

## بررسی اثر چهار نوع جاذب اتیلن بر افزایش ماندگاری و خصوصیات کیفی سیب درختی رقم رد دلشیز

پرستو سلیمانی گرمابکی<sup>۱</sup>، رضا طباطبائی کلور<sup>۲\*</sup>، پوریا بی‌پروا<sup>۳</sup> و سید مجید ذبیح‌زاده<sup>۴</sup>

### چکیده

اتیلن، با فرمول شیمیایی  $C_2H_4$  که هورمون پیری نام دارد، علاوه بر این که می‌تواند موجب رسیدگی میوه شود، گاهی نیز منجر به افت کیفیت بسیاری از میوه‌ها از جمله سیب می‌شود. در این تحقیق، تأثیر استفاده از چهار نوع جاذب اتیلن که به صورت ورقه‌های کاغذی با پوشش‌های زئولیت، بایوچار، نانوکلی و LDH (هیدروکسیدهای دولایه‌ای) آماده شده بود، بر عمر نگهداری و خصوصیات کیفی سیب درختی رقم رد دلشیز بررسی شد. به‌منظور بررسی میزان تخلخل حفره‌های کاغذهای جاذب نام‌برده، بررسی‌های BET و SEM انجام گرفت. نتایج این آزمون‌ها نشان داد که هر چهار کاغذ دارای ذرات متخلخل بوده و توانایی جذب گاز را دارند. همچنین، جهت بررسی ماندگاری و خصوصیات کیفی، سه عدد سیب و سه گرم از هر جاذب به همراه تیمار شاهد درون بسته‌هایی از جنس پلی‌وینیل قرار داده شد و با دستگاه مکش هوا بسته‌بندی و درون یخچال نگهداری شدند. خصوصیات کیفی این سیب‌ها شامل درصد کاهش وزن، مقدار مواد جامد محلول (TSS)، اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)، سفتی بافت میوه‌ها و pH، تا پایان روز ۳۵ام انبارمانی، هر ۷ روز اندازه‌گیری شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از طرح آماری کاملاً تصادفی بر پایه آزمون فاکتوریل در سه تکرار استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن بود که پس از ۳۵ روز نگهداری، جاذب زئولیت بهترین نتیجه را در حفظ خصوصیات کیفی و افزایش زمان ماندگاری داشت. کم‌ترین کاهش وزن (۰/۷۴ درصد)، بیش‌ترین سفتی بافت میوه ( $2/1 N/m^2$ )، کم‌ترین مقدار TSS (۱۴/۲ درصد)، کم‌ترین کاهش در میزان TA (۰/۱۷) و مقدار pH (۴/۵۳)، برای تیمار زئولیت به دست آمد. بنابراین استفاده از جاذب‌های کاغذی به‌منظور جذب اتیلن از محیط اطراف میوه سیب و در نتیجه افزایش عمر نگهداری آن، تأثیرگذار است اما بیش‌ترین میزان تأثیر را تیمار زئولیت و سپس تیمار LDH داشت.

**واژه‌های کلیدی:** اتیلن، زئولیت، بایوچار، نانوکلی، هیدروکسیدهای دولایه‌ای (LDH)، سیب درختی.

**ارجاع:** سلیمانی گرمابکی پ.، طباطبائی کلور ر.، بی‌پروا پ. و ذبیح‌زاده س. م. ۱۴۰۱. بررسی اثر چهار نوع جاذب اتیلن بر افزایش ماندگاری و خصوصیات کیفی سیب درختی رقم رد دلشیز. نشریه پژوهش‌های مکانیک ماشین‌های کشاورزی. ۲۳: ۴۹-۵۹. <https://dx.doi.org/10.22034/JRMAM.2022.10051.520>

۱- کارشناسی ارشد، گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.  
۲- دانشیار گروه مکانیک بیوسیستم، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.  
۳- دانشیار گروه علوم پایه، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.  
۴- دانشیار گروه صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

\*نویسنده مسئول: [r.tabatabaei@sanru.ac.ir](mailto:r.tabatabaei@sanru.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۸/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۸

## مقدمه

سیب درختی یکی از محصولات مهم باغی است که در مناطق معتدل رشد می‌کند. سیب سرشار از مواد مغذی و ویتامین‌های مفید برای بدن انسان است که مصرف روزانه آن توسط متخصصان توصیه می‌شود. از جمله خواص آن می‌توان به فیبر بالا و خواص ضد سرطانی آن اشاره کرد. خواص طبق آمار رسمی سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO)، در سال ۲۰۱۹ تولید سالانه سیب در ایران ۲۲۴۱۱۲۴ تن در سال بود که ایران پس از کشورهای چین، آمریکا، لهستان و ترکیه، پنجمین کشور از میان ده کشور برتر تولید کننده سیب در جهان قرار گرفت (FAO, 2020). این میوه به دلیل داشتن فیبر و ترکیبات فنلی که آنتی‌اکسیدان‌های اصلی رژیم غذایی هستند، تأثیرات مثبتی بر سلامتی انسان دارد. این اثرات منجر به افزایش مصرف سیب می‌گردد (Ranjbar et al., 2018). با این حال، در طول دوره انبارمانی افت خواص فیزیکی و شیمیایی سیب می‌تواند مشکل ساز باشد (Kov & Felf, 2003). یکی از فاکتورهای اصلی کاهش کیفیت و عمر انبارمانی سیب درختی، اتیلن است. اتیلن با فرمول شیمیایی (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) یک هورمون گیاهی است که حتی در غلظت‌های کم هم می‌تواند منجر به تغییرات نامطلوبی در رنگ، مزه و بافت میوه‌ها و سبزیجات شود (Pathak et al., 2017). در نتیجه، وجود آن می‌تواند پتانسیل بازاریابی و دسترسی مصرف‌کننده را در برخی از محصولات باغی محدود کرده و باعث افزایش تلفات پس از برداشت گردد (Álvarez et al., 2019). بنابراین به منظور نگهداری میوه‌ها و سبزیجات با ماندگاری طولانی مدت و برآوردن تقاضای مشتری، تکنولوژی‌های بسیاری بر روی مهار اتیلن متمرکز شده‌اند (Gaikwad et al., 2020). روش‌های کاربردی متعددی به منظور مدیریت و کنترل اتیلن، موجود و یا در حال ظهور هستند. این استراتژی‌ها می‌توانند به سه گروه طبقه‌بندی شوند: ۱. مهار بیوسنتز اتیلن ۲. مهار فعالیت اتیلن ۳. حذف اتیلن از اطراف محصول تازه (Zhang et al., 2017). روش‌های مخرب بر پایه حذف اتیلن به واسطه اکسیداسیون عمل می‌کنند. ولیکن، روش‌های بهبودی نیز وجود دارند که بر پایه جذب عمل خواهند کرد. پدیده جذب، نیاز به یک جاذب انتخابی به منظور حذف اتیلن موجود در غلظت‌های بسیار کوچک در

جریان هوا، دارد (Aguado et al., 2012). مواد بسیار متخلخل مانند زئولیت و کربن فعال (مواد معدنی آلومینوسیلیکات) در جذب اتیلن مؤثر هستند. این مواد ممکن است به صورت ورقه، فیلتر یا پد برای جذب اتیلن استفاده شود (Bailen et al., 2006). استفاده از جاذب‌های اتیلن باعث کاهش غلظت آن در محیط نگهداری میوه‌ها و سبزیجات و در نتیجه کاهش شدت تنفس و عقب انداختن نوبت رسیدن میوه می‌شود (Guillén et al., 2007). مطالعات مختلفی با هدف به دست آوردن مواد فعال در این زمینه صورت گرفته است (Keller et al., 2013).

