تأثیر کاربرد پس از برداشت پوشش کیتوزان حاوی عصاره چای سبز بر ویژگی‌های کیفی و ماندگاری میوه توت‌فرنگی رقم سلوا

کاظم علیرضالو[1*]، روح اله توکلیان[2] و پریناز جعفرپور[3]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۳/۱۰- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۱۶)

چکیده

توت‌فرنگی از جمله میوه‌های حساس به آسیب‌های مکانیکی و فیزیولوژیکی بوده و دارای سرعت متابولیسم و تخریب سریع در طول مدت زمان نگهداری است. در پژوهش حاضر از کیتوزان ۱ درصد حاوی غلظت‌های مختلف عصاره چای سبز (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) برای پوشش‌دهی میوه‌های توت‌فرنگی رقم سلوا استفاده شد و میزان کاهش وزن، pH، اسیدیته، مواد جامد محلول، آنتوسیانین کل، شاخص مربوط به رنگ (L, a, b)، شمارش میکروبی (باکتری‌های کل، کپک‌ها و مخمرها) و ویژگی‌های حسی طی زمان نگهداری به مدت ۱۶ روز در دما ۴°C مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که در طول مدت زمان نگهداری، میزان کاهش وزن، pH، مواد جامد محلول، تعداد باکتری‌های کل، کپک‌ها و مخمرها افزایش و ویژگی‌های اسیدیته قابل تیتراسیون، آنتوسیانین کل و سفتی بافت کاهش پیدا کرد. توت‌فرنگی‌های پوشش داده شده با کیتوزان حاوی عصاره چای سبز دارای درصد کاهش وزن، pH، مواد جامد محلول کمتر و اسیدیته قابل تیتراسیون، آنتوسیانین کل بالاتر و بافت سفت‌تری نسبت به توت‌فرنگی بدون پوشش‌دهی (تیمار شاهد) بودند. از سوی دیگر نتایج نشان داد که پوشش‌دهی میوه‌های توت‌فرنگی رقم سلوا با کیتوزان حاوی عصاره چای سبز سبب بهبود شاخص‌های رنگ میوه و کاهش رشد میکروبی در طول مدت زمان نگهداری شد. افزایش غلظت عصاره چای سبز منجر به اثرات سینرژیستی با کیتوزان شد، بطوری که تیمار پوشش کیتوزان ۱ درصد حاوی عصاره چای سبز ۳۰ درصد دارای بهترین تأثیر در بهبود ویژگی‌های کیفی و افزایش زمان ماندگاری بود.

کلمات کلیدی: پوشش‌دهی، توت‌فرنگی، عصاره چای سبز، کیتوزان، ماندگاری، ویژگی‌های کیفی

۱- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر، دانشگاه تبریز

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد واحد شهرکرد

۳- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

* پست الکترونیک: kazem.alirezalu@tabrizu.ac.ir

مقدمه

توت‌فرنگی با نام علمی *Fragaria ananassa* یکی از مهمترین میوه‌های غیرکلایمکتریک می‌باشد که دارای ارزش اقتصادی بالایی است. میوه توت‌فرنگی باید در زمان بلوغ کامل که از حداکثر کیفیت ظاهری (تردی، رنگ، نداشتن پوسیدگی یا ناهنجاری‌های فیزیولوژیک)، بافت (سفتی و آبدار بودن)، عطر و بوی مطلوب و ارزش تغذیه‌ای (ویتامین‌ها، عناصر معدنی و فیبرهای خوراکی) برخوردار است، برداشت شود (جانیسیویچ و کورستن[1]، ۲۰۰۲). کیفیت و عمر انبارمانی میوه‌ها و سبزی‌ها به وسیله فاکتورهای گوناگونی مثل کاهش آب، قهوه‌ای شدن آنزیمی، آسیب بافتی، فرآیند پیری و رشد میکروبی و غیره کاهش می‌یابد. در مورد میوه‌های تازه بریده[2]، این اتفاق به دلیل آسیب بافتی که به وسیله پوست کندن، قطعه قطعه کردن و بریدن به وجود آمده است، افزایش می‌یابد (آترس[3] و همکاران، ۲۰۱۰). توت‌فرنگی از جمله میوه‌های سریع فاسد شونده می‌باشد و تا اوایل قرن اخیر به ندرت انبار می‌شد و بیشتر مصرف تازه‌خوری داشت اما بازاریابی و پیشرفت‌های قابل توجهی که در زمینه حمل و نقل این میوه با هواپیما و کشتی به نقاط دور دست حاصل شده، بسیاری از محققان را به بررسی راه‌های مناسب افزایش عمر انباری این محصول حتی به مدت چند روز، علاقه مند ساخته است (شارف[4]، ۲۰۱۵). میزان تولید سالیانه توت‌فرنگی در دنیا ۴/۵ میلیون تن می‌باشد ولی به علت رشد سریع کپک *بوتریتیس سینرا* در حدود ۴۰-۳۰ درصد این محصول فاسد و غیرقابل استفاده می‌گردد (ویلا-روجاس[5] و همکاران، ۲۰۱۲). برای افزایش عمرانباری محصول برداشت شده و حفظ کیفیت آن روش‌های مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند (کاسترو[6] و همکاران، ۲۰۰۲).

یکی از عصاره‌های گیاهی که دارای ویژگی‌های ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدانی، تغذیه‌ای و دارویی است، عصاره چای سبز می‌باشد. عوامل اصلی سهیم در رنگ چای سبز، کلروفیل a و b هستند (ولایوتام[7] و همکاران، ۲۰۰۸). ترکیبات فنولیکی موجود در چای سبز، شامل شامل کاتچین‌ها و اسیدهای فنولیک می‌باشند که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی می‌باشند. ترکیبات اصلی متعلق به کاتچین‌ها شامل اپی‌گالوکاتچین گالات، اپی‌گالوکاتچین، اپی‌کاتچین گالات و اپی‌کاتچین هستند و اسیدهای فنولیک هم توسط اسیدهای گالیک نمایش داده می‌شوند. اپی‌گالوکاتچین گالات و اپی‌گالوکاتچین نقش مهمی در تغییر کیفیت حسی نوشیدنی چای سبز دارند (چاتورودالا و پراکاش[8]، ۲۰۱۱). در برگ‌های چای سبز جوان بیشترین مقدار کاتچین و آمینواسید وجود دارد. اثراتی که مصرف چای سبز در سلامتی به همراه دارد شامل کاهش خطر بیماری‌های قلبی و عروقی و یکسری از اثرات پیشگیری کننده نظیر پیشگیری از سرطان‌ها، بیماری‌های کبد، جهش‌زایی، چربی و کلسترول بالا، چاقی و پوکی استخوان است. علاوه بر آن چای سبز سبب سلامت دهان و دندان نیز می‌شود که این نیز به دلیل وجود ترکیبات فنولیکی است که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بوده و در زیباسازی و سلامت پوست هم موثر است (جین[9] و همکاران، ۲۰۰۶). علاوه بر اثرات دارویی، عصاره چای سبز دارای ویژگی‌های ضدمیکروبی می‌باشد، به طوری که اثرات آن روی *کلستریدیوم‌ها* و *هلیکوباکتر*، *استافیلوکوکوس اورئوس*، *اشریشیا کلی*، *سالمونلا* و کپک‌ها و مخمرها به خوبی شناخته شده است (کوپر[10] و همکاران، ۲۰۰۵؛ علیرضالو[11] و همکاران، ۲۰۱۷).

