan-gelatin coating containing 4 and 10 mg/ml orange peel extract showing the highest preference in sensory properties for the dates. Based on the findings, the chitosan-gelatin edible coating containing orange peel extract can be introduced as the best formulation for increasing the shelf life of dates for up to 90 days.