نانوکل‌ها<sup>۲</sup>، به دلایلی اعم از زیست سازگاری، جذب کاتیون‌ها و فلزات سنگین، دسترسی آسان و ارزان قیمت بودن، می‌توانند به عنوان یک ماده جاذب مناسب، به کار برده شوند (Asrari et al., 2019). در یک پژوهش، از پودر کلی به عنوان حامل پتاسیم پرمنگنات در طول انبارمانی موز رقم راجابولو استفاده شد و نتایج آن نشان داد که این ماده در جذب اتیلن و افزایش ماندگاری موز مؤثر است (Santosa et al., 2010).

زئولیت‌ها<sup>۳</sup>، خانواده بزرگی از کانی‌های سیلیکات را تشکیل می‌دهند. این ماده دارای ظرفیت جذب اتیلن بوده و به عنوان جاذب اتیلن، توجه زیادی را به خود جلب کرده است (Patdhanagul et al., 2012). تأثیر نانو زئولیت‌های پوشیده با پتاسیم پرمنگنات بر کیفیت و عمر انبارمانی زردآلو، مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از پتاسیم پرمنگنات و زئولیت بر پایه فیلترهای نانو مولکولی، عمر مفید و ارزش افزوده در فروش زردآلو را افزایش داده و به منظور انبار کردن میوه‌ها توصیه می‌شود (Emadpour et al., 2009). همچنین، از پتاسیم پرمنگنات پوشیده شده با نانو زئولیت در دستگاه ETH 1500 برای بررسی تأثیر حذف اتیلن از انبار نگهداری سبزی‌های برگی همچون کاهو سالادی و کلم چینی استفاده شد و نتایج نشان داد که منجر به ممانعت از کاهش وزن و همچنین کاهش سفتی و خرابی این محصولات گردید (et al., 2008). (Rezaei

بایوچار<sup>۴</sup>، دارای خواص ویژه‌ای از جمله سطح ویژه بزرگ، ساختار متخلخل، سطح سرشار از گروه‌های عاملی و ترکیبات معدنی است که آن را تبدیل به یک گزینه

2- Nano-clays  
3- Zeolites  
4- Biochar

برای تهیه هیدروکسیدهای دولایه (LDH) از نوع منیزیم-آلومینیوم، در ابتدا ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول سدیم هیدروکسید ۴ مولار ساخته شد. سپس در یک ارلن جداگانه، ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول حاوی ۲۰/۴ گرم منیزیم کلراید ۶ آبه را به ۱۹/۲ گرم آلومینیوم کلراید ۶ آبه اضافه کرده تا حل شود. پس از آماده‌سازی محلول‌ها، ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول سدیم هیدروکسید ۴ مولار به صورت قطره قطره و در حالی که محلول دیگر در حال هم‌خوردن است، به آن اضافه می‌گردد. پس از اتمام کار، محلول به دست آمده در داخل اتوکلاو در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفته و رسوب به دست آمده چندین بار با آب مقطر شسته می‌شود. در نهایت در آون در دمای ۶۰ درجه سلسیوس به مدت ۲۴ ساعت خشک می‌گردد.

برای تهیه بیوجار حاصل از نی، در ابتدا نی‌های تهیه شده از دانشگاه علوم کشاورزی ساری را به قطعات کوچک خرد کرده، آن‌ها را تمیز و خشک نموده تا عاری از هرگونه آلودگی باشند. سپس نی‌ها پس از ۴۸ ساعت خشک شدن در هوای آزاد، به مدت ۳ ساعت درون کوره در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند. ذغال به دست آمده، دو بار و هر بار به مدت ۲۴ ساعت با آب مقطر شسته شد تا آلودگی‌های آن جدا گردد.

از نانوکلی مونتموریلونیت با مشخصات پودری، وزن خالص ۲۰۰ گرم و مساحت سطح ویژه (SSA=220-270 m<sup>2</sup>/gr) و CAS number:1318-93-0 ساخت شرکت Sigma آمریکا استفاده شد.

زئولیت استفاده شده در این پژوهش، از شرکت معدنی افرازند سمنان تهیه گردید. این زئولیت‌ها دارای مش ۱۴۰۰ بودند.

به منظور تهیه کاغذهای جاذب مورد مطالعه در این پژوهش، خمیر خشک کاغذ OCC تهیه شده از کارخانه چوب و کاغذ مازندران، مورد استفاده قرار گرفت.

### آماده‌سازی کاغذهای جاذب

به منظور تهیه پوشال‌های کاغذی، ابتدا هندشیت‌هایی<sup>۵</sup> با وزن تقریبی ۱/۲ گرم از خمیر کاغذ بازیافتی OCC<sup>۶</sup> با استفاده از دستگاه ساخت هندشیت تولید شدند. سپس

مناسب جهت استفاده به عنوان جاذب کرده است (Zheng *et al.*, 2010). بیوجار دارای ساختاری مشابه کربن فعال است. لیکن با توجه به قیمت ارزان، دسترسی آسان و عملکرد مناسب، بیوجار جایگزین مناسب و کاربردی برای کربن فعال به عنوان جاذب است (Lu *et al.*, 2012). در یک تحقیقی از یک بسته‌بندی فعال بر پایه ترکیبی از بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده (MAP<sup>۱</sup>) به اضافه گرانول‌های کربن فعال (GAC<sup>۲</sup>) به صورت تنها و یا اشباع شده با پالادیوم به عنوان یک کاتالیست (GAC-Pd<sup>۳</sup>)، به منظور افزایش عمر مفید گوجه‌فرنگی، استفاده کردند. نتایج نشان داد، اضافه کردن (GAC-Pd) منجر به کمتر انباشته شدن اتیلن درون بسته‌بندی‌ها و در نتیجه کاهش تغییر رنگ و نرمی و اتلاف وزن گوجه‌فرنگی‌ها گردید (Bailey *et al.*, 2006).

هیدروکسیدهای دولایه‌ای (LDH<sup>۴</sup>)، از ویژگی‌های منحصر به فردی از جمله ترکیب عنصری قابل تنظیم، توانایی تبادل یونی، ویژگی‌های اسید - باز، ظرفیت، غیر سمی بودن و سرعت جذب بالا برخوردار هستند. همچنین، ارزان بوده و به سادگی قابل تولید هستند (Mishra *et al.*, 2018).