کیتوزان هتروپلیمر ازت‌داری است که از دی‌استیله شدن کیتین توسط محلول‌های قلیایی به دست می‌آید. این دو پلی‌ساکارید بعد از سلولز فراوانترین پلیمرهای موجود در طبیعت هستند. کیتوزان به حالت محلول دارای خاصیت ضدمیکروبی بالایی می‌باشد (چانگ[12] و همکاران، ۲۰۰۵). کیتوزان به عنوان ترکیب ضدمیکروبی بر علیه طیف وسیعی از ارگانیسم‌ها مانند جلبک‌ها، باکتری‌ها، کپک‌ها و مخمرها در شرایط طبیعی و آزمایشگاهی به اشکال محلول، پوشش،

1. Janisiewicz and Korsten
2. Fresh cut fruits
3. Atress
4. Scharff
5. Villa-Rojas
6. Castro
7. Velayutham
8. Chaturvedula and Prakash
9. Jain
10. Cooper
11. Alirezalu
12. Chung

فیلم و کامپوزیت[1] مورد پذیرش قرار گرفته است. برخی محققان گزارش داده‌اند که اثرات باکتری ایستایی[2] کیتوزان بهتر از اثرات باکتری‌کشی آن است ولی هنوز مکانیسم دقیق آن مشخص نشده است (رافات[3] و همکاران، ۲۰۰۸). کیتوزان و پوشش‌های تهیه شده از آن، به عنوان یک ماده جلوگیری کننده از فساد، نگهدارنده ضدقارچی برای طولانی کردن قابلیت ذخیره‌سازی و نگهداری محصولات تازه مانند توت فرنگی، مانع رشد باکتری‌ها، تثبیت‌کننده رنگ، کاهش دهنده کلسترول خون، سنتز پوست مصنوعی و تثبیت کننده آنزیم‌ها حائز اهمیت می‌باشد. کاربرد کیتوزان در ژاپن در سال ۱۹۸۳ و در کره در سال ۱۹۹۵ در برخی از مواد غذایی مجاز شمرده شده است (کمیل[4] و همکاران، ۲۰۰۲). گزارش‌های مختلفی در مورد کاربرد پوشش‌دهی کیتوزان برای نگهداری توت‌فرنگی وجود دارد که در این ارتباط عشقی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش دادند که پوشش نانو امولسیون حاوی کیتوزان باعث افزایش ماندگاری به میزان ۲/۵ برابر و بهبود ویژگی‌های کیفی میوه توت‌فرنگی شد. با توجه به ویژگی‌های مطلوب و اثرات ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی کیتوزان و عصاره چای سبز، پژوهش حاضر جهت بررسی اثرات پوشش‌کیتوزان حاوی عصاره چای سبز روی ویژگی‌های کیفی و ماندگاری توت‌فرنگی رقم سلوا انجام شد.

مواد و روش‌ها

تهیه محلول کیتوزان حاوی عصاره چای سبز

برای تهیه عصاره چای از روش ابراهیم‌زاده[5] و همکاران (۲۰۰۸) استفاده شد. ۵۰ گرم از پودر خشک چای سبز با ۱۰۰mL حلال آب و اتانول (اتانول ۹۰ درصد) در یک ارلن در پوشیده به مدت ۲۴ ساعت همزده شد. پس از استفاده از دکانتور، عصاره به کمک کاغذ صافی از مواد گیاهی جدا شده و بدین ترتیب عصاره با غلظت ۵۰ درصد از چای سبز تهیه شد. غلظت عصاره توسط رفراکتومتر اندازه‌گیری شد. عصاره به صورت تازه تهیه شد و در دمای ۴°C نگهداری شد. کیتوزان با وزن مولکولی بالا و درجه دی استیلاسیون ۹۵ درصد (کریستین‌هانسن، دانمارک) خریداری شد. محلول کیتوزان حاوی عصاره چای سبز با استفاده از روش ینگیویاد[6] و همکاران (۲۰۰۶) تولید شد. مقدار ۱۰ گرم از کیتوزان پودری در ۵۰۰ سی‌سی اسید استیک‌گلاسیال ۱ درصد حل شد. همچنین گلیسرول به میزان ۳/۳ گرم به عنوان نرم کننده به محلول اضافه گردید. پس از به حجم رساندن تا ۱۰۰۰mL با اسید استیک ۱درصد، محلول به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۶۰°C و با استفاده از شیکر همزده شد تا عمل انحلال پودرها به خوبی انجام گیرد و محلول یکنواختی بدست آید. پس از سرد کردن محلول، با استفاده از عصاره چای سبز، غلظت‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد در محلول کیتوزان تهیه شد. در نهایت محلول نهایی با استفاده از هموژنایزر اولتراتوراکس به مدت ۲ دقیقه مخلوط شده و به منظور ضدعفونی کردن، از فیلتر با منافذ ۰/۴۵µm عبور داده شد.

اعمال تیمار پوشش کیتوزان حاوی عصاره چای سبز

ابتدا توت‌فرنگی‌ها با آب شهری شسته شده و پس از جداکردن ضایعات و برگ‌های اضافی، دوباره با آب مقطر آب‌کشی شدند. سپس توت‌فرنگی‌های یکدست و سالم به مدت ۲ دقیقه در محلول کیتوزان حاوی درصدهای مختلف عصاره چای سبز (۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد) غوطه‌ور شدند. سپس توت‌فرنگی‌ها در دمای ۲۵ °C به مدت ۱ ساعت نگهداری شدند تا پوشش مورد نظر خشک شود. نمونه‌های تیمار شده در بسته‌های پلی اتیلن بسته بندی و در دمای ۴ °C نگهداری شدند. آزمایش‌های کیفی در روزهای ۱، ۴، ۸، ۱۲ و ۱۶ و ارزیابی‌های حسی فقط در روز ۸ ام نگهداری انجام شدند.

شاخص‌های مورد ارزیابی

برای محاسبه میزان کاهش وزن نمونه‌های توت‌فرنگی از اختلاف وزن در روز اول با روزهای مختلف نگهداری استفاده شد و به صورت درصد بیان شد (هی[7] و همکاران، ۲۰۰۷). اندازه‌گیری pH با استفاده از pHمتر در دمای ۲۰°C انجام

1. Composite
2. Bacteriostatic
3. Raafat
4. Kamil
5. Ebrahimzadeh
6. Yingyuad
7. He

شد. قبل از انجام آزمایش pHمتر با استفاده از بافرpH=۷ و pH=۴ کالیبره گردید (هی و همکاران، ۲۰۰۷). اندازه‌گیری اسیدیته با استفاده از pHمتر و به روش پتانسیومتری انجام گرفت. ۲۵۰mL آب مقطر دو بار جوشیده و سرد شده به بشر ۵۰۰mL منتقل و ۲۰g پوره توت‌فرنگی به آن افزوده شده و روی همزن مغناطیسی تا رسیدن به pH=۸/۲ با هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تیتر گردید (هی و همکاران، ۲۰۰۷). مواد جامد محلول (بریکس) با استفاده از دستگاه رفراکتومتر در دمای ۲۰°C اندازه‌گیری و با درجه بریکس نشان داده شد. قبل از انجام آزمایش با استفاده از آب مقطر دستگاه بر روی عدد صفر تنظیم گردید (گوکمن[1] و همکاران، ۲۰۰۱). برای ارزیابی رنگ نمونه‌های توت‌فرنگی از عکسبرداری دیجیتالی شبیه ساز هانترلب استفاده شد (لئون[2] و همکاران، ۲۰۰۶). اندازه‌گیری رنگ با بررسی پیکسل‌های عکس دیجیتالی سطح ماده غذایی توسط نرم افزار فتوشاپ و تبدیل اندیس‌های RGB به Lab صورت گرفت.

برای اندازه‌گیری محتوای آنتوسیانین کل از روش اختلاف pH استفاده شد. برای این منظور ابتدا دو بافر با pHهای ۱ و ۴/۵ تهیه شد و سپس ۱/۵mL از هر نمونه با ۲/۵mL از بافرهای تهیه شده مخلوط و جذب آن‌ها در طول موج های ۵۳۰ و ۷۰۰ نانومتر قرائت گردید (چانگ[3] و همکاران، ۲۰۰۵). در نهایت با استفاده از فرمول زیر جذب کل هر یک از عصاره‌ها محاسبه شد (گیوستی و ورولستات[4]، ۲۰۰۱).

$$A = (A530 - A700)\ pH = 1 - (A530 - A700)\ pH = 4.5$$

محتوای آنتوسیانین کل به صورت معادل میلی‌گرم سیانیدین -3گلوکوزید در ۱۰۰ گرم وزن تر و طبق فرمول زیر محاسبه شد:

$$TAC = A \times MW \times V \times DF \times 100/\varepsilon \times 100$$

A= جذب، MW= وزن مولکولی سیانیدین-3 گلوکوزید، DF= فاکتور رقت و ε= جذب مولی

ویژگی‌های میکروبیولوژیکی توت‌فرنگی شاهد و پوشش داده شده با کیتوزان حاوی غلظت‌های مختلف عصاره چای سبز مطابق روش‌های استاندارد مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا قسمت خارجی بسته‌بندی پلی‌اتیلن توسط اتانول۷۰ درصد به خوبی ضدعفونی شد، سپس رقت ۰/۱ اولیه (10^{-1}) از اختلاط ۱۱ گرم توت‌فرنگی خرد شده با ۹۹ گرم محلول رقیق کننده پپتون واتر با دمای ۴۰°C در یک ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتر استریل بدست آمد. در نهایت رقت‌های 10^{-2}، 10^{-3} و تا 10^{-9} در پپتون واتر استریل ۰/۱ درصد تهیه شد. کشت باکتری‌های زنده کل در محیط کشت PCA به صورت پورپلیت و با شرایط انکوباسیون ۴۸ ساعت در ۳۰°C (هوازی) انجام شد. کشت کپک‌ها و مخمرها با استفاده از محیط کشت YGC آگار به صورت سطحی (هوازی) با شرایط انکوباسیون ۵ روز در ۲۵ °C انجام گرفت (AOAC[5]، ۲۰۰۵).

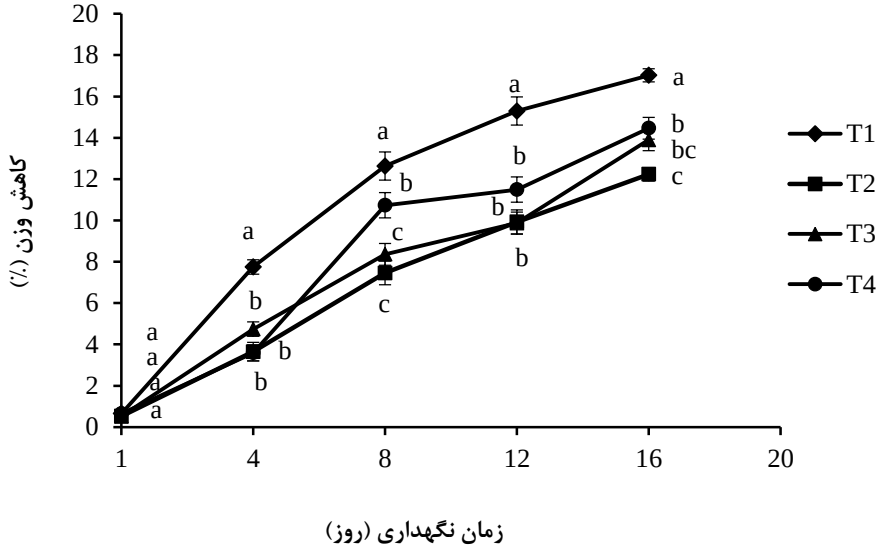
سفتی بافت میوه‌ها با استفاده از دستگاه آنالیز پروفایل بافت ساخت کشور انگلستان و با برند Lioyd اندازه‌گیری شد. از پروب به قطرmm ۶ با انتهای صاف، عمق نفوذ mm ۳ و سرعت نفوذ ۰/۲ mm/s برای محاسبه ماکزیمم نیروی وارده استفاده شد و بر حسب کیلوگرم بیان شد (نوروزی[6] و همکاران، ۲۰۱۶). ارزیابی ویژگی‌های حسی شامل خواص ظاهری، رنگ، خواص بافتی (سفتی و احساس دهانی) و خواص عطر و طعم میوه‌ی شاهد و توت‌فرنگی‌های پوشش داده شده با غلظت‌های مختلف کیتوزان حاوی عصاره چای سبز با استفاده از روش پانل تست (۱۵ نفر شامل ۸ زن و ۷ مرد با محدوده سنی ۳۰-۲۰ سال) به روش نمره‌دهی (۵: خیلی خوب؛ ۴: خوب؛ ۳: متوسط؛ ۲: بد؛ ۱: خیلی بد) انجام گرفت. قبل از ارزیابی حسی نمونه‌ها، آموزش‌های لازم در ارتباط با نحوه ارزیابی نمونه‌ها به افراد شرکت کننده داده شد. این پژوهش در قالب طرح کاملا تصادفی با ۴ تیمار (شاهد و توت‌فرنگی‌های پوشش داده شده با کیتوزان ۱ درصد حاوی عصاره‌های ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد چای سبز) با ۳ تکرار انجام شد. میوه‌ها به مدت ۱۶ روز در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری و شاخص‌های مورد ارزیابی به فاصله چهار روز ارزیابی شدند. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین تیمارها برای هرروز جداگانه انجام شد. از آزمون LSD در

1. Gokmen
2. Leon
3. Chung
4. Giusti and Wrolstad
5. Association of Official Analytical Chemists
6. Norouzi

سطح احتمال ۵ درصد و نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در طول مدت زمان نگهداری ویژگی‌های کاهش وزن، pH، مواد جامد محلول به طور معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) افزایش و ویژگی‌های اسیدیته کل، آنتوسیانین‌ها و سفتی بافت نمونه‌ها به طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) کاهش پیدا کرد. بین تیمارهای مختلف توت‌فرنگی پوشش داده شده از لحاظ تأثیر روی ویژگی‌های مورد بررسی در این تحقیق اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) وجود داشت. درصدکاهش وزن یکی از ساده‌ترین و مهم‌ترین آزمون‌های ارزیابی ماندگاری و کیفیت توت‌فرنگی است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که درصد کاهش وزن برای توت‌فرنگی‌های پوشش داده شده به صورت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) کمتر از نمونه‌های شاهد بود (نمودار ۱). در تمامی تیمارها با افزایش زمان نگهداری به علت تبخیر سطحی، میزان آب میوه‌ها کاهش و درصد کاهش وزن افزایش پیدا کرد. در این میان بیشترین درصد کاهش وزن مربوط به تیمار شاهد (۱۷ درصد) و کمترین میزان درصد کاهش وزن مربوط به توت‌فرنگی پوشش داده شده با ۱ درصد کیتوزان حاوی ۱۰ درصد عصاره چای سبز (تیمار ۴) بود.



نمودار ۱- تغییرات کاهش وزن توت‌فرنگی‌های پوشش داده شده با کیتوزان حاوی عصاره چای سبز و شاهد در طول مدت زمان نگهداری

حروف غیرمشابه در بین تیمارها در هر روز نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال $P < ۰/۰۵$ می‌باشد. T1: تیمار شاهد، T2: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۱۰٪، T3: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۲۰٪، T4: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۳۰٪

درصد کاهش وزن در نمونه‌های شاهد به صورت سریع تا روز ۸ افزایش و بعد از آن روند کاهشی به خود گرفت که علت آن مربوط به کاهش میزان رطوبت توت‌فرنگی بود. نتایج نشان داد که استفاده از کیتوزان باعث کاهش درصد کاهش وزن میوه‌ها شد. ولی افزایش غلظت عصاره چای سبز باعث خروج بیشتر آب توت فرنگی در طول مدت زمان نگهداری شد. احتمالا به دلیل اینکه ترکیبات فنولیک خاصیت آبدوستی دارند، افزایش مقدار آن باعث افزایش ویژگی‌های آبدوستی پوشش کیتوزان و افزایش خروج آب از پوشش میوه‌ها شده است (فان[1] و همکاران، ۲۰۰۸).

در نمودار ۲ تأثیر فرمولاسیون‌های مختلف پوشش خوراکی

1. Fan

کیتوزان حاوی عصاره چای سبز بر pH توت‌فرنگی در طی مدل زمان نگهداری نشان داده شده است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در طول مدت زمان نگهداری میزان pH توت‌فرنگی‌های پوشش داده شده و شاهد افزایش پیدا کرد ولی این افزایش در مورد تیمارهای شاهد به صورت معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) بالاتر بود. علت افزایش معنی‌دار میزان pH در تیمار شاهد می‌تواند به دلیل عدم وجود پوشش مناسب در اطراف آن باشد که باعث افزایش میزان تنفس میوه و مصرف اسیدهای آلی و همچنین مربوط به رشد نسبی کپک‌ها و مخمرها و مصرف اسیدهای آلی توسط آنها باشد (زیوانوویچ[1] و همکاران، ۲۰۰۷).