بررسی‌ها نشان می‌دهد هنوز هیچ تحقیقی با موضوع استفاده از بیوجار و LDH به‌عنوان جاذب اتیلن، گزارش نشده است. هدف از این پژوهش، بررسی تأثیر استفاده از جاذب‌های انتخابی نانوکلی، زئولیت، بیوجار و LDH به‌صورت پوشال‌های کاغذی، بر کیفیت و عمر انبارمانی میوه سیب درختی و همچنین ارزش فروش آن بوده است.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در آزمایشگاه صنایع چوب و کاغذ و آزمایشگاه ماشین‌های صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری اجرا شد. رقم مورد استفاده در این تحقیق، سیب رد دلشیز ارومیه بود که از بازار تهیه شد. میوه‌ها از نظر ویژگی‌های ظاهری شامل اندازه، نداشتن صدمات فیزیکی و آلوده نبودن به بیماری مورد بررسی قرار گرفتند و انتخاب شدند.

- 1- Modified Atmosphere Packaging
- 2- Granules of Active Carbon
- 3- Granules of Active Carbon- Palladium
- 4- Layer Double Hydroxides

5- Hand sheets

6- Old corrugated containerboard

رسانده و در مجاورت فنل فتالئین، با سود ۰/۱ نرمال تیترا شد. میزان سود مصرفی، همان میزان اسیدیته قابل تیتراسیون بود که قرائت شد. اندازه‌گیری‌ها ۳ بار تکرار شد و مقدار میانگین به عنوان مقدار نهایی در نظر گرفته و با معادله (۱) محاسبه شد.

$$(1) \quad TA \text{ میانگین سوده‌های مصرفی} \times 0.067 = \text{مقدار}$$

#### درصد کاهش وزن

برای اندازه‌گیری میزان کاهش وزن نمونه‌ها، پس از وزن کردن بسته‌های سه تایی سیب در روز اول و اندازه‌گیری وزن اولیه آن‌ها توسط ترازوی دیجیتالی، در بازه‌های زمانی ۷ روزه نیز وزن بسته‌ها به عنوان وزن ثانویه اندازه‌گیری شده و درصد کاهش وزن نمونه‌ها توسط رابطه ۲ محاسبه گردید.

$$(2) \quad 100 \times \frac{\text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه}}{\text{وزن اولیه}} = \text{درصد کاهش وزن}$$

#### مواد جامد محلول<sup>۴</sup> (TSS)

جهت اندازه‌گیری مواد جامد محلول، دستگاه رفرکتومتر دستی، مدل ATAGO (ساخت ژاپن) مورد استفاده قرار گرفت و نتایج به صورت درجه بریکس بیان گردید.

#### میزان pH

میزان pH سیب‌ها به وسیله دستگاه pH متر مدل Sartorius Pb-11 (ساخت تایوان) اندازه‌گیری شد. ابتدا pH متر با محلول‌های بافر ۴/۱، ۷ و ۹/۲ کالیبره شد. سپس با قرار دادن الکترودها درون بشر حاوی عصاره میوه، pH قرائت گردید. پس از هر قرائت نیز، الکترودها با آب مقطر شست‌و شو داده شدند.

#### سفتی بافت میوه‌ها

سفتی بافت میوه‌ها توسط دستگاه بافت سنج (مدل بروکفیلد، ساخت آمریکا) اندازه‌گیری شد. نیروی فشاری دستگاه توسط یک نفوذکننده به شکل میله‌ای به قطر ۸ میلی‌متر در سه نقطه به میوه‌ها اعمال گردید. متوسط حداکثر مقادیر ثبت شده توسط ثبت کننده داده‌ها بر حسب نیوتون بر متر مربع، به عنوان مقدار سفتی بافت میوه‌ها گزارش گردید.

برای به دست آوردن یک مخلوط یک دست، هرکدام از مواد جاذب را با استفاده از آب و چسب سفید نجاری به عنوان پیوند دهنده، به طور جداگانه با درصدهای ۸۵٪ ماده جاذب و ۱۵٪ پیوند دهنده، ترکیب کرده و در نهایت بر روی هندشیت‌های از پیش آماده شده، چسبانده شدند. سپس این کاغذها برش خورده و به پوشال تبدیل شدند. جهت بررسی میکروگراف‌های کاغذهای جاذب استفاده شده در این پژوهش، از دستگاه میکروسکوپ الکترونی SEM<sup>۱</sup> روبشی مدل (SNE4500M) استفاده گردید.

جهت محاسبه مساحت سطح ویژه کاغذهای جاذب، از دستگاه جذب و واجذب نیتروژن BET<sup>۲</sup> بهره برده شد. این آزمون به روش (INSO 14525:2012) صورت پذیرفت.

#### شرایط نگهداری سیب‌ها

بسته‌های نایلونی شامل پوشال‌های کاغذی آماده شده که درون هر بسته ۳ عدد سیب و ۳ گرم از پوشال‌های کاغذی حامل مواد جاذب با تیمارهای مختلف (پوشال‌های کاغذی حاوی نانوکلی، پوشال‌های کاغذی حاوی زئولیت، پوشال‌های کاغذی حاوی بایوچار، پوشال‌های کاغذی LDH و پوشال‌های کاغذی بدون هیچ نوع جاذبی) قرار گرفت و سپس بسته‌های سیب به وسیله دستگاه بسته‌بندی با کمک خلأ، مکش و تخلیه هوا شدند.

بسته‌های حاوی پوشال‌های کاغذی جاذب به همراه بسته‌های شاهد (پوشال‌های کاغذی بدون مواد جاذب) به مدت ۳۵ روز درون یخچال نگهداری شدند. این آزمایش با ۳ تکرار انجام پذیرفت و طی این دوره در فواصل ۷ روزه میوه‌ها از یخچال خارج شده و به آزمایشگاه منتقل می‌شدند تا خواص کمی و کیفی آن‌ها شامل تغییرات وزن، سفتی بافت میوه‌ها، اسیدیته قابل تیتراسیون، pH و کل مواد جامد محلول اندازه‌گیری شود. کل دوره نگهداری میوه‌ها ۳۵ روز بود و برای اندازه‌گیری خواص کمی و کیفی، نمونه‌گیری در روزهای ۱، ۷، ۱۴، ۲۱، ۲۸ و ۳۵ دوره انبارداری صورت گرفت.

#### اسیدیته قابل تیتراسیون<sup>۳</sup> (TA)

مقدار پنج میلی‌لیتر از آب میوه تهیه شده از ۳ میوه از هر تیمار را با آب مقطر در یک ارلن به حجم ۱۰۰ سی‌سی

1- Scanning Electron Microscopy

2- Brunauer Emmett Teller

3- Titratable Acidity

4- Total Soluble Solids

## ارزیابی بصری

بسته‌های شامل کاغذهای جاذب نانوکلی، بایوپچار، زئولیت، LDH و بسته شاهد (بدون کاغذ جاذب اتیلن)، پس از ۳۵ روز نگهداری از لحاظ ظاهری مورد ارزیابی بصری قرار گرفتند. در پایان دوره نگهداری، عکس‌هایی از نمونه‌های هر تیمار در کنار هم تهیه شد و به صورت مشاهده‌ای، خرابی‌های احتمالی بررسی شد.