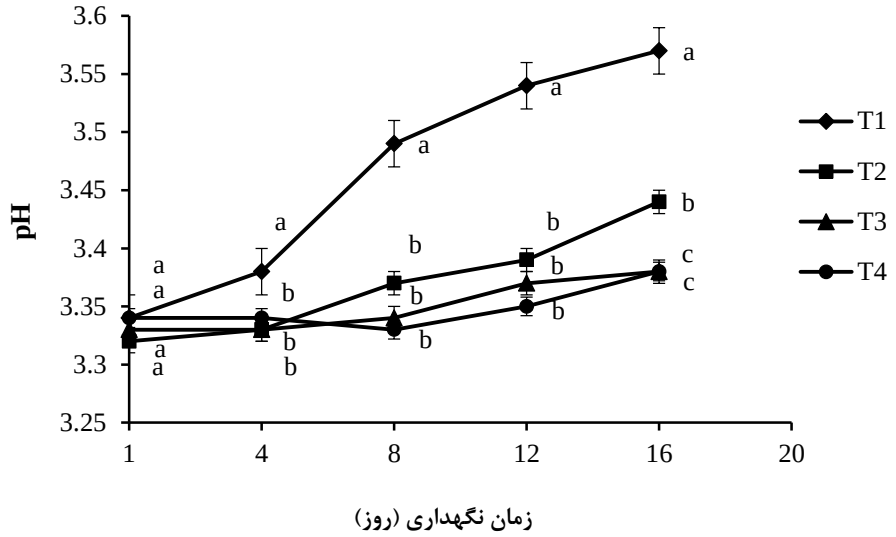
pH توت‌فرنگی‌های پوشش داده شده به صورت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) کمتر از نمونه شاهد بود (نمودار ۲). علت این تغییر احتمالا می‌تواند مربوط به ممانعت‌کنندگی پوشش کیتوزان حاوی عصاره چای سبز و اثرات ضدمیکروبی عصاره چای سبز باشد که باعث کاهش میزان تنفس و رشد میکروب‌ها می‌شود. در بین میوه‌های تیمار شده، تیمار T1 دارای بیشترین pH و تیمار T4 دارای کمترین میزان pH بود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که پوشش‌دهی کیتوزان و همچنین عصاره چای سبز باعث جلوگیری از افزایش سریع pH در مدت زمان نگهداری می‌شود. مورایس[2] و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که استفاده از پوشش‌های خوراکی، تغییرات pH را در میوه کاهش می‌دهد و در نهایت منجر به افزایش زمان ماندگاری و کیفیت خوراکی میوه توت‌فرنگی می‌شود. نتایج بدست آمده با نتایج مفتون آزاد[3] و همکاران (۲۰۰۸) همخوانی دارد. آنها گزارش کردند افزایش pH در نمونه‌های شاهد توت‌فرنگی بیشتر از نمونه‌های پوشش داده شده با کربوکسی متیل سلولز بوده است. همچنین ولیکووا[4] و همکاران (۲۰۱۳) در پوشش‌دهی توت‌فرنگی با کیتوزان نشان دادند که میزان افزایش pH در توت‌فرنگی‌های بدون پوشش بسیار بیشتر از نمونه پوشش‌دار بود. در گزارشی توسط نیتا[5] و همکاران (۲۰۱۳) مشخص شد که در پوشش‌دهی توت‌فرنگی با کیتوزان میزان افزایش pH در توت فرنگی‌های بدون پوشش بسیار بیشتر از نمونه پوشش‌دار بود که با نتایج پژوهش اخیر همخوانی داشت.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که مقدار اسیدیته برای توت‌فرنگی‌های پوشش داده شده به صورت معنی داری ($P<۰/۰۵$) بیشتر از نمونه‌های شاهد بود (نمودار ۳). هر چقدر میزان تنفس بالاتر باشد رسیدگی میوه بیشتر است و به تبع آن اسیدیته زودتر کاهش می‌یابد. پوشش دهی با کیتوزان حاوی عصاره چای سبز احتمالا بدلیل ایجاد یک لایه محافظتی، از عبور گازها جلوگیری کرده و میزان تنفس میوه را کاهش می‌دهد که این امر باعث کاهش کمتر اسیدیته در نمونه‌های پوشش داده شده نسبت به کنترل می‌شود.

نتایج این تحقیق با گزارش‌های دیگر قابل مقایسه بود. به طوری که محتشمی (۱۳۹۲) اظهار کرد که در پوشش‌های آلژینات پتاسیم که حاوی ۱ ٪ اسید آسکوربیک بودند، مقدار اسیدیته به صورت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) کاهش یافت. اسیدیته به طور مستقیم به حضور اسیدهای آلی موجود در میوه بستگی دارد. کاهش اسیدیته توت‌فرنگی در طول نگهداری بدلیل تغییرات متابولیکی در میوه می‌باشد که این تغییرات متابولیکی در نتیجه مصرف اسیدهای آلی در تنفس سلولی می‌باشد (مفتون‌آزاد و همکاران، ۲۰۰۸). نتایج بدست آمده با نتایج یامان[6] و همکاران (۲۰۰۱) همخوانی داشت. آنها نشان دادند که پوشش‌دهی بر پایه آلژینات سدیم در آلبالو باعث کاهش نرخ تنفس می‌شود. همچنین ممکن است مصرف اسیدهای آلی را به تأخیر اندازد. عدم کاهش اسیدیته و جلوگیری از تغییرات آن در میوه توت‌فرنگی پوشش داده شده با پلی‌ساکاریدهای بر پایه نشاسته توسط گارسیا[7] و همکاران (۱۹۹۸) گزارش شده است. همچنین اخیرا مشابه چنین نتایجی توسط ولیکووا[8] و همکاران (۲۰۱۳) در پوشش‌های بر پایه کیتوزان- موم زنبور عسل روی توت فرنگی بدست آمده است.

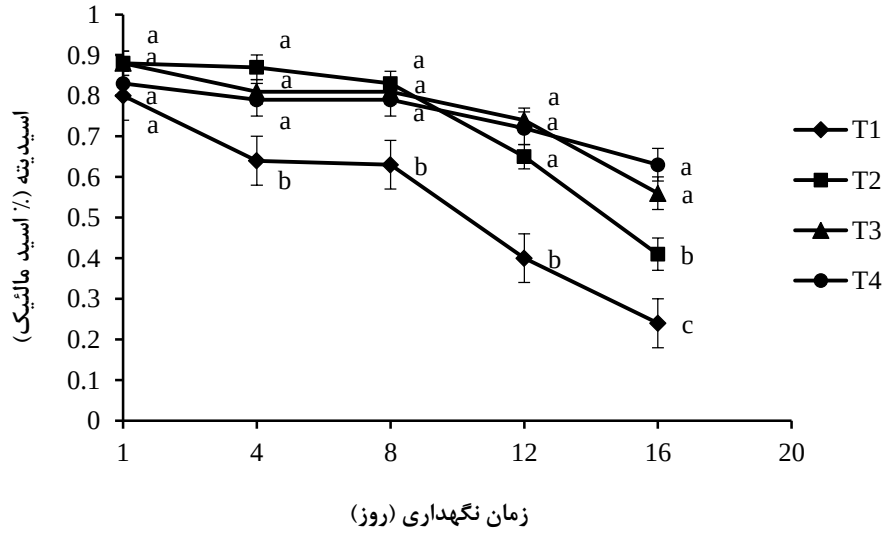
نتایج مقایسه میانگین نمونه‌های توت‌فرنگی پوشش داده شده با کیتوزان حاوی عصاره چای سبز نشان داد که در

1. Zivanovic
2. Moraes
3. Maftoonazad
4. Velickova
5. Neeta
6. Yaman
7. García
8. Velickova



نمودار ۲- تغییرات pH توت فرنگی‌های پوشش داده شده با کیتوزان حاوی عصاره چای سبز و شاهد در طول مدت زمان نگهداری

حروف غیرمشابه در بین تیمارها در هر روز نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال $P < ۰/۰۵$ می‌باشد. T1: تیمار شاهد، T2: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۱۰٪، T3: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۲۰٪، T4: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۳۰٪



نمودار ۳- تغییرات اسیدیته توت فرنگی‌های پوشش داده شده با کیتوزان حاوی عصاره چای سبز و شاهد در طول مدت زمان نگهداری

حروف غیرمشابه در بین تیمارها در هر روز نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال $P < ۰/۰۵$ می‌باشد. T1: تیمار شاهد، T2: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۱۰٪، T3: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۲۰٪، T4: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۳۰٪

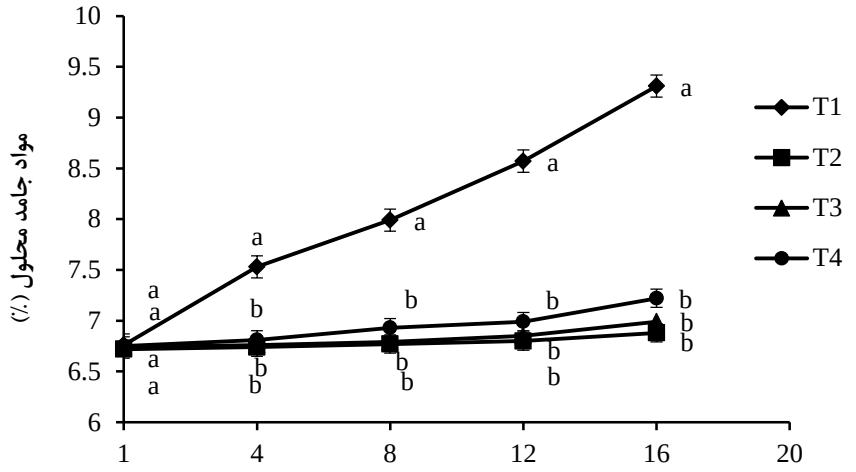
طول مدت زمان نگهداری ۱۶ روز میزان مواد جامد محلول روند صعودی داشت. این افزایش در تیمار شاهد به طور معنی‌داری بالاتر از تیمار شاهد بود (۶/۷ تا ۹/۳ درصد). علت افزایش مواد جامد محلول می‌تواند مربوط به خروج رطوبت از توت‌فرنگی باشد. همچنین بالاتر بودن میزان تنفس در نمونه‌های شاهد یکی دیگر از دلایل بالاتر بودن مواد جامد محلول می‌باشد. بدین صورت که افزایش میزان تنفس سبب افزایش تبدیل پکتین و پلی‌ساکاریدها به قندهای ساده

می‌شود. این نتایج با گزارش‌های وارگاس[1] و همکاران (۲۰۰۶) و نیتا و همکاران (۲۰۱۳) مطابقت داشت. ولیکووا[2] و همکاران (۲۰۱۳) به این نتیجه دست یافتند که محتوای مواد جامد محلول با پوشش‌دهی میوه‌های توت‌فرنگی در طی دوره نگهداری به دلیل تنفس افزایش پیدا می‌کند. همچنین محتشمی (۱۳۹۲) نشان داد که مواد جامد محلول توت فرنگی‌های پوشش داده شده با آلژینات پتاسیم در روز آخر نگهداری (۷/۵ درصد) به صورت معنی داری ($P<۰/۰۵$) کمتر از نمونه شاهد (۸/۷ درصد) بود. از سوی دیگر نتایج نشان داد که پوشش‌دهی توت‌فرنگی با کیتوزان حاوی عصاره چای سبز می‌تواند باعث جلوگیری از افزایش زیاد میزان مواد جامد محلول در طی مدت زمان نگهداری بشود. بطوری که استفاده از کیتوزان و کاهش میزان عصاره چای سبز در فرمولاسیون پوشش، باعث جلوگیری از افزایش مواد جامد محلول بین تیمارهای مختلف توت‌فرنگی می‌شود. محتشمی (۱۳۹۲) با مقایسه بین پوشش‌های مختلف بر پایه آلژینات پتاسیم گزارش کرد که استفاده از افزودنی‌های فعال به طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) در پایین نگه داشتن مقدار مواد جامد محلول موثر هستند.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ($P<۰/۰۵$) بین شاخص‌های L (شاخص روشنایی)، a (شاخص قرمزی) و b (شاخص زردی) نمونه‌های پوشش‌دار با نمونه کنترل وجود داشت. در بین توت‌فرنگی‌های پوشش‌دهی شده، میزان روشنایی در تیمار T2 و T3 به صورت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) بیشتر از سایر تیمارها بودند. کمترین میزان روشنایی مربوط به نمونه شاهد (۲۹/۶۸) بود که با نمونه‌های پوشش‌دار فعال تفاوت زیادی داشت (جدول ۱). بالاتر بودن شاخص روشنایی توت‌فرنگی‌های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد احتمالا می‌تواند مربوط به جلوگیری از واکنش‌های قهوه‌ای، اکسیداسیون و براق بودن پوشش مورد استفاده باشد. به طور کلی می‌توان گفت با پوشش‌دهی کیتوزان و کاهش عصاره مورد استفاده اندیس روشنایی می‌تواند افزایش پیدا کند. ترکیبات موجود در عصاره با وجود داشتن ویژگی‌های ضد قهوه‌ای شدن آنزیمی به دلیل تیره بودن عصاره مورد استفاده می‌توانند در کاهش میزان روشنایی توت‌فرنگی پوشش داده شده موثر باشند.

در ارتباط با اندیس قرمزی تیمار T4 دارای بالاترین میزان (۴۱/۸۴) و تیمار شاهد دارای کمترین میزان (۳۴/۷۵) بود. این بدان معنی است که پوشش‌دهی با کیتوزان و افزایش عصاره چای سبز می‌تواند سبب افزایش قرمزی نمونه‌های توت‌فرنگی شود. علت چنین تغییری می‌تواند مربوط به اثرات ضدمیکروبی و آنتی‌اکسیدانی کیتوزان و عصاره چای سبز باشد که مانع رشد کپک‌ها و مخمرها و جلوگیری از تغییرات pH و ممانعت از ورود اکسیژن و اکسیداسیون آنتوسیانین‌ها و کاهش رنگ قرمزی نمونه‌های توت‌فرنگی شده است. همچنین بیشترین میزان شاخص زردی مربوط به نمونه‌های T3 و T4 و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد بود. بر اساس نتایج بدست آمده می‌توان نتیجه گرفت که پوشش‌دهی با کیتوزان و افزایش غلظت عصاره چای سبز، می‌تواند باعث افزایش میزان زردی توت‌فرنگی‌ها شود. با توجه به اینکه توت فرنگی دارای بتاکاروتن می‌باشد. بنابراین پوشش‌دهی آنها با کیتوزان حاوی عصاره چای سبز به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنولیک چای سبز، از اکسیداسیون بتاکاروتن جلوگیری کرده و سبب جلوگیری از کاهش بتاکاروتن و زایل شدن رنگ زرد می‌شود. به طور کلی باید ذکر کرد که قهوه‌ای شدن آنزیمی یکی از عوامل موثر در تغییر رنگ میوه‌ها طی نگهداری می‌باشد. پوشش‌های خوراکی می‌توانند با کاهش تماس اکسیژن، پیشرفت این واکنش را به تاخیر اندازند. همچنین استفاده از عصاره چای سبز می‌تواند این بازدارندگی را تشدید نماید. نتایج بدست آمده با نتایج محتشمی (۱۳۹۲) همخوانی دارد. آنها بیان کردند استفاده از عوامل فعال مانند اسید آسکوربیک می‌تواند از تغییر رنگ ناشی از واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی جلوگیری کند. همچنین آن محقق گزارش داد که استفاده از پوشش‌های فعال باعث افزایش معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) پارامترهای روشنایی، قرمزی و زردی در روز ۱۲ نگهداری نسبت به نمونه شاهد گردید. همچنین این محقق نشان داد که در طول مدت زمان نگهداری در نمونه‌های حاوی ۱٪ اسید آسکوربیک قرمزی رنگ توت‌فرنگی نسبت به سایر

1. Vargas
2. Velickova



نمودار ۴- تغییرات مواد جامد محلول توت فرنگی‌های پوشش داده شده با کیتوزان حاوی عصاره چای سبز وشاهد در طول مدت انبارداری

حروف غیرمشابه در بین تیمارها در هر روز نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال $P < ۰/۰۵$ می‌باشد. T1: تیمار شاهد، T2: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۱۰٪، T3: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۲۰٪، T4: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۳۰٪

جدول ۱-مقایسه میانگین شاخص‌های رنگی توت فرنگی‌های پوشش داده شده با کیتوزان حاوی عصاره چای سبز و شاهد در روز ۸ زمان نگهداری