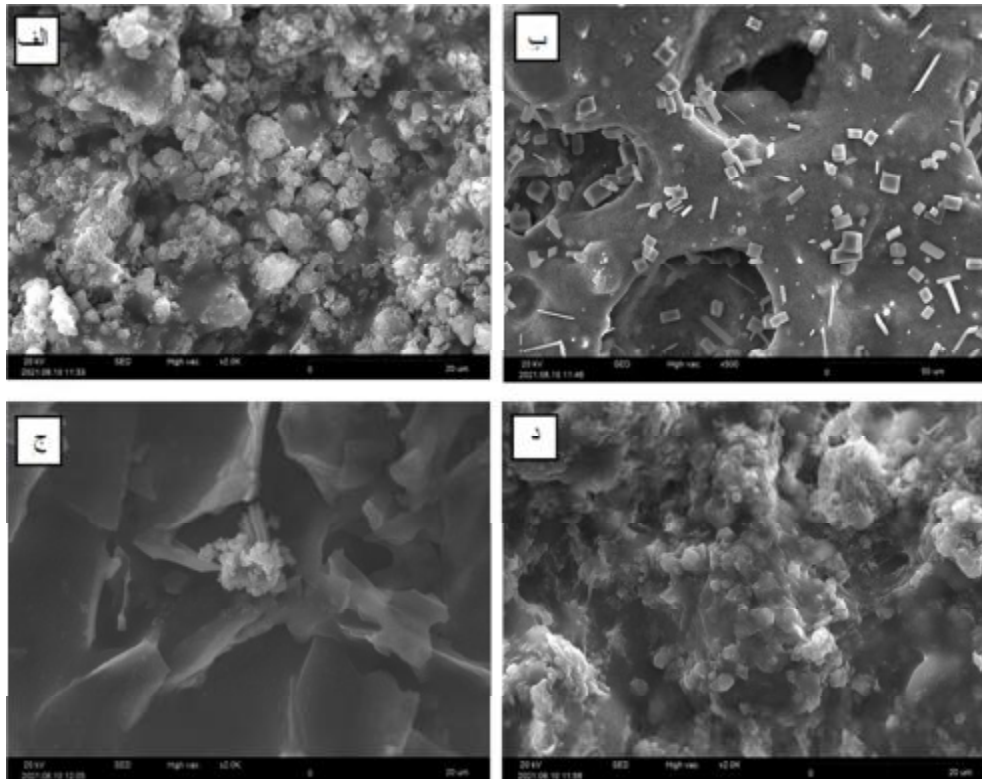
## تجزیه و تحلیل داده‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر پوشال‌های کاغذی جاذب اتیلن بر افزایش ماندگاری و حفظ خواص کیفی میوه سیب، آزمایشی در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی بر پایه آزمون فاکتوریل با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۶ صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد. تمامی آزمون‌ها با دو عامل تیمار و زمان و در سه تکرار انجام پذیرفت.

## نتایج و بحث

### بررسی SEM

در شکل ۱ میکروگراف‌های الف، ب، ج و د به‌ترتیب نشان دهنده عکس‌های میکروسکوپ الکترونی زئولیت، LDH، نانوکلی و بایوپچار هستند. میکروگراف میکروسکوپ الکترونی روبشی کاغذ حاوی زئولیت دارای ساختار متخلخل است. این گراف نشان دهنده ذرات و خوشه‌های زئولیت است که در سرتاسر سطح کاغذ توزیع شده است. میکروگراف مربوط به کاغذ LDH دارای ذرات LDH با توزیع ناهمگن و اندازه‌های متفاوت است. ساختار متخلخل این کاغذ در گراف واضح است. میکروگراف SEM کاغذ حاوی نانوکلی یک ریز ساختار ناهمگن و متراکم را نشان می‌دهد. همچنین، میکروگراف کاغذ حاوی بایوپچار دارای ساختاری متخلخل است و ذرات بایوپچار به صورت بی‌قاعده و نامنظم بر روی کاغذ توزیع شده‌اند. به طور کلی هر چهار جاذب کاغذی دارای ریز ساختاری نامنظم و متخلخل بودند. به عبارت دیگر این کاغذها توانایی جذب گاز را دارند.



شکل ۱- میکروگراف‌های SEM نمونه‌های کاغذی: الف زئولیت، ب: LDH، ج: نانوکلی، د: بایوپچار

**بررسی BET**

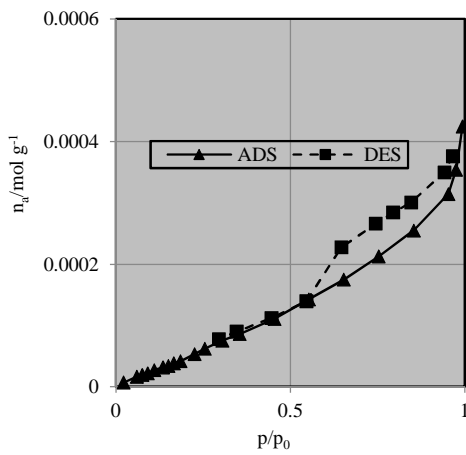
شکل‌های Ads/Des از طریق دستگاه جذب و واجذب نیتروژن به روش BET ترسیم شد. هر نمونه در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۲ ساعت پیش از بررسی، گاز زدایی شد. شکل ۲ نمودار جذب و واجذب را نشان می‌دهد. نمودار بایوچار (۲- الف)، نمودار نوع IV را نشان می‌دهد که در فشارهای نسبی ۰/۹۶-۰/۶ دارای ساختار مزوحفره

است. این نمودار بیان‌گر وجود تراکم بین ذرات و در نتیجه متخلخل بودن سطح کاغذ بایوچار است و در شکل SEM نیز مشاهده می‌شود. نمودار جذب و واجذب کاغذ زئولیت (۲- ب)، نیز از نوع IV است و در فشارهای نسبی ۰/۹۸-۰/۵۵ ساختار مزوحفره را نشان می‌دهد. لذا سطح کاغذ زئولیت نیز متخلخل بوده و ذرات آن متراکم هستند. نمودار کاغذ LDH (۲- ج)، نیز از نوع IV است که بیان‌گر وجود ساختار مزوحفره در فشارهای نسبی ۰/۹-۰/۶ است. کاغذ LDH نیز دارای ساختار متخلخل و ذرات متراکم است. نمودار جذب و واجذب کاغذ نانوکلی (۲- د)، نشان می‌دهد که تشکیل ساختار مزوحفره در محدوده فشار نسبی کم‌تری رخ داده است ولی باز هم بیان‌گر ساختار متخلخل کاغذ نانوکلی است. نتیجه این که هر چهار کاغذ جاذب ساختاری متخلخل دارند و در نتیجه تمامی این کاغذها قدرت جذب گازهای خارجی را دارند که با توجه به عکس‌های حاصل از بررسی SEM این موضوع به قطعیت می‌رسد.