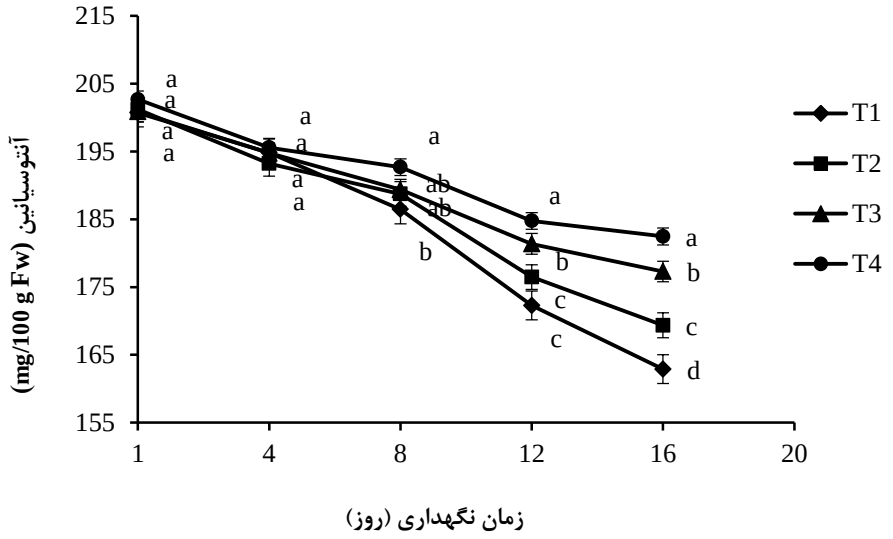
	تیمارها			
ویژگی‌ها	T1	T2	T3	T4
L (اندیس روشنایی)	۲۹/۶۸±۰/۷۰^{c}	۳۳/۹۳±۰/۹۸^{a}	۳۳/۴۲±۰/۶۵^{a}	۳۲/۲۳±۰/۸۰^{b}
a (اندیس قرمزی)	۳۴/۷۵±۰/۹۸^{d}	۳۶/۴۷±۰/۶۵^{c}	۳۹/۳۲±۰/۸۶^{b}	۴۱/۸۴±۰/۷۹^{a}
b (اندیس زردی)	۲۶/۵۶±۰/۲۸^{b}	۲۶/۹۳±۰/۱۵^{b}	۲۷/۴۷±۰/۳۱^{a}	۲۷/۵۸±۰/۰۹^{a}

حروف غیرمشابه در سطرها نشان دهنده اختلاف معنی‌داری ($P < ۰/۰۵$) بین تیمارها در روز ۸ زمان نگهداری می‌باشد.T1: تیمار شاهد، T2: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۱۰٪، T3: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۲۰٪، T4: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۳۰٪

نمونه‌ها کمتر کاهش یافت. نتایج بدست آمده این پژوهش با نتایج لی[1] و همکاران (۲۰۰۳) همخوانی داشت. آنها بیان کردند استفاده از اسید آسکوربیک می‌تواند از تغییر رنگ ناشی از واکنش‌های قهوه‌ای شدن آنزیمی جلوگیری کند. نتایج مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای مورد استفاده بر میزان آنتوسیانین کل میوه توت‌فرنگی در نمودار ۵ نشان داده شده است. همان طور که در این نمودار نشان داده شده است در طول مدت زمان نگهداری میزان آنتوسیانین نمونه‌های مختلف پوشش‌دهی شده و شاهد با گذشت زمان کاهش پیدا کرد. بیشترین و کمترین میزان کاهش به ترتیب مربوط به تیمار شاهد (از ۲۰۰ mg/100 g تا ۱۶۵ mg/100 g) و تیمار T4 (از ۲۰۲ mg/100 g تا ۱۸۲ mg/100 g) بود. با توجه به اینکه آنتوسیانین‌ها در برابر اکسیژن و تغییرات pH حساس می‌باشند، بنابراین تیمار شاهد و T2 به دلیل پوشش‌دهی ضعیف و تغییرات بالای pH دارای میزان آنتوسیانین کمتری در انتهای مدت زمان نگهداری هستند.

در نمودار ۶ تغییرات شمارش کل باکتری‌ها در توت‌فرنگی-های پوشش داده شده با کیتوزان حاوی عصاره چای سبز و شاهد در طی مدت زمان نگهداری (۱۶ روز) نشان داده شده است. همان طور که مشخص شد تعداد باکتری‌ها در طی

1. Lee



نمودار ۵- تغییرات آنتوسیانین کل توت‌فرنگی‌های پوشش داده شده با کیتوزان حاوی عصاره چای سبز در طول مدت زمان نگهداری

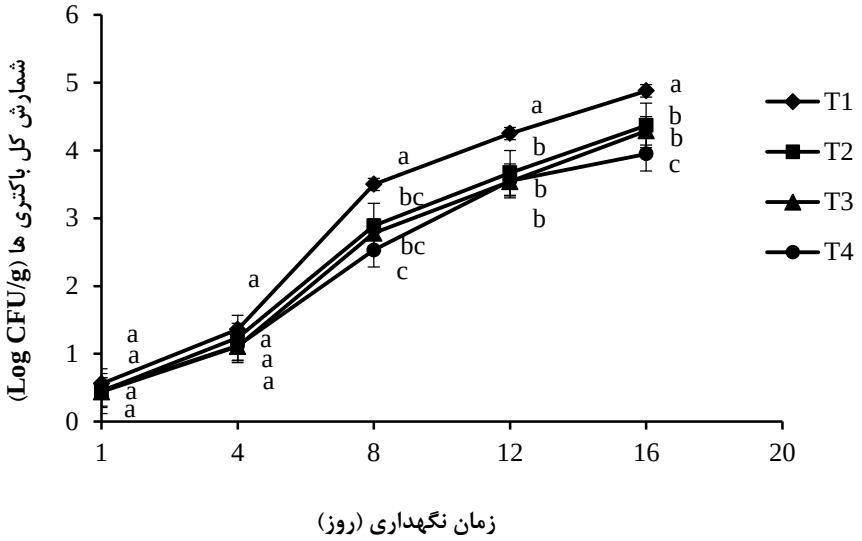
حروف غیرمشابه در بین تیمارها در هر روز نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال $P < ۰/۰۵$ می‌باشد. T1: تیمار شاهد؛ T2: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۱۰٪، T3: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۲۰٪، T4: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۳۰٪

مدت زمان نگهداری به طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) افزایش پیدا کرد. این افزایش تا روز ۸ با شیب زیاد ولی در انتهای زمان نگهداری با شیب کم بود. بیشترین میزان افزایش مربوط به تیمار شاهد (۰/۵۶-۴/۸۸Log CFU/g) و کمترین میزان آن مربوط به تیمار T4 (۰/۴۳-۳/۹۲Log CFU/g) بود.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که پوشش‌دهی توت‌فرنگی با کیتوزان حاوی عصاره چای سبز می‌تواند مانع از رشد باکتری‌ها شود. بر اساس ویژگی‌های ضدمیکروبی کیتوزان و عصاره چای سبز می‌توان نتیجه گرفت که پوشش‌دهی کیتوزان و غلظت‌های مختلف عصاره چای سبز می‌توانند از رشد باکتری‌ها جلوگیری کنند. امامی‌فر (۱۳۹۳) نشان داد که استفاده از پوشش آلوئه ورا روی توت‌فرنگی می‌تواند از رشد سریع میکروب‌ها در طی مدت زمان نگهداری جلوگیری کند. گل[1] و همکاران (۲۰۱۳) به نتایج مشابهی در مورد پوشش‌دهی توت‌فرنگی با فیلم‌های خوراکی حاوی کیتوزان دست یافتند.