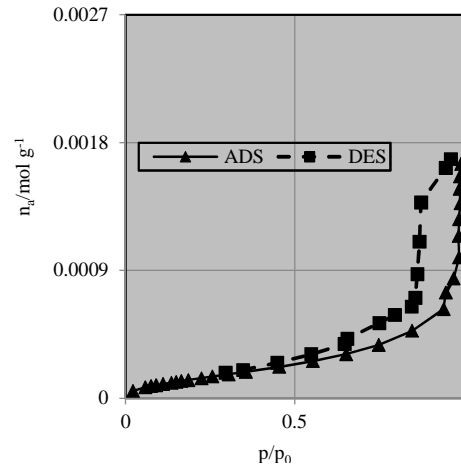
**درصد کاهش وزن**

طبق جدول ۱، مقایسه میانگین تغییر وزن میوه سیب برای هر تیمار در هفته‌های مختلف با حروف کوچک در هر ردیف نشان داده شده است. بررسی اثر مدت زمان انبارداری نشان داد که در طول ۵ هفته انبارداری سیب، در بیشتر تیمارها با افزایش مدت زمان نگهداری، درصد کاهش وزن افزایش یافت، اما در برخی مواقع این روند افزایشی نبود. البته دلیل مشخصی نمی‌توان برای این موضوع ذکر کرد و احتمالاً به دلیل تأثیر جاذبها در جذب اتیلن و تغییر فعل و انفعالات فیزیولوژیکی درون بسته است. همچنین، مقایسه میانگین تغییر وزن بین تیمارهای مختلف با حروف بزرگ لاتین در هر ستون نشان

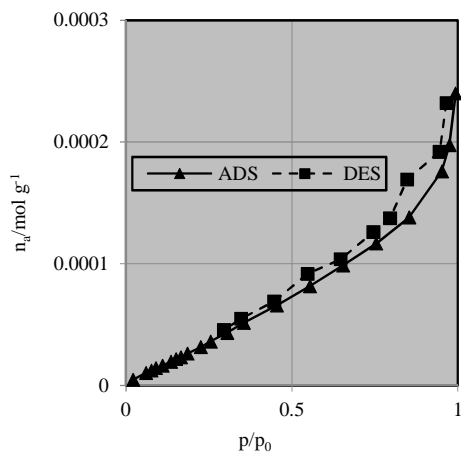
داده شده است. بررسی اثر تیمار نیز نشان داد که استفاده از جاذب‌های اتیلن، منجر به کاهش روند صعودی اتلاف وزن گردید و تیمار شاهد، اتلاف وزن بیشتری داشت. به طوری که پس از ۳۵ روز نگهداری میوه‌ها، بسته شاهد بیش‌ترین میزان کاهش وزن (۱/۳۲ درصد) و بسته‌های حاوی جاذب‌های زئولیت، LDH، بایوچار و نانوکلی به ترتیب ۰/۷۴، ۰/۸۳، ۱/۰۵ و ۰/۹۸ (درصد) کاهش وزن را نشان دادند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر زمان، تیمار و اثر متقابل زمان در تیمار بر مقدار کاهش وزن، در سطح ۵٪ معنی‌دار شد. گاز اتیلن باعث افزایش تنفس در میوه‌ها می‌گردد. تنفس و متابولیسم نیز، منجر به اتلاف آب میوه و در نتیجه کاهش وزن میوه خواهد شد. همچنین این کاهش وزن با افزایش مدت انبارداری میوه‌ها افزایش خواهد یافت. لذا با جذب گاز اتیلن از محیط اطراف محصولات باغی توسط جاذب‌ها می‌توان از اتلاف وزن میوه‌ها جلوگیری نمود و یا روند کاهشی فاکتور وزن میوه‌ها را کندتر کرد (Musacchi, & Serra., 2018). نتایج به دست آمده در این مطالعه مشابه نتایج به دست آمده در پژوهش Weis *et al.* (2002) بوده است. آن‌ها نشان دادند که در طول نگهداری سیب رقم قرمز لبنانی، وزن تمام نمونه‌ها از جمله شاهد و نمونه‌های تیمار شده با 1-MCP کاهش یافتند ولی افت وزن در نمونه‌های شاهد بیشتر از نمونه‌های تیمار شده بود. در مورد محصولات دیگر نیز، Bailén *et al.* (2006)، از یک بسته‌بندی فعال بر پایه ترکیبی از بسته‌بندی اتمسفر اصلاح شده (MAP) به اضافه گرانول‌های کربن فعال (GAC) به منظور افزایش عمر مفید گوجه‌فرنگی، استفاده کردند. نتایج نشان داد، استفاده از جاذب، منجر به کم‌تر انباشته شدن اتیلن درون بسته‌بندی‌ها و در نتیجه کاهش اتلاف وزن گوجه‌فرنگی‌ها گردید. این در حالی بود که نمونه‌های شاهد، کاهش وزن کم‌تری داشتند. در تحقیقی از پتاسیم پرمنگنات پوشیده شده با نانوزئولیت جهت افزایش عمر انبارداری هلو و شلیل استفاده شد که نتایج این پژوهش نشان داد استفاده از جاذب منجر به کاهش افت وزن این میوه‌ها گردید (Emadpour *et al.*, 2015).



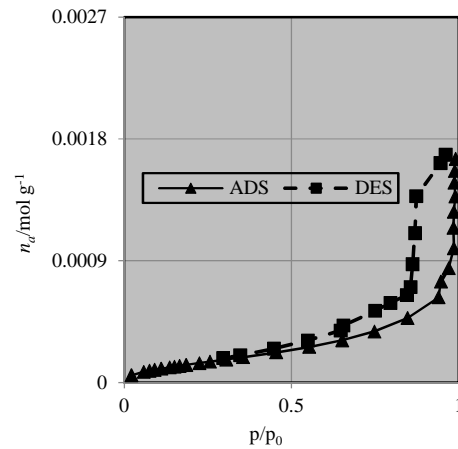
ب: زئولیت



الف: بوچار



د: نانوکالی



ج: LDH

شکل ۲- روند تغییرات سفتی بافت طی ۵ هفته نگهداری سیب‌ها در بسته بندی‌ها

جدول ۱- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف جاذب و زمان نگهداری بر تغییر وزن میوه سیب

زمان نگهداری (هفته)					
پنجم	چهارم	سوم	دوم	اول	تیمار
۱/۳۳ <sup>aA</sup>	۰/۸۳ <sup>bF</sup>	۰/۷۲ <sup>dJ</sup>	۰/۷۶ <sup>eN</sup>	۰/۵۶ <sup>eP</sup>	شاهد
۰/۸۳ <sup>dD</sup>	۰/۳۱ <sup>gH</sup>	۰/۸۲ <sup>kK</sup>	۰/۰۵ <sup>hO</sup>	۰/۰۴ <sup>hQ</sup>	LDH
۰/۷۴ <sup>jE</sup>	۰/۲۷ <sup>kl</sup>	۰/۷۶ <sup>iK</sup>	۰/۰۴۴ <sup>io</sup>	۰/۰۳۹ <sup>iQ</sup>	زئولیت
۰/۹۸ <sup>mC</sup>	۰/۴۷ <sup>nG</sup>	۰/۰۹۷ <sup>oM</sup>	۰/۰۵۱ <sup>po</sup>	۰/۰۴۲ <sup>pQ</sup>	نانوکالی
۱/۰۵ <sup>qB</sup>	۰/۴۷ <sup>rG</sup>	۰/۱۹ <sup>sl</sup>	۰/۰۵۶ <sup>o</sup>	۰/۰۴۳ <sup>oQ</sup>	بایوچار

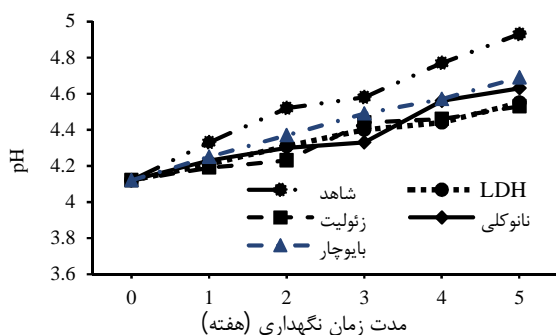
اعداد دارای حروف کوچک مشابه در هر سطر و حروف بزرگ مشابه در هر ستون با آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری نداشتند.

انبارداری بر سفتی بافت نشان داد که تیمار شاهد در پایان هفته پنجم، کم‌ترین مقدار سفتی بافت معادل  $N/m^2$  (۱۷/۹) را داشته است و همچنین اثر متقابل تیمار- زمان نشان داد که تیمارهای زئولیت و LDH در پایان ماه پنجم بیش‌ترین سفتی بافت را داشتند. روند نزولی سفتی بافت سیب در طول زمان نگهداری گزارش شده است (Jeziorek

### سفتی بافت

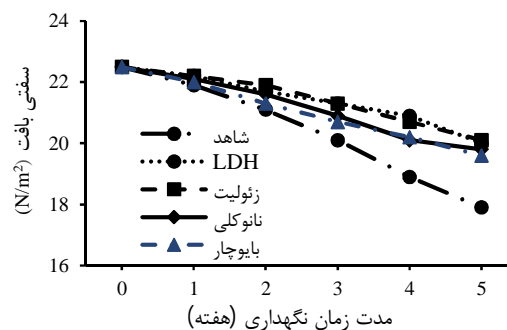
مطابق شکل ۳، با گذشت زمان سفتی بافت در هر ۵ تیمار کاهش یافت، اما کاهش این فاکتور در تیمار شاهد در تمامی هفته‌ها بیش‌تر از سایر تیمارها بوده است. در روز نخست سفتی بافت تمام تیمارها به طور میانگین معادل  $(۲۲/۵ N/m^2)$  بود. مقایسه تجزیه واریانس اثر مدت زمان

ژئولیت و پس از آن تیمار LDH بود. کاهش اسیدهای آلی در اثر متابولیسم میوه، منجر به کاهش اسیدیته قابل تیتراسیون و در نتیجه افزایش pH در طول دوره انبارداری سیب خواهد شد (Musacchi & Serra, 2018). استفاده از جاذب‌ها، سبب کندتر کردن روند صعودی pH شد که علت آن جذب اتیلن است. این موضوع باعث کاهش اتیلن در اطراف میوه و در نتیجه کاهش تنفس و جلوگیری از کاهش تولید اسیدهای آلی در سیب می‌شود. میزان TA نیز از اولین هفته انبارداری، روند کاهشی خود را آغاز کرد اما استفاده از تیمارهای جاذب، این روند کاهشی را تا حدودی کندتر کرد. بررسی جدول ۲ در تجزیه واریانس، نشان دهنده معنادار بودن اثر تیمار و اثر زمان بر عمر نگهداری میوه‌ها است. در پژوهش Khosravi *et al.* (2015) نیز، تأثیر جاذب‌های اتیلن بر کند کردن روند کاهشی اسیدیته قابل تیتر و افزایش pH، اثبات شده است. به طور مشابه در مطالعات Zomorodi (2005) و Tatsuki *et al.*, (2007) نیز در طی دوره نگهداری میوه سیب، مقدار pH روند صعودی و همچنین مقدار TA روند نزولی را نشان داد.



شکل ۴- بررسی روند تغییرات pH در طی پنج هفته نگهداری سیب‌ها در بسته‌های مختلف

(2010, *et al.*). حفظ سفتی بافت موز با استفاده از پودر کلی به عنوان حامل پتاسیم پرمگنات در طول انبارداری گزارش شده است (Santosa *et al.*, 2010). مهم‌ترین عامل کاهش سفتی بافت سیب این است که در فرآیند رسیدن میوه در طول نگهداری، ترکیبات پکتینی تجزیه می‌شوند (Konopacka *et al.*, 2004). هر عاملی که منجر به کند کردن تنفس میوه شود، سفتی بافت آن را نیز بهتر حفظ می‌کند (Johnston *et al.*, 2002). در این تحقیق نیز استفاده از جاذب‌های ژئولیت، نانوکلی، LDH و بایوچار منجر به کندتر شدن روند کاهشی سفتی بافت شد و از میان تیمارها بهترین تأثیرگذاری را تیمارهای ژئولیت و LDH داشتند.



شکل ۳- بررسی روند تغییرات سفتی بافت در طی ۵ هفته نگهداری سیب‌ها در بسته بندی‌ها

#### میزان pH و اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)

بررسی تجزیه واریانس داده‌های مورد مطالعه نشان داد که اثر زمان و تیمار بر pH در سطح ۵٪ معنی‌دار است. مطابق شکل ۴، با افزایش زمان نگهداری میوه‌ها، مقدار pH آن‌ها افزایش یافته است. همچنین، اثر تیمار نشان داد که در هفته پنجم بیش‌ترین مقدار pH معادل ۴/۹۳ مربوط به تیمار شاهد بوده است و کم‌ترین مقدار pH مربوط به تیمار

جدول ۲- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف جاذب و زمان نگهداری بر اسیدیته قابل تیتراسیون آب میوه سیب

زمان نگهداری (هفته)		تیمار				
پنجم	چهارم	سوم	دوم	اول	صفر	
۰/۱۴ <sup>n</sup>	۰/۱۷ <sup>e</sup>	۰/۱۸ <sup>dH</sup>	۰/۱۹ <sup>eF</sup>	۰/۲ <sup>bC</sup>	۰/۲۱ <sup>aA</sup>	شاهد
۰/۱۷ <sup>kL</sup>	۰/۱۸ <sup>jl</sup>	۰/۱۹ <sup>iG</sup>	۰/۲ <sup>hE</sup>	۰/۲۱ <sup>gB</sup>	۰/۲۱ <sup>gA</sup>	LDH
۰/۱۷ <sup>pL</sup>	۰/۱۸ <sup>ol</sup>	۰/۱۸ <sup>oH</sup>	۰/۱۹ <sup>nF</sup>	۰/۲ <sup>mC</sup>	۰/۲۱ <sup>lA</sup>	زئولیت
۰/۱۶ <sup>mM</sup>	۰/۱۷ <sup>lj</sup>	۰/۱۸ <sup>sH</sup>	۰/۱۹ <sup>rF</sup>	۰/۱۹ <sup>qD</sup>	۰/۲۱ <sup>qA</sup>	نانوکلی
۰/۱۶ <sup>zM</sup>	۰/۱۶ <sup>zK</sup>	۰/۱۸ <sup>yH</sup>	۰/۱۹ <sup>rF</sup>	۰/۲ <sup>wC</sup>	۰/۲۱ <sup>vA</sup>	بایوچار

اعداد دارای حروف کوچک مشابه در هر سطر و حروف بزرگ مشابه در هر ستون با آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری نداشتند.