کپک‌ها و مخمرها عامل اصلی فساد توت‌فرنگی به شمار می‌روند بنابراین کاهش آنها در سطح میوه‌ها می‌تواند موجب افزایش ماندگاری محصولات گردد (رامانازی[2] و همکاران، ۲۰۱۵). نمودار ۷ تأثیر پوشش‌های بر پایه کیتوزان حاوی عصاره چای سبز را بر میزان کپک و مخمر نمونه‌های توت فرنگی نشان می‌دهد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تعداد کپک‌ها و مخمرها در توت‌فرنگی‌های پوشش داده شده به صورت معنی داری ($P<۰/۰۵$) کمتر از نمونه شاهد بود (نمودار ۷). پوشش کیتوزان حاوی عصاره چای سبز بدلیل ممانعت از ورود و خروج گازها بخصوص اکسیژن (با توجه به هوازی بودن کپک‌ها) و جلوگیری از تماس سطح توت‌فرنگی می‌تواند باعث جلوگیری از رشد کپک و مخمرها شود (حاجی[3] و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین در پوشش‌هایی که از کیتوزان و عصاره چای سبز ۳۰٪ (تیمار T4) استفاده شده بود این میزان به طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) کاهش پیدا کرده و موثرترین پوشش جهت جلوگیری از رشد کپک و مخمر در سطح میوه بود. از سوی دیگر می‌توان نتیجه گرفت که به علت اثرات ضدمیکروبی کیتوزان حاوی عصاره چای سبز، رشد کپک‌ها و مخمرها در طی مدت زمان نگهداری کاهش پیدا کرد. گزارش‌های

1. Gol
2. Romanazzi
3. Hajji



نمودار ۶- شمارش باکتری‌های کل توت فرنگی‌های پوشش داده شده با کیتوزان حاوی عصاره چای سبز در طول مدت زمان نگهداری

حروف غیرمشابه در بین تیمارها در هر روز نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال $P < ۰/۰۵$ می‌باشد. T1: تیمار شاهد T2: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۱۰٪، T3: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۲۰٪، T4: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۳۰٪

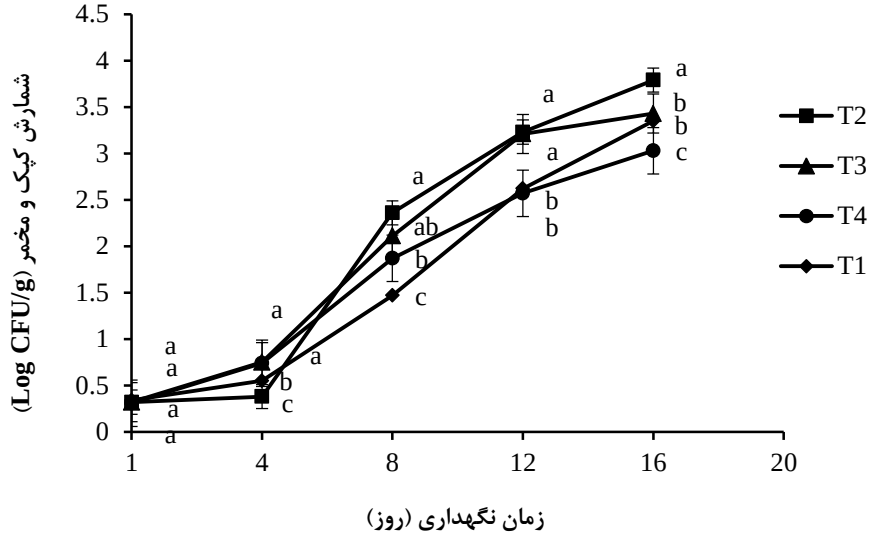
مشابهی در مورد اثرات ضدمیکروبی کیتوزان (هرناندز-مونز[1] و همکاران، ۲۰۰۸؛ وو[2] و همکاران، ۲۰۱۱) در پوشش‌دهی توت‌فرنگی و چای سبز (آپریانتی[3] و همکاران، ۲۰۱۸) وجود دارد. به طوری که علیرضالو[4] و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که کیتوزان و عصاره چای سبز دارای اثرات هم‌افزایی هستند و می‌توانند به عنوان جایگزین نگهدارنده‌های شیمیایی در افزایش زمان ماندگاری مواد غذایی مورد استفاده قرار بگیرند. نتایج مقایسه میانگین داده‌های حسی نشان داد که بین تیمارهای مختلف توت‌فرنگی اختلاف معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) وجود داشت. بهترین تیمار، توت‌فرنگی پوشش داده شده با کیتوزان حاوی عصاره ۲۰ و ۳۰ درصد چای سبز بود. همچنین پائین‌ترین امتیاز حسی مربوط به نمونه‌های شاهد بود که علت آن را می‌توان به چروکیده شدن و بوی کپک زدگی ملایم توت‌فرنگی شاهد نسبت داد. دلیل ماندگاری رنگ و تغییرات کم آن در نمونه‌های تیمار شده با پوشش‌های فعال، وجود آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی موجود در عصاره چای سبز می‌باشد که از بروز واکنش‌های قهوه‌ای شدن می‌تواند جلوگیری کند. به طوری که با افزایش این غلظت، اثرات آنتی‌اکسیدانی افزایش پیدا می‌کند. در نمونه‌های شاهد بدلیل نداشتن هیچ گونه حفاظتی در برابر مواد خارجی و همچنین تشدید واکنش‌های آنزیمی مثل فنلاز و اسید آسکوربیک‌اکسیداز طعم و بوی نامطلوب در اثر تولید متابولیت‌های میکروبی ایجاد شد.

نتیجه گیری کلی

پوشش‌دهی توت‌فرنگی با کیتوزان حاوی عصاره چای سبز به عنوان ترکیب فعال دارای اثرات مختلفی روی ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی، تغذیه‌ای، ظاهری و حسی میوه توت‌فرنگی رقم سلوا داشت. نتایج نشان داد که پوشش‌دهی میوه‌های توت‌فرنگی با کیتوزان حاوی عصاره چای سبز باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی و ظاهری شد. توت‌فرنگی‌های پوشش‌دهی شده با کیتوزان حاوی عصاره چای سبز علاوه بر داشتن ویژگی‌های رنگی و روشنایی بهتر نسبت به نمونه‌های شاهد، دارای ویژگی‌های تغذیه‌ای بیشتر و بافت قابل قبول نیز بودند. کیتوزان علاوه بر اثرات پوشش‌دهی مطلوب دارای فعالیت ضدمیکروبی بالایی نیز بود. به طوری که مشخص شد طی اثرات هم‌افزایی با عصاره چای سبز باعث کاهش

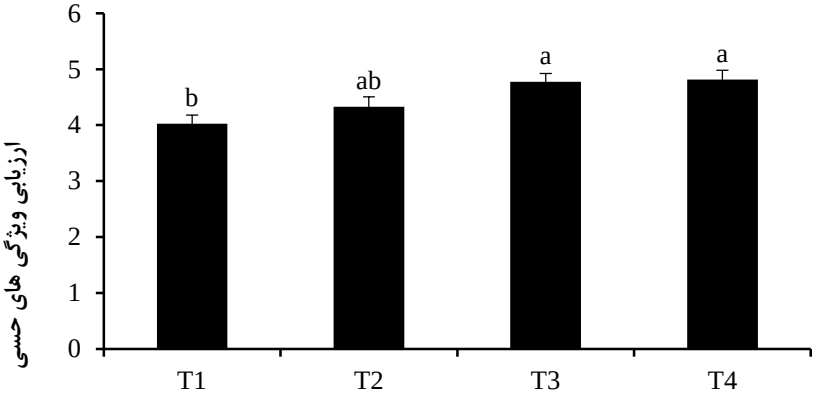
1. Hernandez-Munoz
2. Vu
3. Apriyanti
4. Alirezalu *et al*

شمارش میکرواوگانیسم‌ها و بهبود ویژگی‌های حسی توت فرنگی‌ها در طی زمان نگهداری شد. بر اساس نتایج بدست آمده از پژوهش حاضر، پوشش‌های کیتوزان حاوی عصاره چای سبز برای افزایش زمان ماندگاری توت‌فرنگی رقم سلوا با کیفیت بالا پیشنهاد می‌گردد.



نمودار ۷- شمارش کپک‌ها و مخمرها توت فرنگی‌های پوشش داده شده با کیتوزان حاوی عصاره چای سبز و شاهد در طول مدت زمان نگهداری

حروف غیرمشابه در بین تیمارها در هر روز نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال $P < ۰/۰۵$ می‌باشد. T1: تیمار شاهد، T2: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۱۰٪، T3: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۲۰٪، T4: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۳۰٪



نمودار ۸- ویژگی‌های حسی توت‌فرنگی‌های پوشش داده شده با کیتوزان حاوی عصاره چای سبز و شاهد در روز ۸ ام زمان نگهداری

حروف غیرمشابه در بین تیمارها در هر روز نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال $P < ۰/۰۵$ می‌باشد. T1: شاهد، T2: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۱۰٪، T3: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۲۰٪، T4: کیتوزان ۱٪ + عصاره چای سبز ۳۰٪

منابع

امامی فر، آ. ۱۳۹۳. ارزیابی تاثیر ژل آلوئه ورا به عنوان پوشش خوراکی بر ویژگی‌های میکروبی، فیزیکوشیمیایی و حسی توت‌فرنگی تازه طی انبارداری. فصلنامه علوم و فناوری‌های نوین غذایی، ۶: ۱۵-۲۹.