**مواد جامد محلول کل (TSS)**

دوره انبارمانی سیب، افزایش مدت زمان نگهداری منجر به افزایش مواد جامد کل خواهد شد. اما این افزایش در تیمار شاهد، بیش‌تر از تیمارهای جاذب اتیلن است (Sardabi et al., 2013). در مورد محصولات باغی دیگر نیز استفاده از جاذب‌های اتیلن مانع از افزایش مواد جامد محلول شده است (Emadpour et al., 2009; Rezaei et al., 2008). دلیل این امر این است که پس از برداشت، میوه به تنفس خود ادامه می‌دهد در نتیجه در اثر تنفس، هیدرولیز نشاسته منجر به افزایش قندهای محلول و بالا رفتن TSS می‌گردد. تیمارهای جاذب با جذب اتیلن می‌توانند از افزایش TSS جلوگیری کنند.

طبق جدول ۳، طی ۳۵ روز انبارمانی، مقدار مواد جامد محلول سیب افزایش یافته است. همچنین بررسی اثر متقابل تیمار در زمان مشخص نمود که در هفته پنجم بیش‌ترین مقدار TSS مربوط به تیمار شاهد، معادل ۱۵/۳، و کم‌ترین مقدار آن نیز مربوط به تیمارهای زئولیت و LDH به ترتیب معادل ۱۴/۲ و ۱۴/۳ بوده است. به عبارت دیگر همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، تیمار زئولیت کم‌ترین میزان افزایش TSS را داشته است. نتایج حاصل از این پژوهش در ارتباط با مواد جامد محلول کل، با نتایج پژوهش Khosravi et al., (2015) هم‌خوانی داشته است. گزارشی دیگر نیز نشان می‌دهد که در طول

**جدول ۳- مقایسه میانگین تیمارهای مختلف جاذب و زمان نگهداری بر درصد مواد جامد محلول آب میوه سیب**

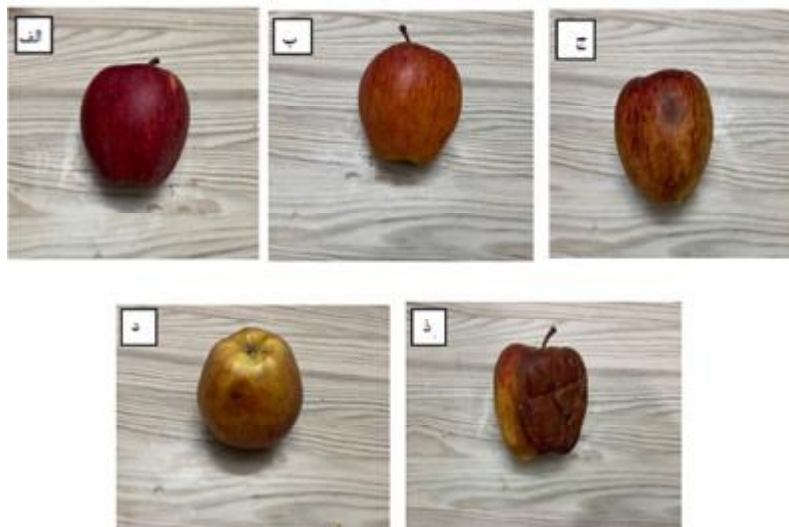
تیمار	زمان نگهداری (هفته)				
	صفر	اول	دوم	سوم	چهارم
شاهد	۱۳/۲ <sup>fV</sup>	۱۳/۴ <sup>eS</sup>	۱۳/۸ <sup>dO</sup>	۱۴/۴ <sup>cK</sup>	۱۴/۸ <sup>bF</sup>
LDH	۱۳/۲ <sup>kV</sup>	۱۳/۲ <sup>kU</sup>	۱۳/۴ <sup>iQ</sup>	۱۳/۶ <sup>iN</sup>	۱۴/۳ <sup>gD</sup>
زئولیت	۱۳/۲ <sup>oV</sup>	۱۳/۲ <sup>oU</sup>	۱۳/۳ <sup>oR</sup>	۱۳/۶ <sup>nN</sup>	۱۳/۸ <sup>mJ</sup>
نانوکیلی	۱۳/۲ <sup>iV</sup>	۴۳/۳ <sup>tT</sup>	۱۳/۵ <sup>pP</sup>	۱۳/۸ <sup>mM</sup>	۱۴/۵ <sup>pC</sup>
بایوچار	۱۳/۲ <sup>yV</sup>	۱۳/۳ <sup>yT</sup>	۱۳/۵ <sup>pP</sup>	۱۳/۹ <sup>qL</sup>	۱۴/۸ <sup>uB</sup>

اعداد دارای حروف کوچک مشابه در هر سطر و حروف بزرگ مشابه در هر ستون با آزمون دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری نداشتند.

جاذب اتیلن، سیب‌ها سالم‌تر مانده‌اند و جاذب‌ها کیفیت آن‌ها را حفظ کرده‌اند. سیب‌ها در تیمارهای زئولیت و LDH کیفیت بصری بهتر و ماندگاری بیشتری داشته‌اند.

**ارزیابی بصری**

عکس‌های گرفته شده از سیب‌ها در روز آخر انبارمانی نشان می‌دهد که در هفته پنجم، در تیمار شاهد، سیب دچار خرابی و فساد شده است. ولی در تیمارهای

**شکل ۵- سیب‌های تیمارهای: الف: زئولیت، ب: LDH، ج: بایوچار، د: نانوکیلی، ذ: شاهد پس از ۳۵ روز نگهداری**

- Bailén, G., Guillén, F., Castillo, S., Serrano, M., Valero, D., & Martínez-Romero, D. (2006). Use of activated carbon inside modified atmosphere packages to maintain tomato fruit quality during cold storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(6): 2229-2235.
- Emadpour, M., Bioresearchers, M. E., Teran, I., Ghareyazie, B., & Mohammadi, G. (2009). Effect of ethylene absorption using nanoparticles on the storage and quality characteristics of apricot. *In Agronomy and Horticulture*, 13(4): 345-352.
- Emadpour, M., Ghareyazie, B., Kalaj, Y. R., Entesari, M., & Bouzari, N. (2015). Effect of the potassium permanganate coated zeolite nanoparticles on the quality characteristic and shelf life of peach and nectarine. *International Journal of Agricultural Technology*, 11(5): 1263-1273
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2020). <http://www.fao.org/statistics>
- Gaikwad, K. K., Singh, S., & Negi, Y. S. (2020). Ethylene scavengers for active packaging of fresh food produce. *Environmental Chemistry Letters*, 18(2): 269-284.
- Guillén, F., Castillo, S., Zapata, P. J., Martínez-Romero, D., Serrano, M., & Valero, D. (2007). Efficacy of 1-MCP treatment in tomato fruit: 1. Duration and concentration of 1-MCP treatment to gain an effective delay of postharvest ripening. *Postharvest Biology and Technology*, 43(1): 23-27.
- Jeziorek, K., Woźniak, M., & Tomala, K. (2010). Response of 'Golden Delicious' apples to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) in conditions of normal and controlled atmosphere. *Journal of fruit and ornamental plant research*, 18(2): 223-237.
- Johnston, J. W., Hewett, E. N., & Hertog, M. L. (2002). Postharvest softening of apple fruit: a review. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 30(3): 145-160.
- Keller, N., Ducamp, M. N., Robert, D., & Keller, V. (2013). Ethylene removal and fresh product storage: a challenge at the frontiers of chemistry. Toward an approach by photocatalytic oxidation. *Chemical reviews*, 113(7): 5029-5070.
- Khosravi, F., Khosravi, M., & Pourseyedi, E. (2015). Investigation on effect of nano zeolite and potassium permagnate on shelf lie extending and quality of red delicious Apple. *Journal Biology and Environmental Sciences*, 6(2): 350-356.
- Konopacka, D., & Plochanski, W. J. (2004). Effect of storage conditions on the relationship between apple firmness and

## نتیجه‌گیری

سیب‌ها، مانند بقیه مواد کشاورزی سیستم‌های بیولوژیکی زنده هستند که متابولیسم و افزایش تنفس در آن‌ها منجر به افزایش تولید اتیلن و در نتیجه خرابی و پوسیدگی می‌گردد. لذا یافتن روش‌های مناسب برای جذب اتیلن سیب‌ها، سهم به‌سزایی در افزایش عمر نگهداری و حفظ کیفیت این محصولات دارد. به همین منظور برای جذب اتیلن باید از یک جاذب انتخابی استفاده شود. در پژوهش حاضر صرف نظر از نوع تیمار، تمام سیب‌ها دچار افت کیفیت شدند. اما کاهش کیفیت در نمونه شاهد به طور معنی‌داری از نمونه‌های تیمار شده، بیش‌تر بود. در طی ۳۵ روز نگهداری سیب‌ها، در تمامی تیمارها شاهد افزایش pH و افزایش میزان تغییر و کاهش وزن و مقدار کل مواد جامد محلول (TSS) و همچنین افزایش اسیدیته قابل تیتراسیون (TA) بودیم. هر چهار تیمار ژئولیت، LDH، نانوکلی و بایوپچار موجب تأخیر در پوسیدگی و افت کیفیت سیب‌ها شدند. اما بهترین نتایج در تیمارهای ژئولیت و LDH مشاهده شد که در اکثر شاخص‌ها و صفات کیفی علیرغم این‌که تا حدودی تفاوت معنی‌داری با هم و در طول دوره نگهداری داشتند، اما فاصله اندکی بین داده‌ها وجود داشت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که از میان جاذب‌های مورد بررسی در این پژوهش، بیش‌ترین میزان تأثیرگذاری در حفظ کیفیت و افزایش مدت زمان نگهداری سیب‌ها را جاذب‌های کاغذی ژئولیت و LDH داشتند.

## منابع

- Aguado, S., Bergeret, G., Daniel, C., & Farrusseng, D. (2012). Absolute molecular sieve separation of ethylene/ethane mixtures with silver zeolite A. *Journal of the American Chemical Society*, 134(36): 14635-14637.
- Álvarez-Hernández, M. H., Martínez-Hernández, G. B., Avalos-Belmontes, F., Castillo-Campohermoso, M. A., Contreras-Esquivel, J. C., & Artés-Hernández, F. (2019). Potassium permanganate-based ethylene scavengers for fresh horticultural produce as an active packaging. *Food Engineering Reviews*, 11(3): 159-183.
- Asrari, A., Amanat, B., & Mahdyar, T. (2019). The Effect of Using Montmorillonite on Reducing Radon in Soil. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 49 (3): 1-7. (In Persian).

- biosynthesis enzymes and ethylene receptors. *Postharvest Biology and Technology*, 43(1): 28-35.
- Weis, S. A., & Bramlage, W. J. (2002). 1-MCP: How useful can it be on New England apples. *Fruit Notes*, 67: 5-9.
- Zhang, J., Cheng, D., Wang, B., Khan, I., & Ni, Y. (2017). Ethylene control technologies in extending postharvest shelf life of climacteric fruit. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(34): 7308-7319.
- Zheng, W., Guo, M., Chow, T., Bennett, D. N., & Rajagopalan, N. (2010). Sorption properties of green waste biochar for two triazine pesticides. *Journal of hazardous materials*, 181(1-3): 121-126.
- Zomorodi, S. (2005). Effect of packaging and potassium permanganate on quality and shelf life of apples in cold storage. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 24(6): 143-156.
- texture acceptability. *Postharvest Biology and Technology*, 32(2): 205-211.
- Kov, E., & Felf, E. (2003). Investigating the firmness of stored apples by non-destructive method. *Acta Hort.* (ISHS) 59: 257-260.
- Lu, H., Zhang, W., Yang, Y., Huang, X., Wang, S., & Qiu, R. (2012). Relative distribution of Pb<sup>2+</sup> sorption mechanisms by sludge-derived biochar. *Water research*, 46(3): 854-862.
- Mishra, G., Dash, B., & Pandey, S. (2018). Layered double hydroxides: A brief review from fundamentals to application as evolving biomaterials. *Applied Clay Science*, 153: 172-186.
- Musacchi, S., & Serra, S. (2018). Apple fruit quality: Overview on pre-harvest factors. *Scientia Horticulturae*, 234: 409-430.
- Patdhanagul, N., Rangsiwatananon, K., Siriwong, K., & Hengrasmee, S. (2012). Combined modification of zeolite NaY by phenyl trimethyl ammonium bromide and potassium for ethylene gas adsorption. *Microporous and mesoporous materials*, 153: 30-34.
- Pathak, N., Caleb, O. J., Geyer, M., Herppich, W. B., Rauh, C., & Mahajan, P. V., (2017). Photocatalytic and photochemical oxidation of ethylene: potential for storage of fresh produce—a Review. *Food Bioproc. Tech.* 10: 982–1001.
- Ranjbar, S., Rahemi, M., & Ramezani, A. (2018). Comparison of nano-calcium and calcium chloride spray on postharvest quality and cell wall enzymes activity in apple cv. Red Delicious. *Scientia Horticulturae*, 240: 57-64.
- Rezaei, K. Y., Gharayazi, B., Emadpour, M., & Omrani, A. (2008). Effect of the removal of ethylene hormone by potassium permanganate coated zeolite nanoparticles on the increased quality and quantity of storage of iceberg lettuce (*Lactuca sativa* L.) and Chinese cabbage (*Brassica pekinensis*).
- Santosa, E., & Widodo, W. D. (2010). The use of clay as potassium permanganate carrier to delay the ripening of Raja Bulu Banana. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 1(2): 88-95.
- Sardabi, F., Mohtadi nia, J., Shavakhi, F., & Ashrafi Jafari, F. (2013). Effect of 1-methylcyclopropene and potassium permanganate-coated zeolite nanoparticles on extending the shelf life and quality of Golden and Red Delicious apples. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 8(2): 135-144.
- Tatsuki, M., Endo, A., & Ohkawa, H. (2007). Influence of time from harvest to 1-MCP treatment on apple fruit quality and expression of genes for ethylene