عشقی، س.، هاشمی، م.، محمدی، ع.، بدیعی، ف.، محمد حسینی، ز.، احمدی صومعه، ک. و قناتی، ک. ۱۳۹۲. تأثیر پوشش نانومولسیون حاوی کیتوزان بر افزایش ماندگاری و ویژگی‌های کیفی میوه توت‌فرنگی پس از برداشت. فصلنامه علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۲: ۱۸-۲۷.

محتشمی، ا. ۱۳۹۲. بهینه سازی فرمولاسیون پوشش های فعال پلی ساکاریدی بر پایه آلژینات پتاسیم برای افزایش ماندگاری توت فرنگی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تبریز.

Alirezalu, K., Hesari, H., Nematic, Z., Munekata, P.E.S., Barba, F.J. and Lorenzo, J.M. 2018. Combined effect of natural antioxidants and antimicrobial compounds during refrigerated storage of nitrite-free frankfurter-type sausage. Food Research International, 120: 839-850.

Alirezalu, K., Hesari, J., Eskandari, M.H., Valizadeh, H. and Sirousazar, M. 2017. Effect of green tea, stinging nettle and olive leaves extracts on the quality and shelf life stability of frankfurter type sausage. Journal of Food Processing and Preservation, 41(5): 1–11.

AOAC. 2005. Official methods of analysis of AOAC International (18). Maryland, USA: Association of Official Analytical Chemistry.

Apriyanti, D., Rokhati, R., Mawarni, N., Khoiriyah, Z. and Istirokhatun, T. 2018. Edible coating from green tea extract and chitosan to preserve strawberry (*Fragaria vesca* L.). MATEC Web of Conferences, 156.

Atress, A.S.H., El-Mogy, M.M., Aboul-Anean, H.E. and Alsanius, B.W. 2010. Improving strawberry fruit storability by edible coating as a carrier of thymol or calcium chloride. Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants, 2: 88-97.

Castro, I., Goncalves, O., Teixeira, J.A. and Vicente, A.A. 2002. Comparative study of Selva and Camarosa strawberries for the commercial market. Journal of Food Science, 67: 2132–2137.

Chaturvedula, V.S.P. and Prakash, I. 2011. The aroma, taste, color and bioactive constituents of tea. Journal of Medicinal Plants Research, 5: 2110–2124.

Chung, Y.C., Kuo, C.L. and Chen, C.C. 2005. Preparation and important functional properties of water-soluble chitosan produced through Maillard reaction. Bioresource Technology, 96: 1473-1482.

Chung, Y.C., Chen, S.J., Hsu, C.K., Chang, C.T. and Chou, S.T. 2005. Studies on the antioxidative activity of *Graptopetalum paraguayense* E. Walther. Food Chemistry, 91: 419–424.

Cooper, R., Morre, J. and Morre, D. 2005. Medicinal benefits of green tea: part 1. Review of noncancer health benefit. The Journal of Alternative and Complementary Medicine, 11(3): 521-528.

Ebrahimzadeh, M.A., Pourmorad, F. and Hafezi, S. 2008. Antioxidant activities of Iranian corn silk. Turkish Journal of Biology, 32: 43-49.

Fan, W. J., Chi, Y. L. and Zhang, S. 2008. The use of a tea polyphenols dip to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmicthys molitrix*) during storage in ice. Food Chemistry, 108: 148-153.

García, J., Medina, R. and Olías, J. 1998. Quality of strawberries automatically packed in different plastic films. Journal of Food Science, 63: 1037-1041.

Giusti, M.M. and Wrolstad, R.E. 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UV, visible spectroscopy. Current Protocols in Food Analytical Chemistry, 47: 777-780.

Gökmen, V., Artık, N., Acar, J., Kahraman, N. and Poyrazoglu, E. 2001. Effects of various clarification treatments on patulin, phenolic compound and organic acid compositions of apple juice. European Food Research and Technology, 213: 194–199.

Gol, N.B., Patel, P.R. and Rao, T.V. R. 2013. Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. Postharvest Biology and Technology, 85: 185-195.

Hajji, S., Younes, I., Affes, S., Boufi, S. and Nasri, M. 2018. Optimization of the formulation of chitosan edible coatings supplemented with carotenoproteins and their use for extending strawberries postharvest life. Food Hydrocolloids, 83: 375-392.

He, Y., Ji, Z. and Li, S. 2007. Effective clarification of apple juice using membrane filtration without enzyme and pasteurization pretreatment. Separation and Purification Technology, 57: 366–373.

Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Valle, V.D., Veler, D. and Gavara, R. 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry quality during refrigerated storage. Food Chemistry, 110(2): 428-435.

Jain. N.K., Siddiqi, M. and Weisburgre, J. 2006. Protective effects of tea on human health (1th ed). Walling fordg oxford Shire, UK: CABI publishing.

Janisiewicz, W.J. and Korsten, L. 2002. Biological control of postharvest diseases of fruits. Annual Review of Phytopathology, 40: 411-441.

Kamil, J.Y., Joen, Y.J. and Shahidi, F. 2002. Antioxidant activity of chitosans of different viscosity in cooked comminucated flesh of herring. (Clupea harenagus). Journal of Food Chemistry, 79: 69-77.

Lee, J.Y., Park, H.J., Lee, C.Y. and Choi, W.Y. 2003. Extending shelf life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. LWT- Food Science and Technology, 36: 323–329.

Leon, K., Mery, D., Pedreschi, F. and Leon, J. 2006. Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images. Food Research International, 39: 1084–1091.

Maftoonazad, N., Ramaswamy, H.S. and Marcotte, M. 2008. Shelf-life extension of peaches through sodium alginate and methyl cellulose edible coatings. International Journal of Food Science and Technology, 43: 951–957.

Moraes, K.S., de Fagundes, C., Melo, M.C., Andreani, P. and Monteiro, A.R. 2012. Con-servation of Williams pear using edible coating with alginate and carrageenan. Ciencia e Tecnologia de Alimentos, 32: 679–684.

Neeta, B.G., Pooja, R., Patel. and Ramana R.T.V. 2013. Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. Postharvest Biology and Technology, 85: 185-195.

Norouzi, F.F., Mirdehghan, H., Karimi, H. and Alaei, H. 2016. Eeffect of thymol and menthol essential oils combined with packaging with celofan on the maintenance of postharvest quality of strawberry cv. Parus. Iranian Journal of Horticultural Science, 47: 81-91.

Raafat, D., Von Bargen, K., Haas, A. and Sahl, H. G. 2008. Insights into the mode of action of chitosan as an antibacterial compound. Applied and Enviromental Microbiology, 74: 3764-3773.

Romanazzi, G., Feliziani, E., Banos, S.B. and Sivakumar, D. 2015. Shelf life extension of fresh fruit and vegetables by chitosan treatment. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57: 579-601.

Scharff, R. L. 2015. State estimates for the annual cost of foodborne illness. Journal of Food Protection, 6: 1064–1243.

Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A. and Gonzalez, C. 2006. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan–oleic acid edible coatings. Postharvest Biology and Technology, 41: 164–171.

Velickova, E., Winkelhausen, E., Kuzmanova, S., Alves, V.D. and Moldão-Martins, M. 2013. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh straw-berries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions. Food Science and Technology, 52: 80–92.

Velayutham, P., Babu, A. and Liu, D. 2008. Green tea catechins and cardiovascular health: an update. Current Medicinal Chemistry, 15: 1840–1850.

Villa-Rojas, R., Sosa-Morales, M.E., Lopez-Malo, A. and Tang, J. 2012. Thermal inactivation of *Botrytis cinerea* conidia in synthetic medium and strawberry puree. International Journal of Food Microbiology, 155: 269-272.

Vu, K.D., Hollingsworth, R.G., Leroux, E., Salmieri, S. and Lacroix, M. 2011. Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries. Food Research International, 44(1): 198-203.

Yaman, O. and Bayoindirli, L. 2001. Effects of an edible coating and cold storage on shelf-life and quality of cherries. Food Science and Technology, 35: 146–150.

Zivanovic, S., Li, J., Davidson, P.M. and Kit, K. 2007. Physical, mechanical, and antibacterial properties of Chitosan / PEO blend films. Biomacromolecules, 8: 1505–1510.